

# 柏崎刈羽原子力発電所における津波評価

## 【補足説明資料】

平成26年10月17日

東京電力株式会社



東京電力

# 目次

1. 既往評価（耐震バックチェック）の概要・・・・・・・・・・・・・・・・P 3
2. 地震に伴う地殻変動の考慮・・・・・・・・・・・・・・・・P11
3. 数値シミュレーション結果の時刻歴波形（資料集）・・・・・・・・P17
4. 津波堆積物調査（資料集）・・・・・・・・・・・・・・・・P53
5. 行政機関による津波評価（資料集）・・・・・・・・・・・・・・・・P82
6. 海底地すべりに関する文献調査・・・・・・・・・・・・・・・・P88
7. 海上音波探査記録の参照・・・・・・・・・・・・・・・・P94
8. 海底地すべり地形の設定の検討・・・・・・・・・・・・・・・・P112
9. 最新の潮位データ整理・・・・・・・・・・・・・・・・P116
10. 津波の伝播特性について・・・・・・・・・・・・・・・・P118
11. 伝播状況（Wattsらによる手法，二層流モデルによる手法）・・P124

---

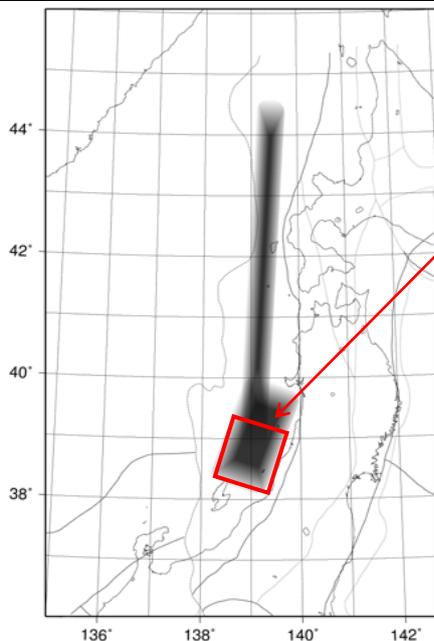
# 1. 既往評価（耐震バックチェック）の概要

# 1.1 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の検討

## 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の評価方針

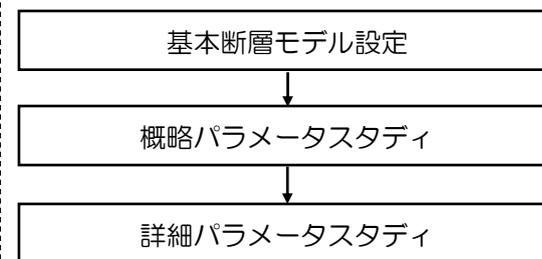
- 土木学会(2002)に示される日本海東縁部に想定される地震の基準断層モデルによるパラメータスタディを実施。
- 地点への影響を考慮して、土木学会(2002)に示される地震活動域のうち、新潟～山形沖の領域を対象
- モーメントマグニチュード ( $M_w$ ) は1993年北海道南西沖地震の津波を再現するモデルの $M_w 7.84$ を下回らないよう $M_w = 7.85$ に設定。
- パラメータスタディは概略検討用の計算格子モデル (最小計算格子=40m) により実施し、抽出した最高水位、最低水位を示すモデルについてのみ本検討用の計算格子モデル (最小計算格子=10m) による数値シミュレーションを実施する。

### ①基準断層モデルの設定



日本海東縁部の地震活動域  
(土木学会(2002))

#### 日本海東縁部の想定津波評価フロー



#### 日本海東縁部に想定される地震の基準断層モデル諸元

	$M_w$	断層長 L(km)	断層幅 W(km)	すべり量 D(m)	断層上縁深さ d(km)	走向 $\theta(^{\circ})$	傾斜角 $\delta(^{\circ})$	すべり角 $\lambda(^{\circ})$
高角モデル	7.85	131.1	17.3	9.44	0	20・200	60	90
低角モデル	7.85	131.1	30.0	5.45	0	20・200	30	90

# 1.1 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の検討

## ②数値シミュレーション結果

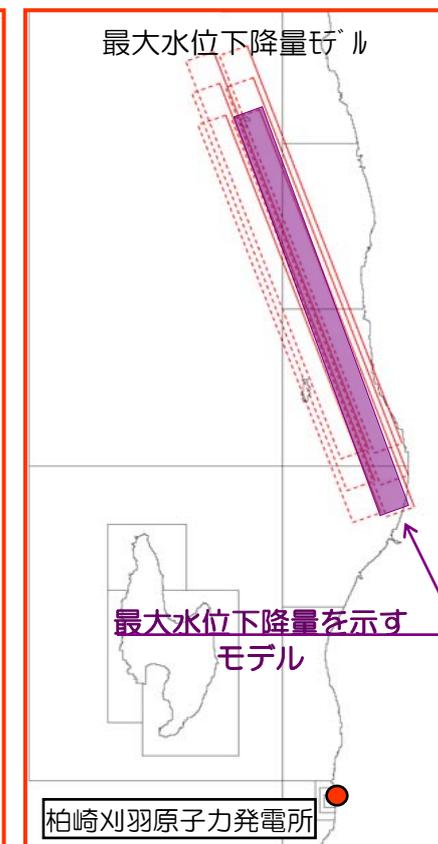
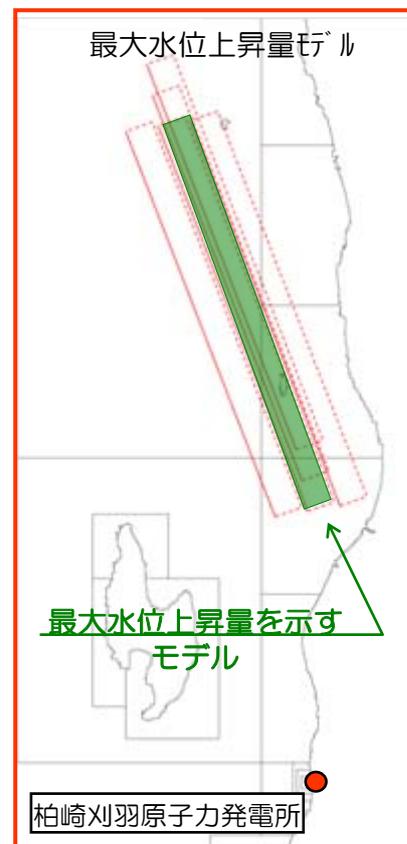
詳細パラメータスタディで抽出した最大水位上昇量，最大水位下降量を示す断層モデルと数値シミュレーション結果は以下のとおり

最大水位上昇量，最大水位下降量を示す断層モデル

	断層長 L(km)	断層幅 W(km)	すべり量 D(m)	断層上縁深さ d(km)	走向 $\theta(^{\circ})$	傾斜角 $\delta(^{\circ})$	すべり角 $\lambda(^{\circ})$
最大水位上昇量モデル	131.1	17.3	9.44	2.5	10	60	90
最大水位下降量モデル	131.1	17.3	9.44	2.5	190	60	90

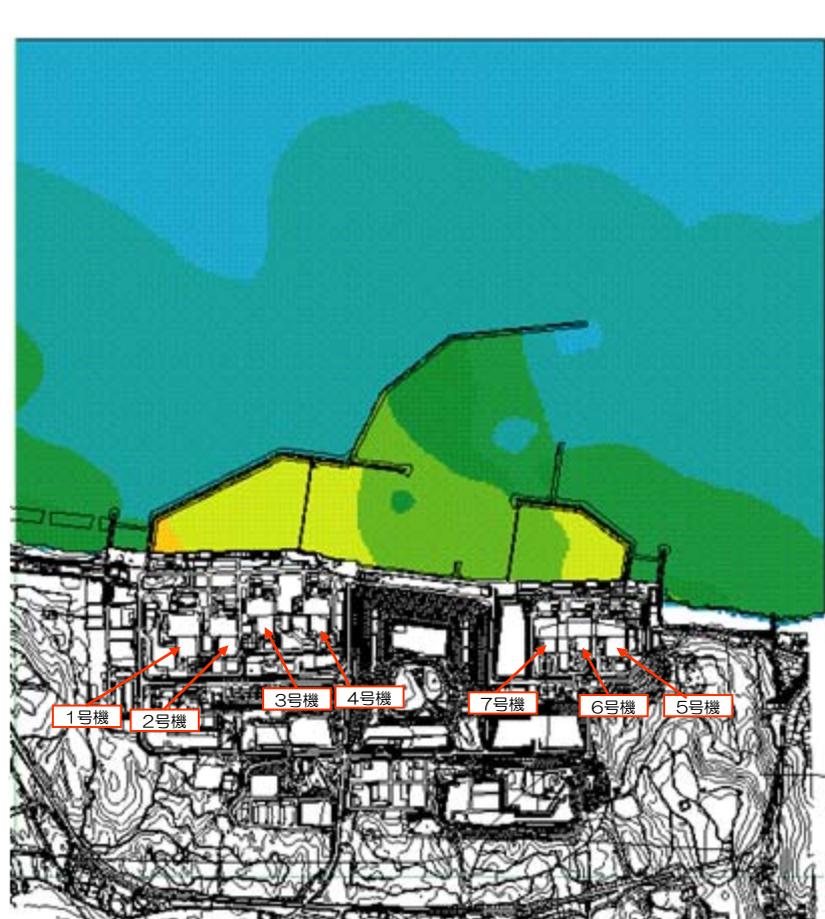
日本海東縁部の想定津波による水位（取水口前面）  
(単位：m)

プラント	最大水位上昇量	最大水位下降量
1号機	+2.76	-3.05
2号機	+2.73	-2.95
3号機	+2.70	-2.85
4号機	+2.68	-2.81
5号機	+2.57	-2.60
6号機	+2.54	-2.60
7号機	+2.46	-2.54

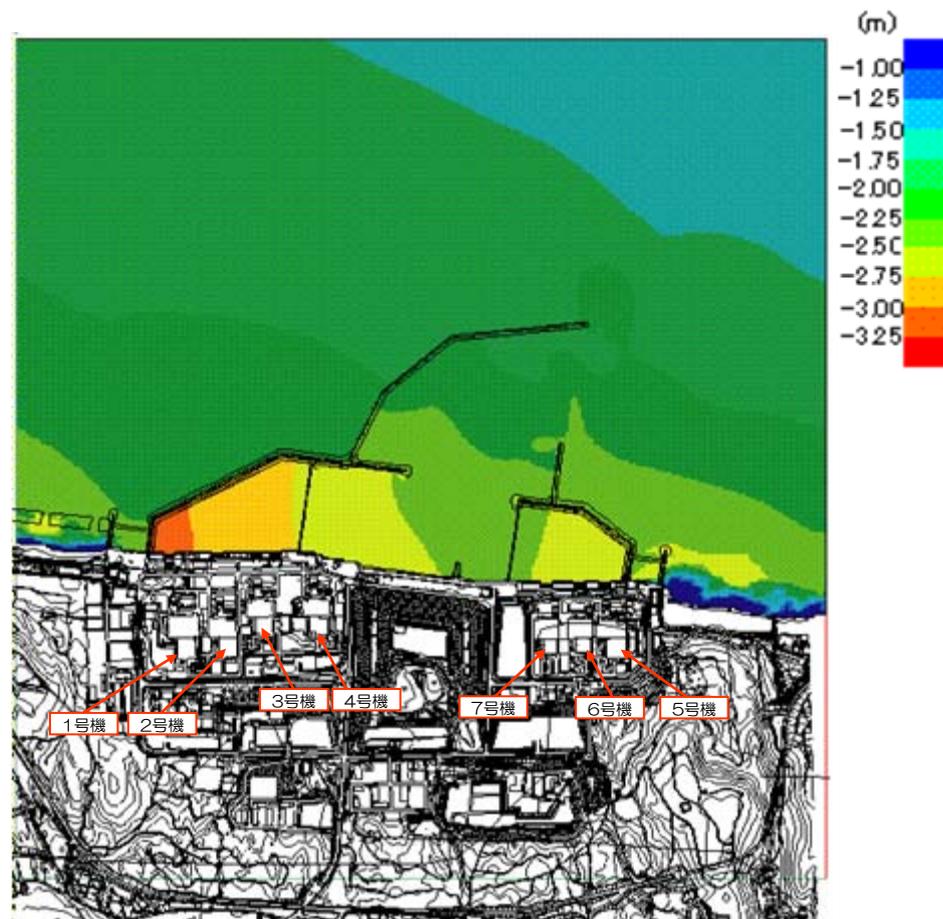


# 1.1 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の検討

## ②数値シミュレーション結果



最大水位上昇量分布図



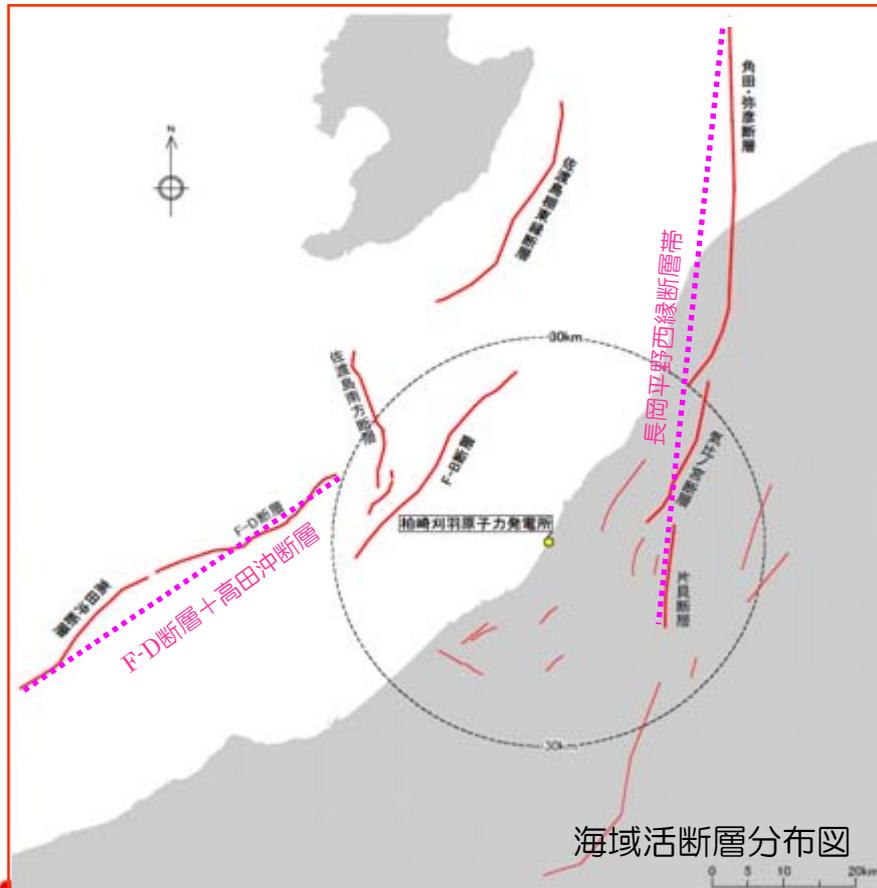
最大水位下降量分布図

# 1.2 海域活断層に想定される地震に伴う津波の検討

## 海域活断層に想定される地震に伴う津波の評価方針

- 2007年7月16日の新潟県中越沖地震発生後、発電所敷地前面海域において海上音波探査および海底地形調査などを実施した結果と、既往の調査結果（他機関の調査結果を含む）を基に敷地前面海域における海域活断層を再評価。
- 敷地周辺において地震動評価において考慮すべき海域活断層について数値シミュレーションを実施。
- 土木学会(2002)の方法によりすべり量が一樣な矩形断層モデルを適用。

## 基準断層モデル



海域活断層の基準断層モデル諸元

	断層長 L(km)	断層幅 W(km)	すべり量 D(m)	断層上縁深さ d(km)	走向 $\theta(^{\circ})$	傾斜角 $\delta(^{\circ})$	すべり角 $\lambda(^{\circ})$
佐渡島棚東縁断層	37	18.3	2.52	0	209	55	90
F-B断層	36	24.0	1.72	0	39	35	90
佐渡島南方断層	29	19.3	1.70	0	0	45	62
F-D断層+高田沖断層*1)	55	26.2	2.62	0	55	35	96
長岡平野西縁断層帯*2) ( $\delta=35^{\circ}$ )	91	26.2	4.34	0	187	35	72
長岡平野西縁断層帯*2) ( $\delta=50^{\circ}$ )	91	19.6	5.80	0	187	50	72

\*1) : F-D断層+高田沖断層 : F-D断層と高田沖断層について安全評価上、同時活動を考慮したもの

\*2) : 長岡平野西縁断層帯 : 角田・弥彦断層、気比ノ宮断層、および片貝断層の3つの断層について、安全評価上、同時活動を考慮したもの

# 1.2 海域活断層に想定される地震に伴う津波の検討

## 海域活断層モデルの数値シミュレーション結果

海域活断層による取水口前面における水位 (赤字：各号機の最大)

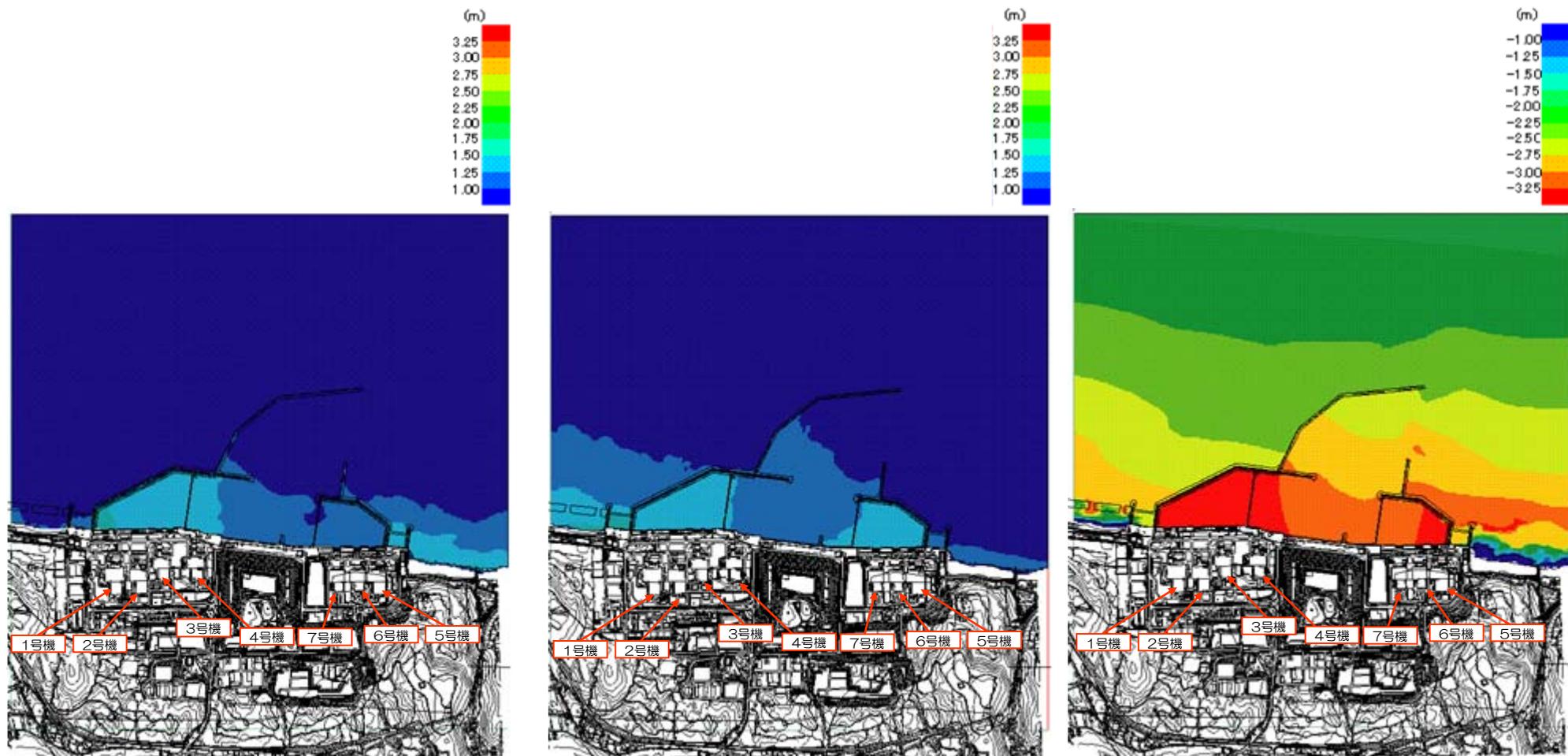
(単位：m)

プラント	佐渡島棚東縁断層		F-B断層		佐渡島南方断層		F-D断層+高田冲断層		長岡平野西縁断層帯 ( $\delta=35^\circ$ )		長岡平野西縁断層帯 ( $\delta=50^\circ$ )	
	最大水位 上昇量	最大水位 下降量	最大水位 上昇量	最大水位 下降量	最大水位 上昇量	最大水位 下降量	最大水位 上昇量	最大水位 下降量	最大水位 上昇量	最大水位 下降量	最大水位 上昇量	最大水位 下降量
1号機	<b>+1.57</b>	-1.39	+1.33	-2.35	+1.17	-1.05	+1.41	-1.69	+0.60	<b>-3.48</b>	+1.28	-3.32
2号機	<b>+1.47</b>	-1.34	+1.24	-2.26	+1.07	-1.03	+1.36	-1.63	+0.57	<b>-3.45</b>	+1.25	-3.23
3号機	<b>+1.44</b>	-1.31	+1.18	-2.15	+0.99	-0.97	+1.32	-1.51	+0.55	<b>-3.42</b>	+1.19	-3.15
4号機	<b>+1.45</b>	-1.28	+1.15	-2.09	+0.94	-0.98	+1.29	-1.44	+0.53	<b>-3.39</b>	+1.15	-3.11
5号機	+1.11	-1.15	+1.08	-2.10	+0.82	-0.88	<b>+1.42</b>	-1.11	+0.47	<b>-3.31</b>	+1.04	-3.07
6号機	+1.06	-1.15	+1.05	-2.10	+0.79	-0.88	<b>+1.39</b>	-1.12	+0.47	<b>-3.27</b>	+1.04	-3.05
7号機	+1.07	-1.09	+1.01	-2.05	+0.74	-0.84	<b>+1.35</b>	-1.10	+0.45	<b>-3.21</b>	+1.03	-3.01

- 海域活断層による津波水位のうち、最大水位上昇量は日本海東縁部の津波水位を下回る
- 海域活断層による津波水位のうち、最大水位下降量は日本海東縁部の津波水位を上回る

# 1.2 海域活断層に想定される地震に伴う津波の検討

## 海域活断層モデルの数値シミュレーション結果



最大水位上昇量分布図（1～4号機）

— 佐渡島棚東縁断層 —

最大水位上昇量分布図（5～7号機）

— F-D断層+高田沖断層 —

最大水位下降量分布図

— 長岡平野西縁断層帯( $\delta=35^\circ$ ) —

# 1.3 津波の上昇水位及び下降水位に対する安全性

- 最大水位上昇量は、日本海東縁部の想定津波による+2.76m~+2.46mであり、朔望平均満潮位（H.W.L.=T.M.S.L.+0.48m）を考慮すると、評価用の最高水位はT.M.S.L.+3.3m~+3.0m程度
- 最大水位下降量は、海域活断層のうち長岡平野西縁断層帯（ $\delta=35^\circ$ ）による津波の-3.48m~-3.21mであり、朔望平均干潮位（L.W.L.=T.M.S.L.-0.02m）を考慮すると、評価用の最低水位はT.M.S.L.-3.5m~-3.3m程度

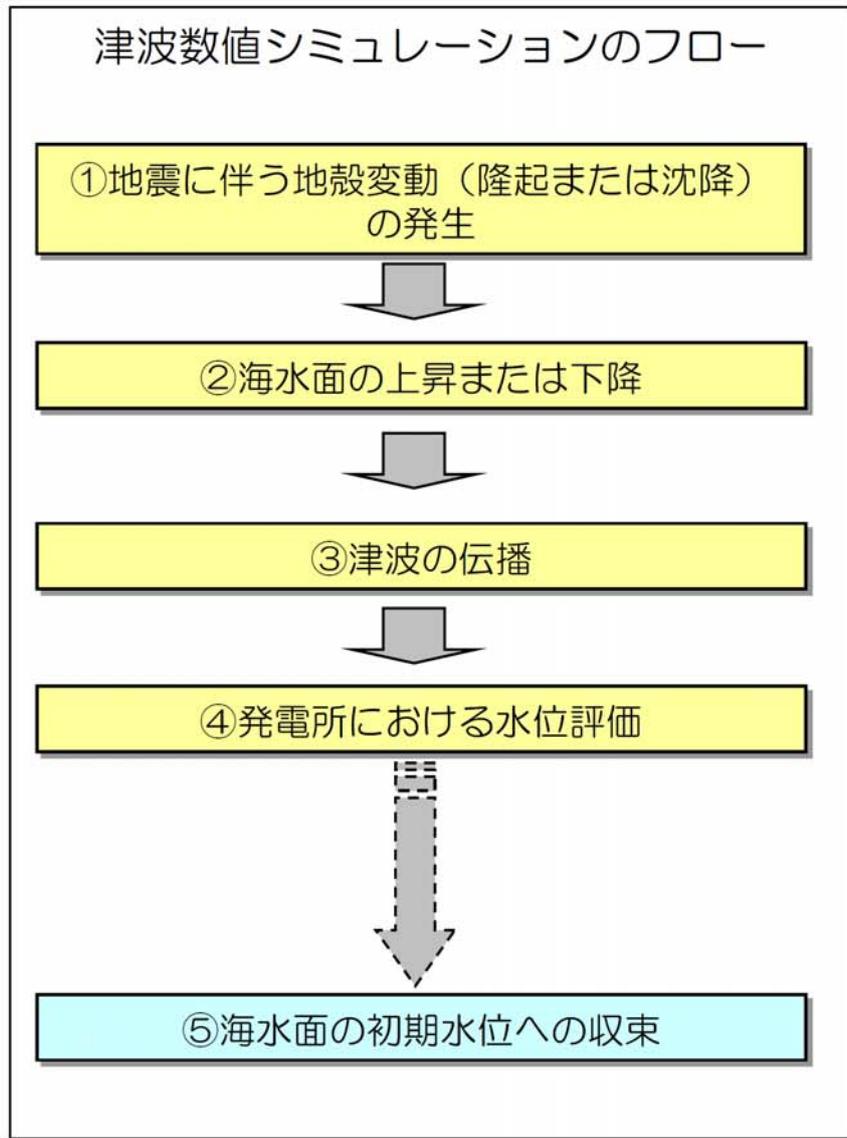
取水口前面における津波水位

	日本海東縁部	海域活断層
最高水位	T.M.S.L.+3.3m~+3.0m	T.M.S.L.+2.1m~+1.9m
最低水位	T.M.S.L.-3.1m~-2.6m	T.M.S.L.-3.5m~-3.3m

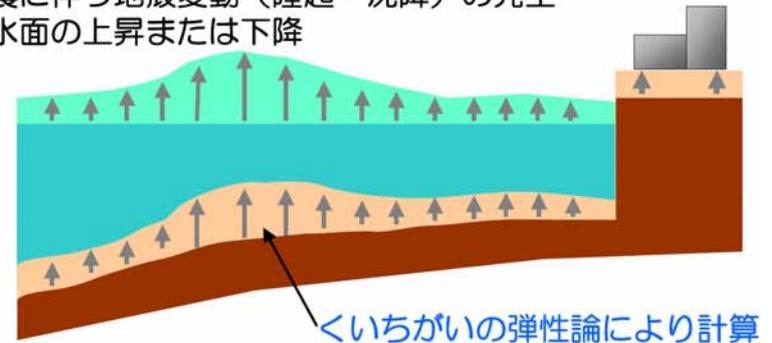
---

## 2. 地震に伴う地殻変動の考慮

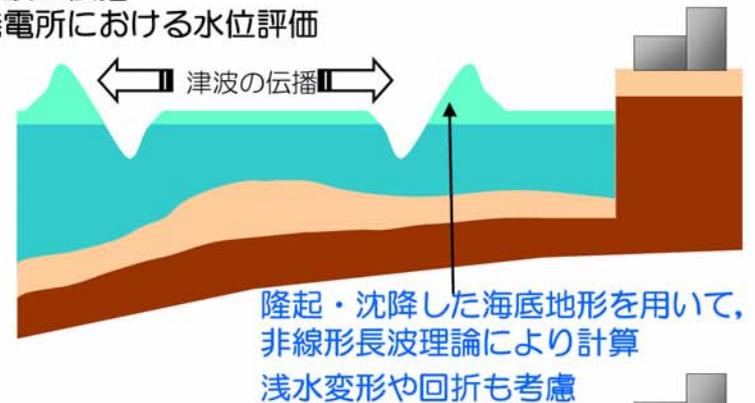
## 2.1 津波数値シミュレーションの説明



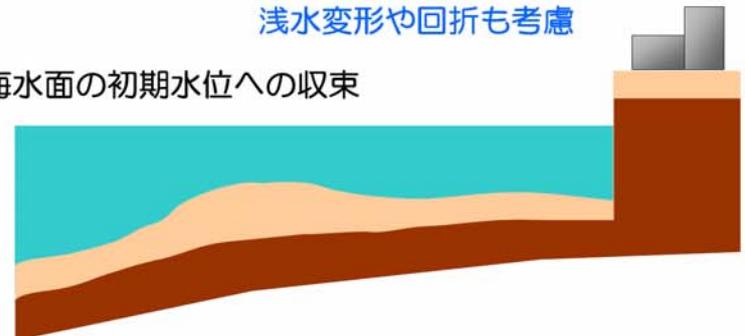
- ①地震に伴う地殻変動（隆起・沈降）の発生
- ②海水面の上昇または下降



- ③津波の伝播
- ④発電所における水位評価



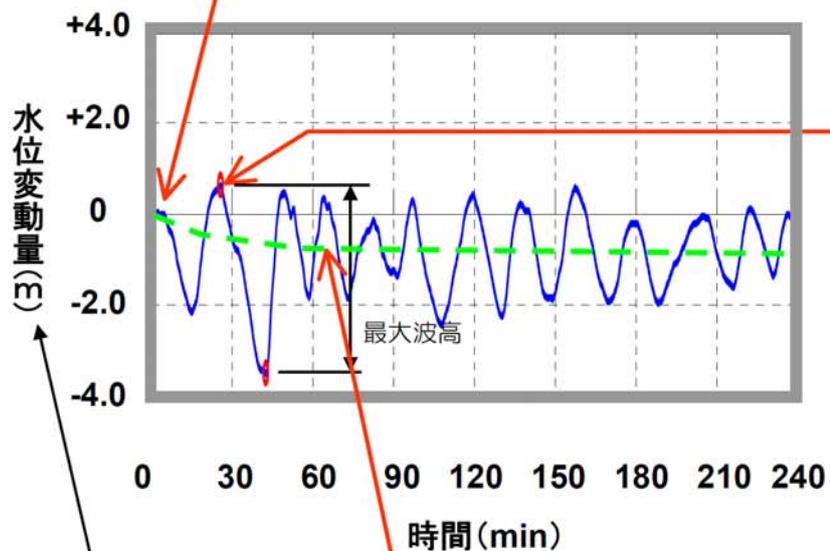
- ⑤海水面の初期水位への収束



## 2.2 水位変動量と計算過程の比較

例) 1号機取水口前面における計算例

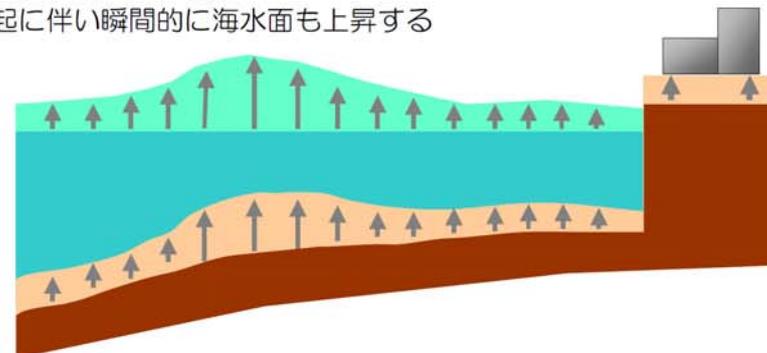
— 長岡平野断層帯( $\delta=35^\circ$ )による想定津波 —



- ✓ 「初期水位 (平均潮位) + 1号機取水口での地殻変動量」を基点とした水位変動量
- ✓ 水位の評価方法については、次ページで解説

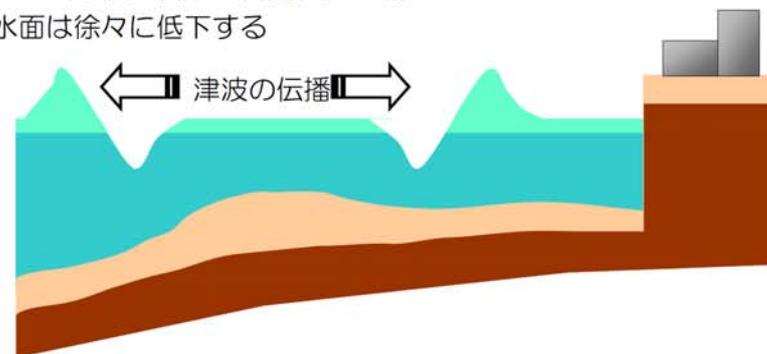
0分 (地震発生直後)

隆起に伴い瞬間的に海水面上昇する



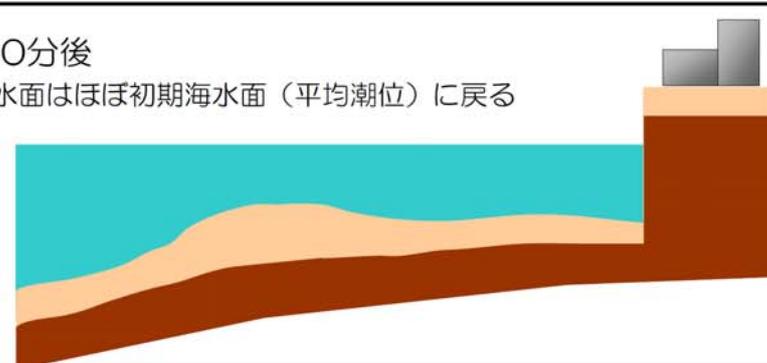
30~40分後 (最大波高発生時)

海水面は徐々に低下する



約60分後

海水面はほぼ初期海水面 (平均潮位) に戻る



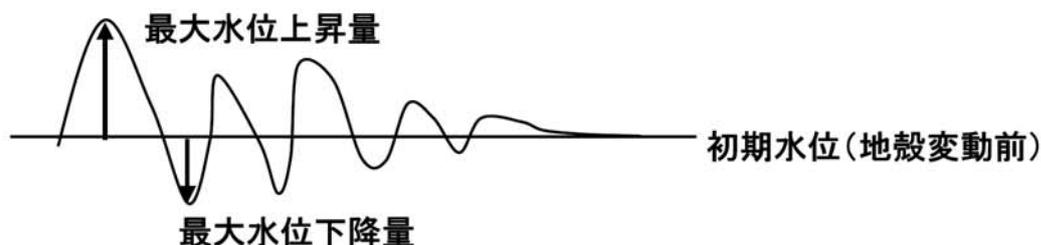
## 2.3 水位評価における2つの方法

### ■方法1：「初期水位（平均潮位）」からの水位変動量を評価

水位変動量  
+ 朔望平均潮位

比較

地震前の敷地・機器等の標高  
+ 地殻変動量



方法1のメリット  
・表記が直接的でわかりやすい

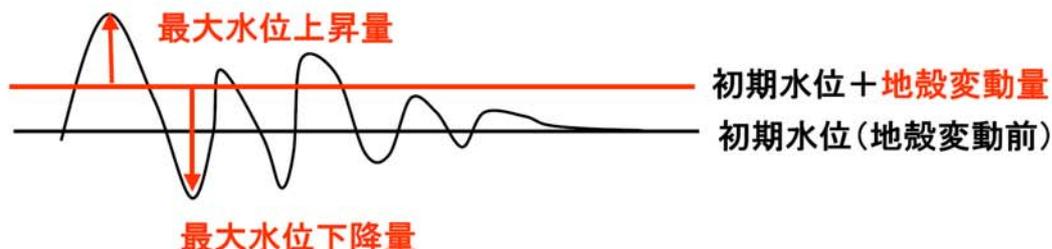
今回当社が採用した方法

### ■方法2：「初期水位（平均潮位）+ 評価点の地殻変動量」からの水位変動量を評価

水位変動量（地殻変動考慮）  
+ 朔望平均潮位

比較

地震前の敷地・機器等の標高



方法2のメリット  
・水位変動量（最大水位上昇・下降量）の段階で、隆起・沈降量を反映しているため、水位変動量どうしを比較することにより、発電所に最も影響を与える津波の比較・検討ができる（パラメータスタディを多数実施する場合に適する）

## 2.4 敷地が沈降する場合の例

### ■方法1：「初期水位（平均潮位）」からの水位変動量を評価



$$H_1(+2.73\text{m}) + \text{H.W.L. (T.M.S.L.+0.48m)} = \text{T.M.S.L.} + 3.21\text{m} < \text{T.M.S.L.} + 5.00\text{m} - 0.03\text{m} = \text{T.M.S.L.} + 4.97\text{m}$$

朔望平均満潮位

原子炉建屋等の重要施設 地殻変動量  
設置レベル

今回当社が採用した方法

### ■方法2：「初期水位（平均潮位）+評価点の地殻変動量」からの水位変動量を評価



$$H_2(+2.76\text{m}) + \text{H.W.L. (T.M.S.L.+0.48m)} = \text{T.M.S.L.} + 3.24\text{m} < \text{T.M.S.L.} + 5.00\text{m}$$

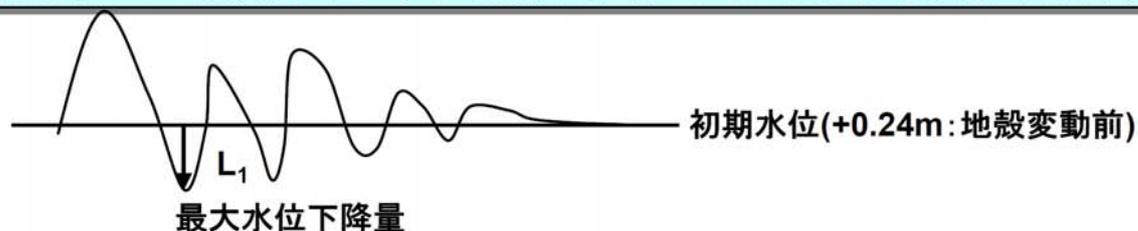
朔望平均満潮位

原子炉建屋等の重要施設  
設置レベル

今回当社が評価に採用した水位

## 2.5 敷地が隆起する場合の例

### ■方法1：「初期水位（平均潮位）」からの水位変動量を評価



$$L_1(-2.63\text{m}) + \text{L.W.L. (T.M.S.L.}-0.02\text{m}) = \text{T.M.S.L. } -2.65\text{m} > \text{T.M.S.L.}-4.22\text{m} + 0.85\text{m} = \text{T.M.S.L.}-3.37\text{m}$$

朔望平均干潮位
原子炉補機冷却海水ポンプ 地殻変動量  
吸い込み可能レベル

今回当社が採用した方法

### ■方法2：「初期水位（平均潮位）+評価点の地殻変動量」からの水位変動量を評価



$$L_2(-3.48\text{m}) + \text{L.W.L. (T.M.S.L.}-0.02\text{m}) = \text{T.M.S.L. } -3.50\text{m} > \text{T.M.S.L.}-4.22\text{m}$$

朔望平均干潮位
原子炉補機冷却海水ポンプ  
吸い込み可能レベル

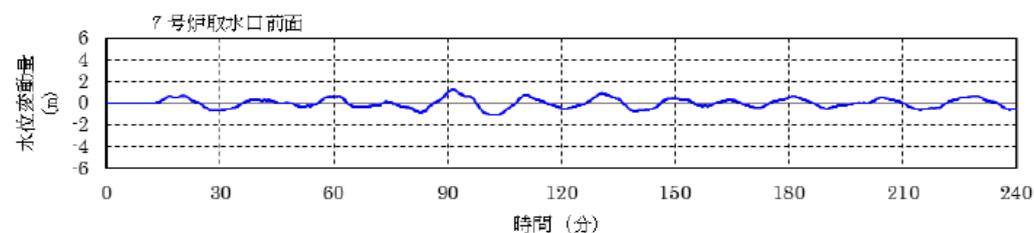
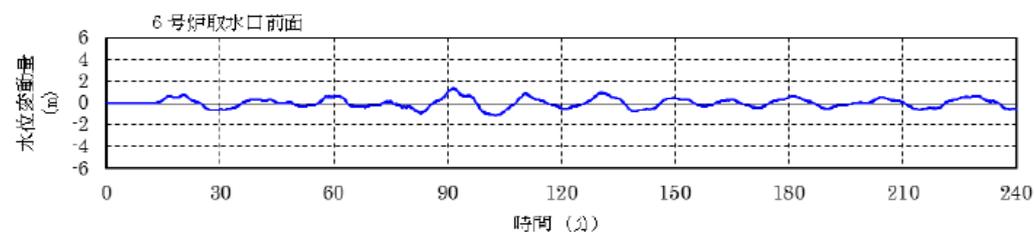
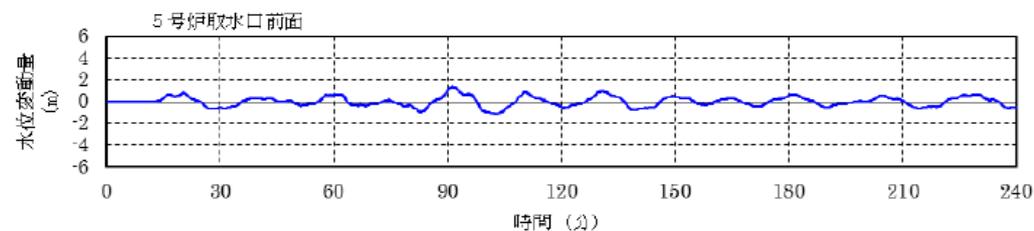
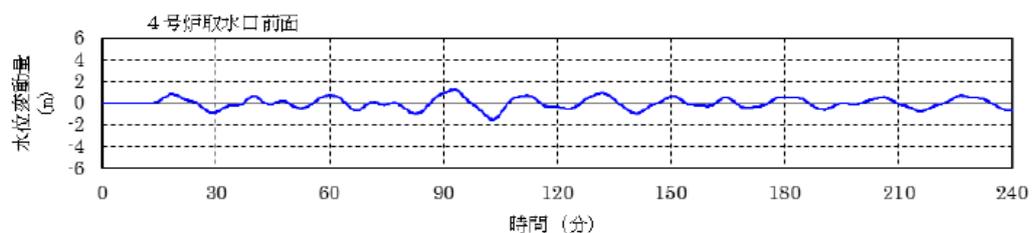
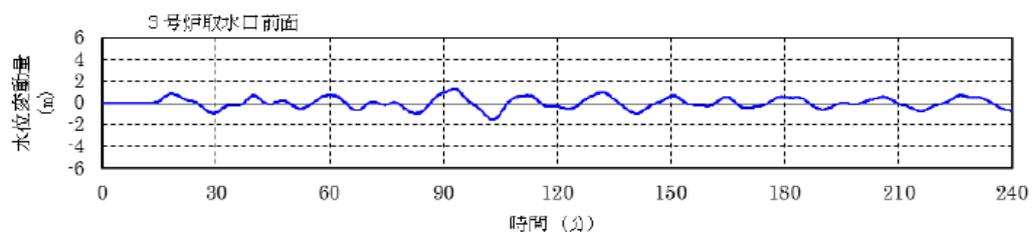
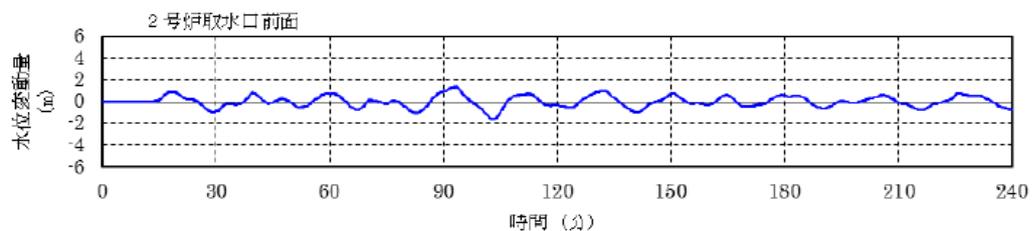
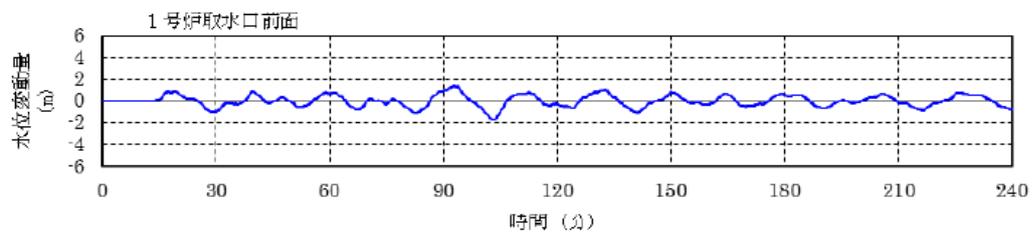
今回当社が評価に採用した水位

両方法は本質的には同じであり、どちらの方法も妥当である

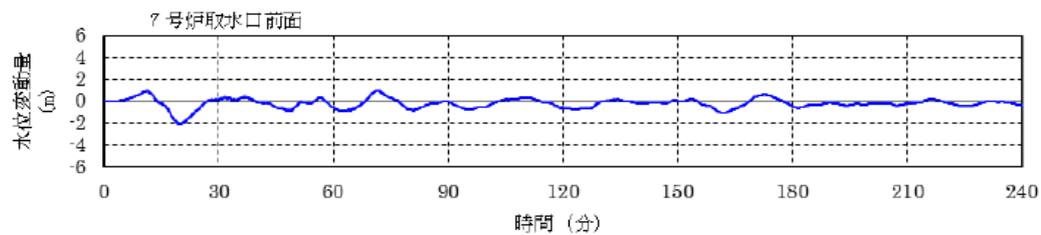
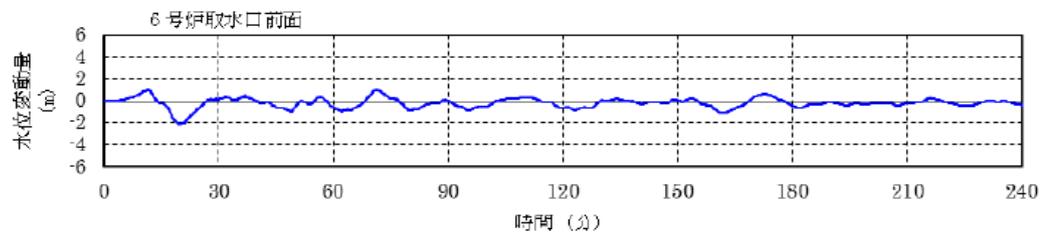
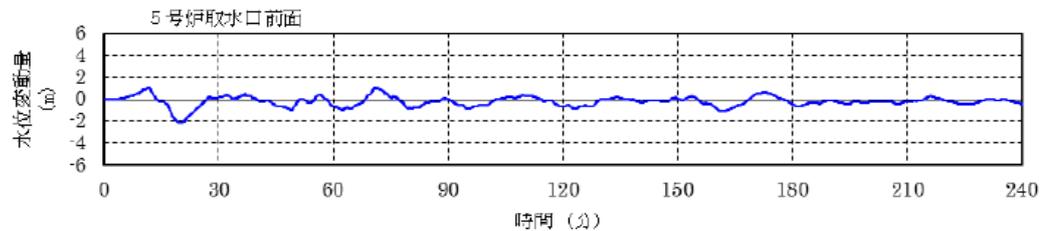
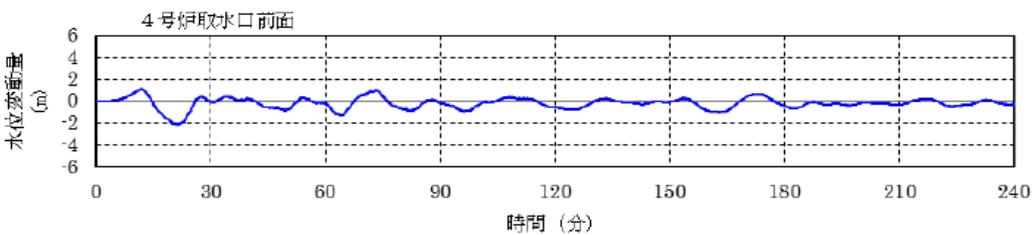
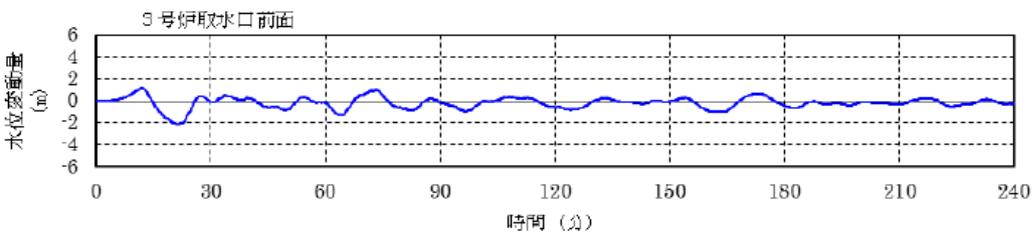
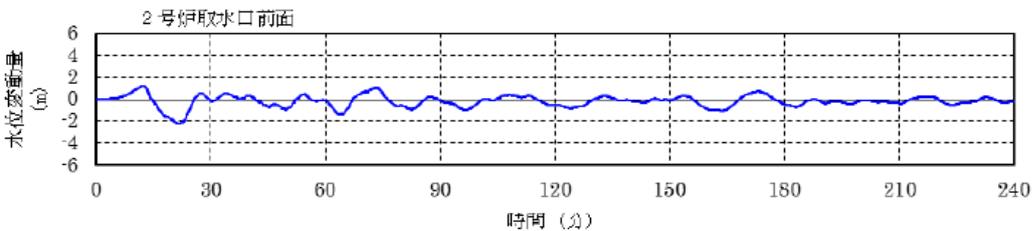
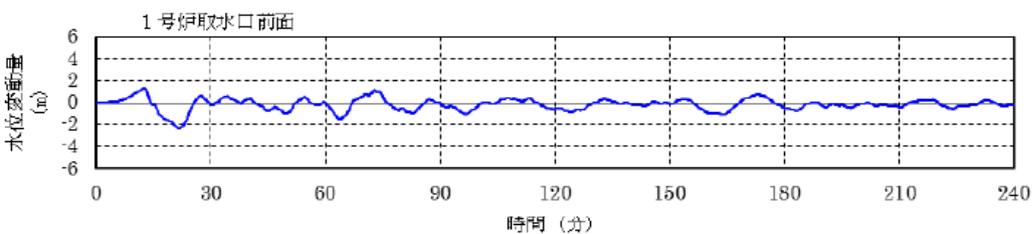
### 3. 数値シミュレーション結果の時刻歴波形（資料集）

計算開始潮位：平均潮位T.M.S.L.+0.24m

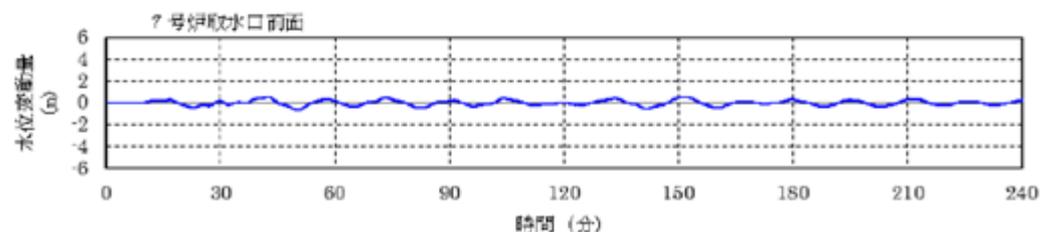
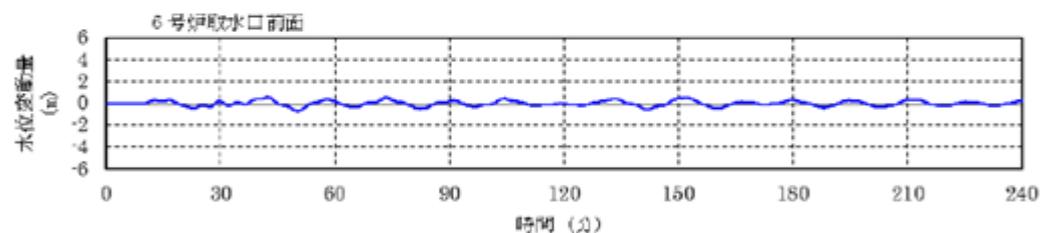
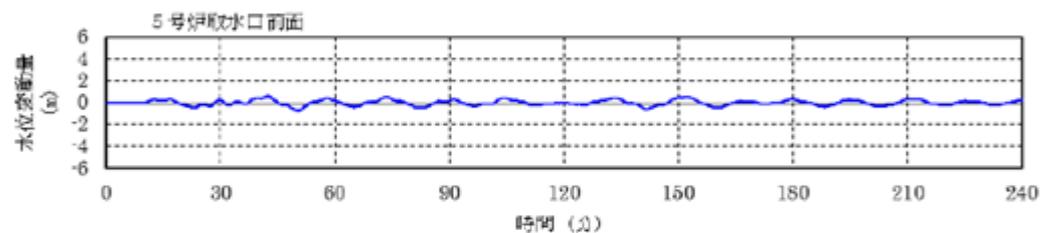
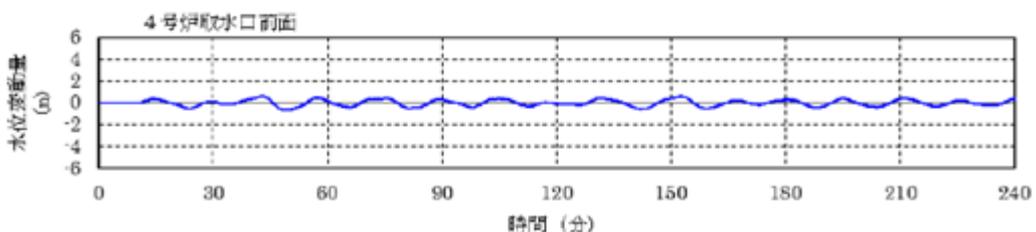
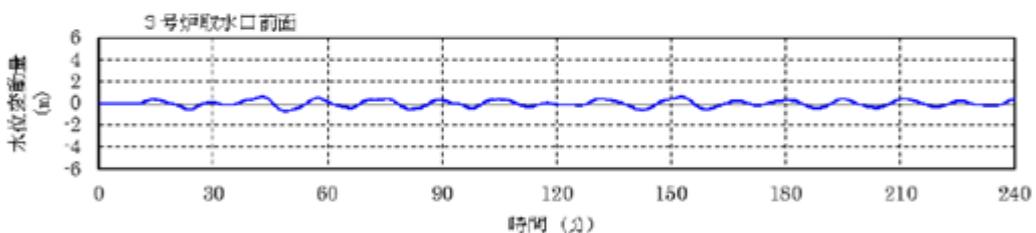
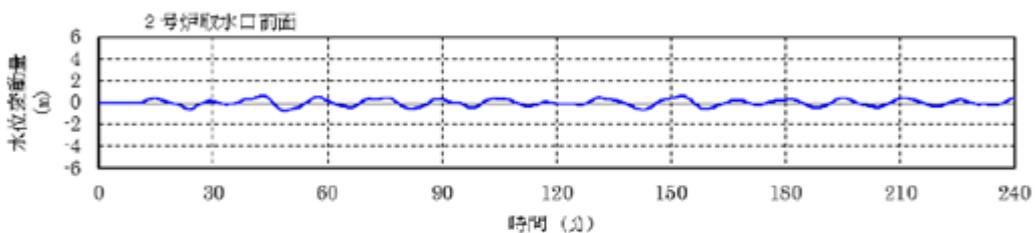
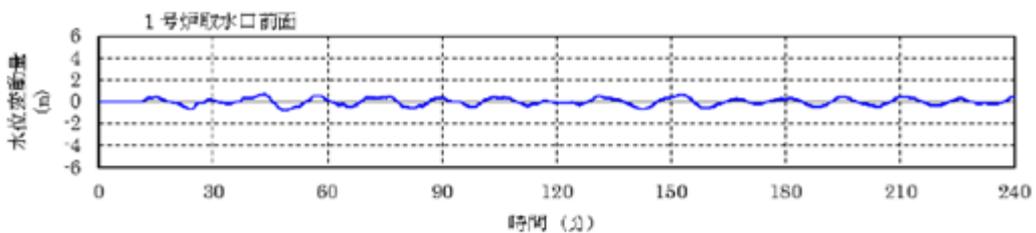
# F-D断層～高田冲断層（土木学会手法）



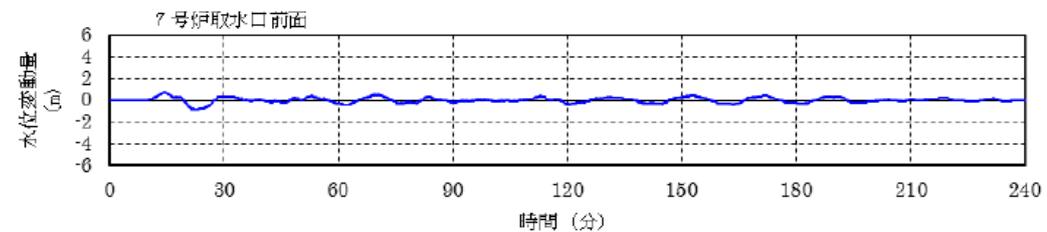
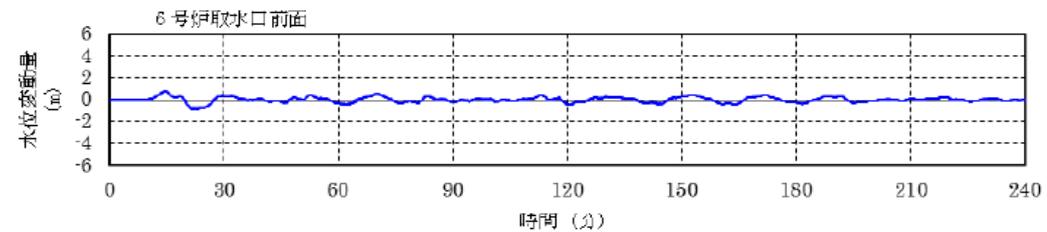
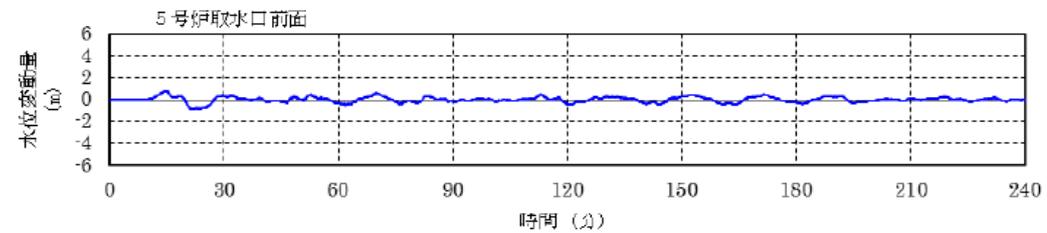
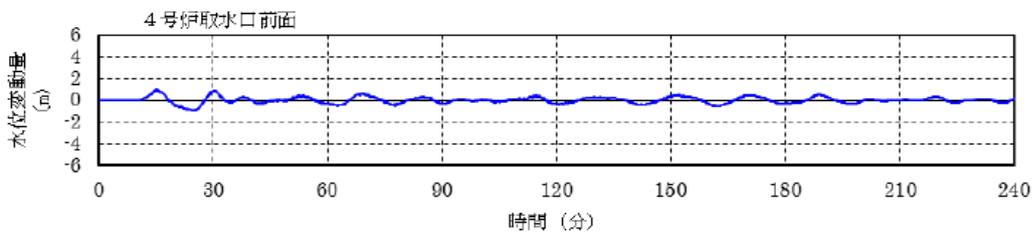
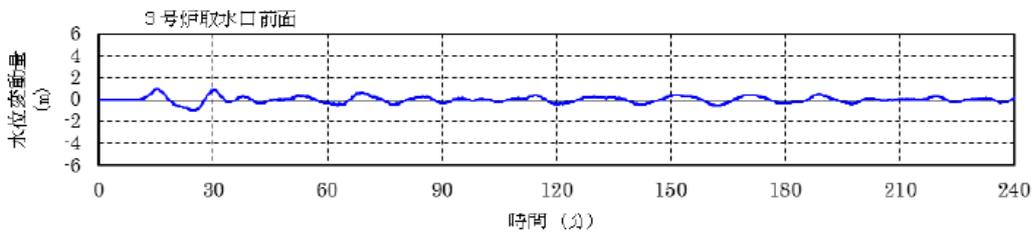
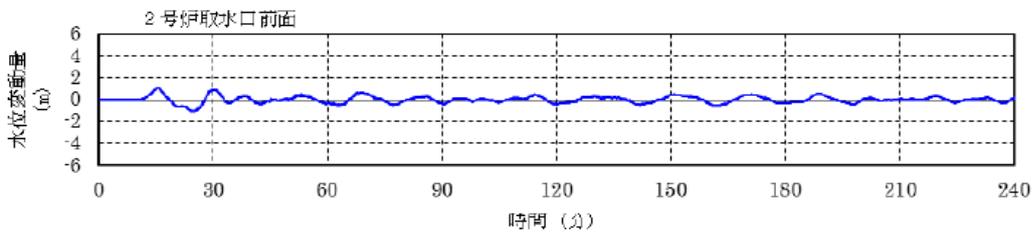
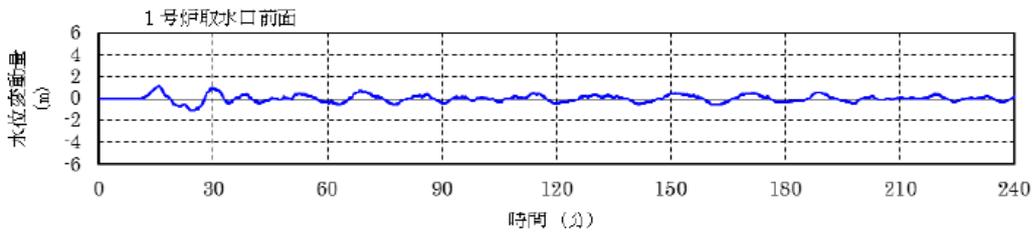
# F-B断層 (土木学会手法)



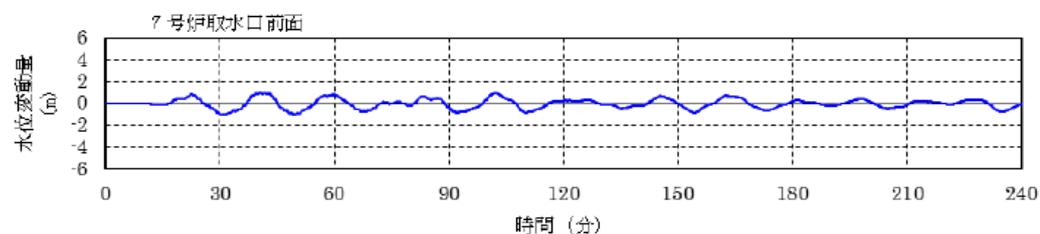
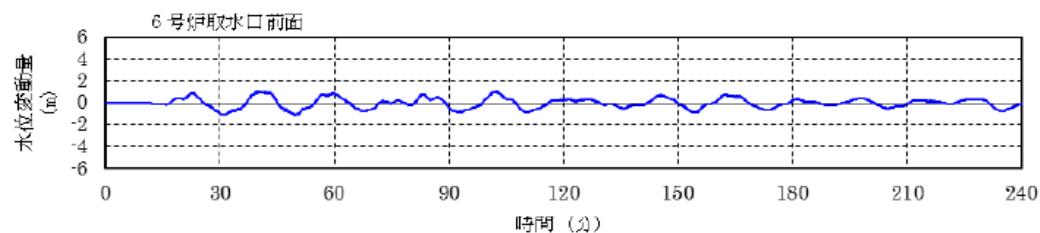
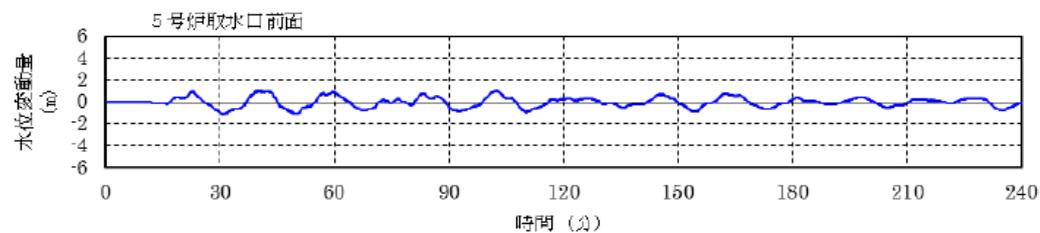
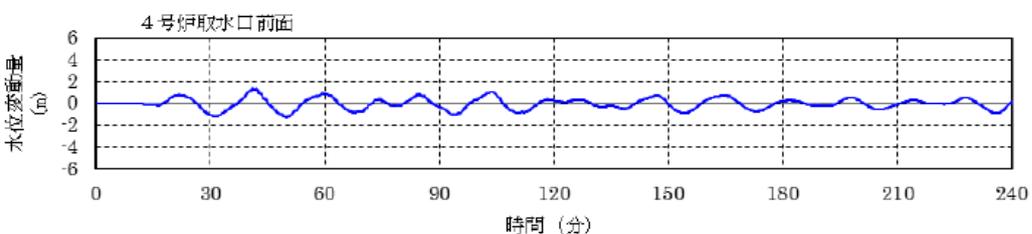
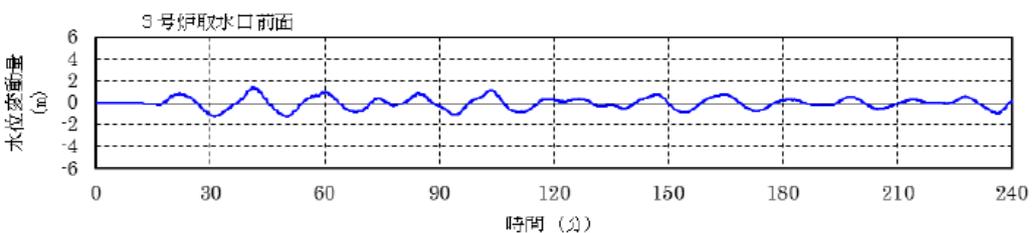
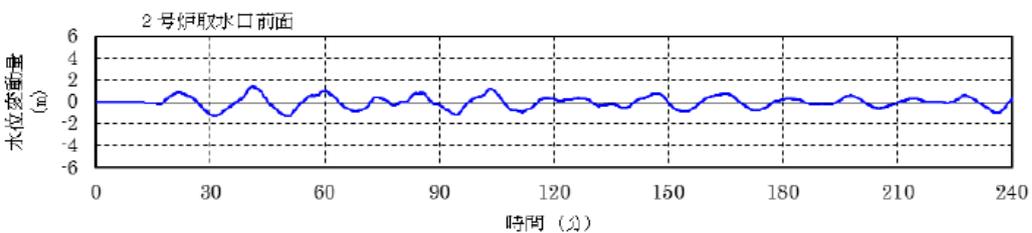
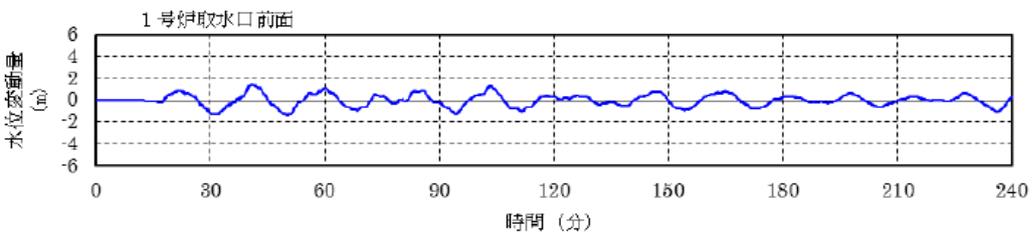
# 米山沖断層（土木学会手法）



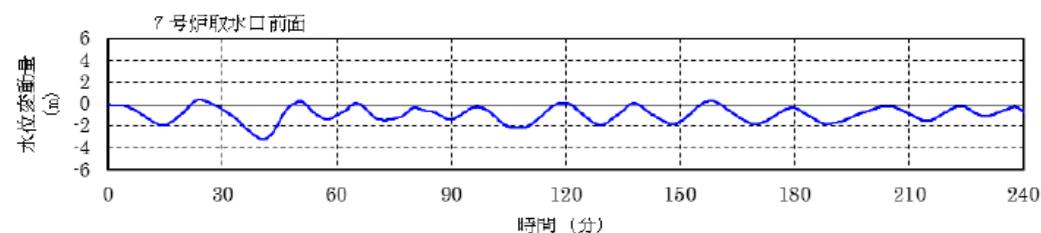
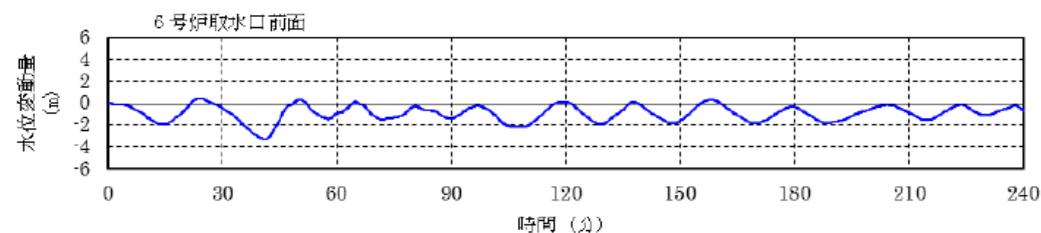
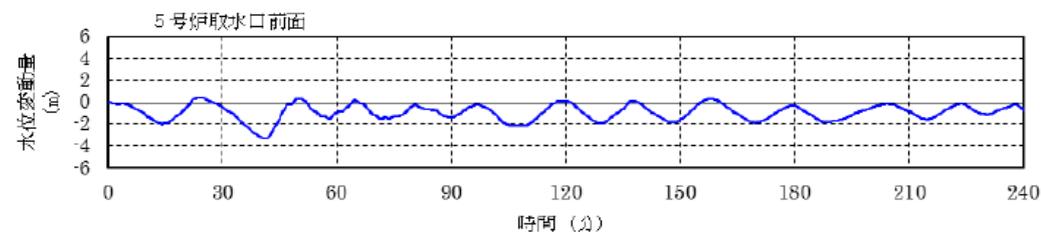
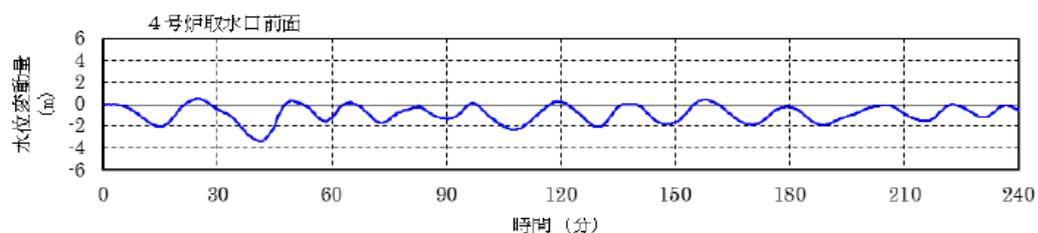
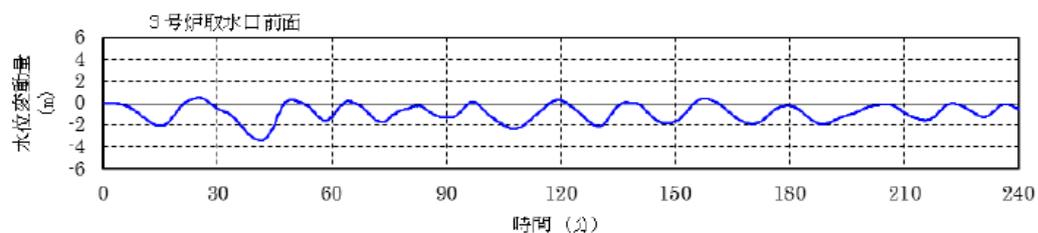
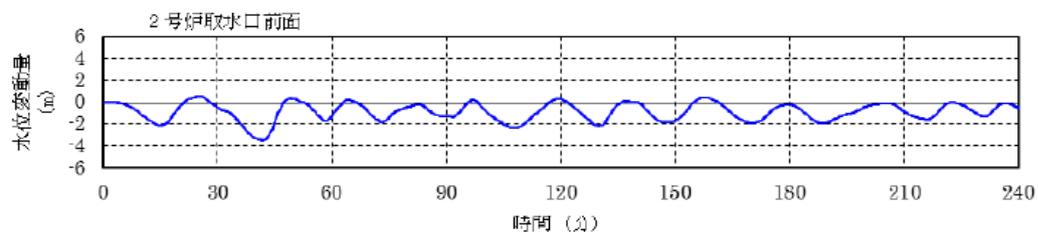
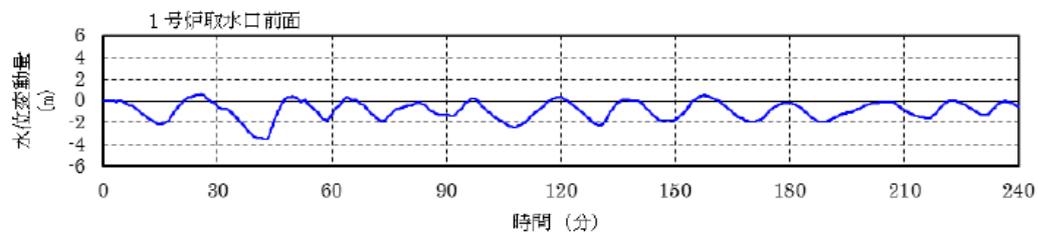
# 佐渡島南方断層（土木学会手法）



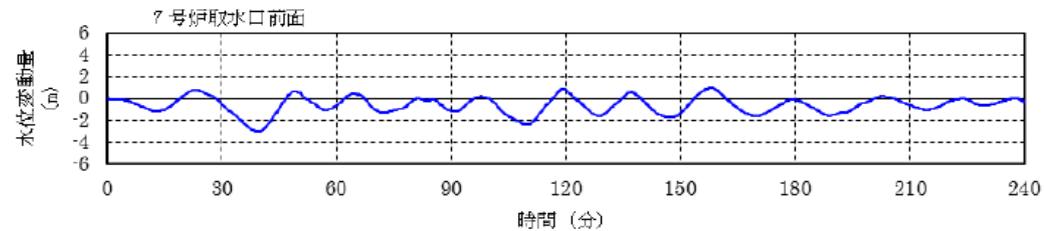
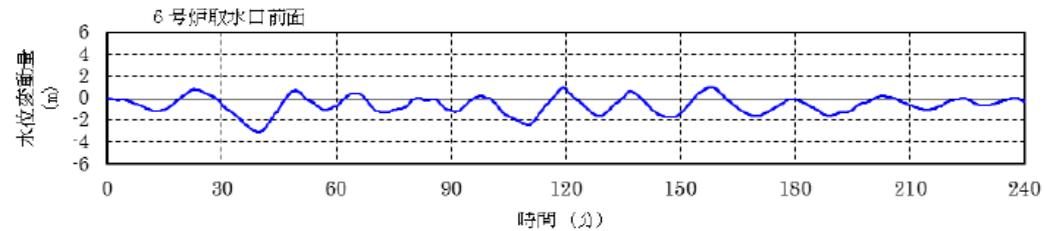
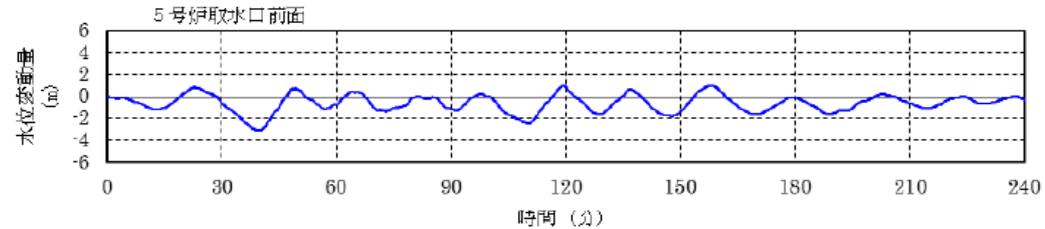
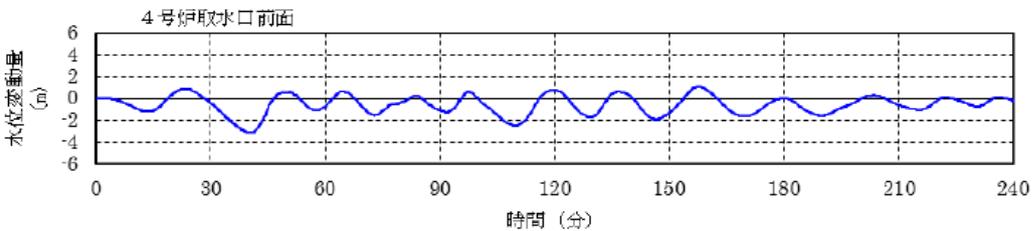
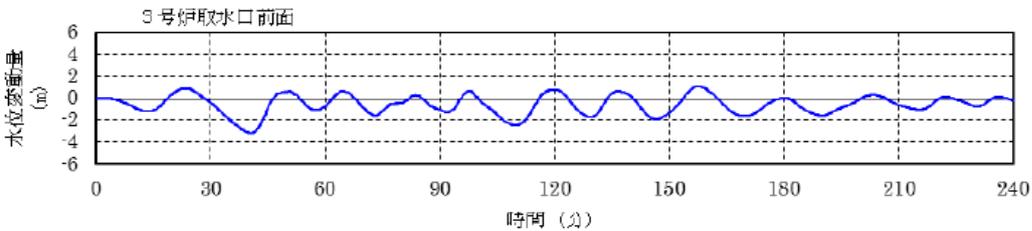
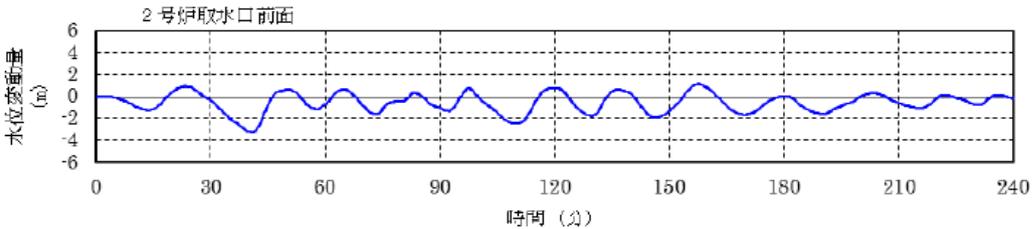
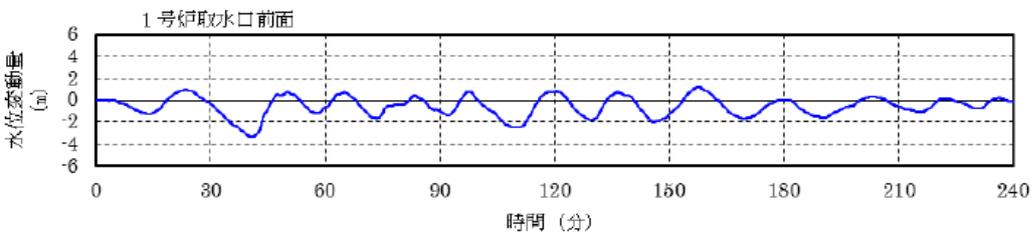
# 佐渡島棚東縁断層 (土木学会手法)



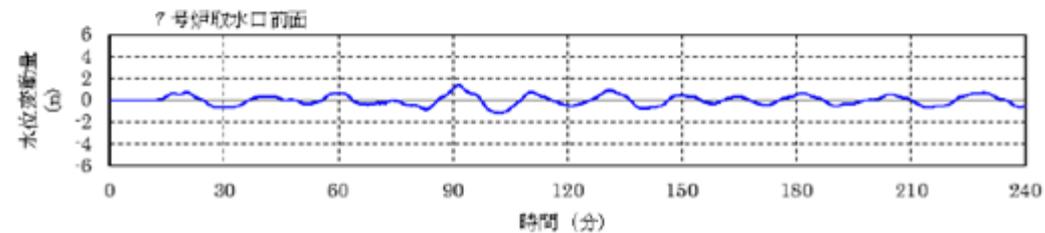
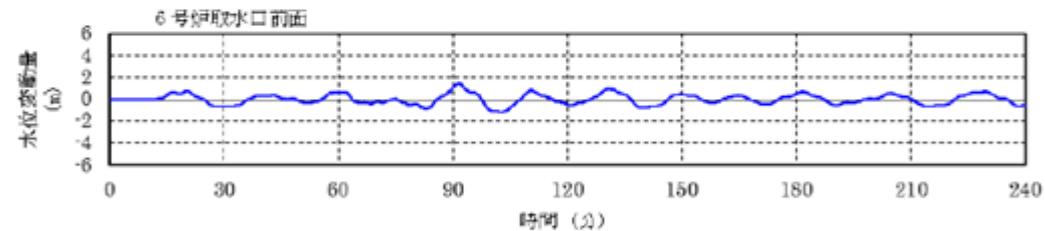
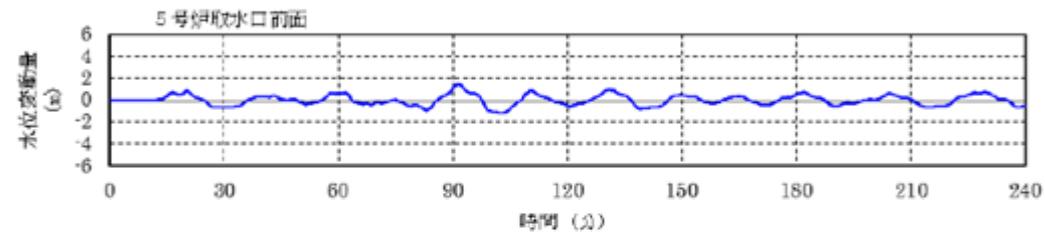
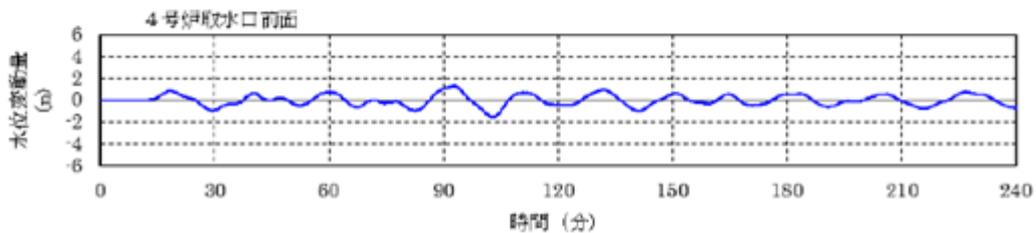
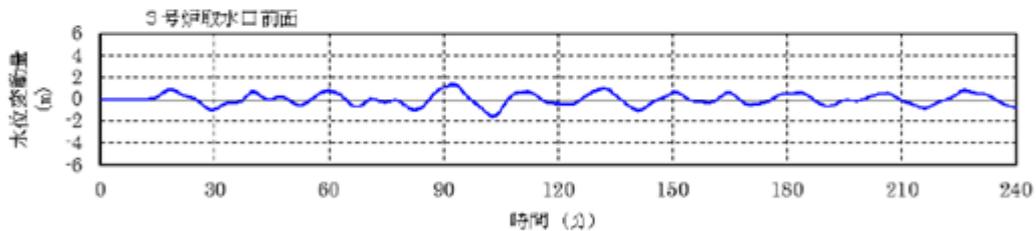
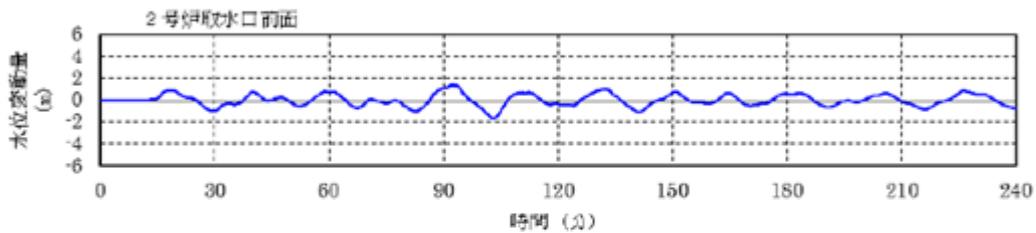
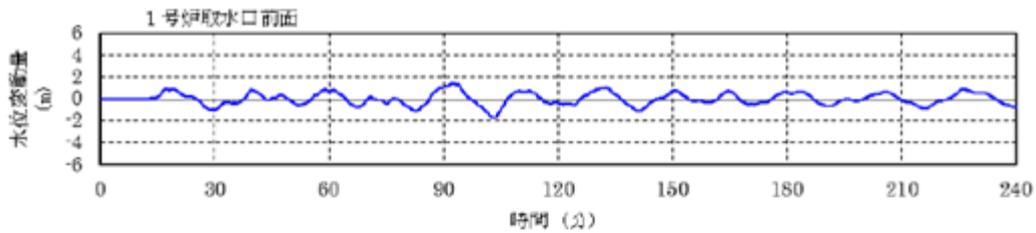
# 長岡平野西縁断層帯( $\delta = 35^\circ$ ) (土木学会手法)



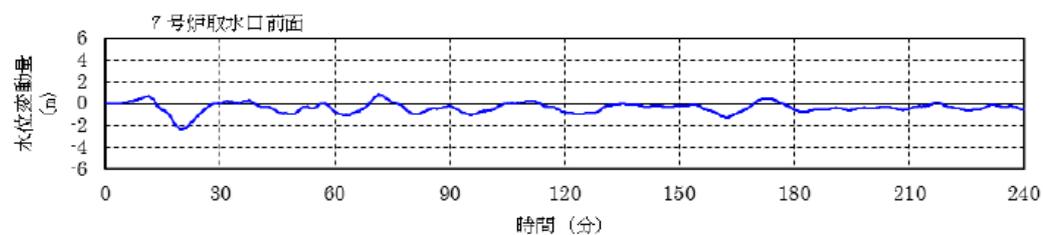
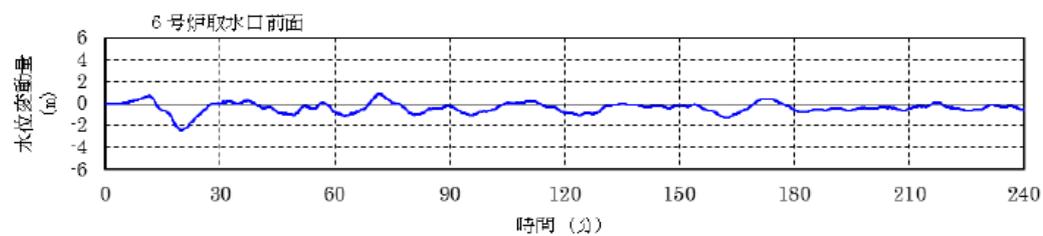
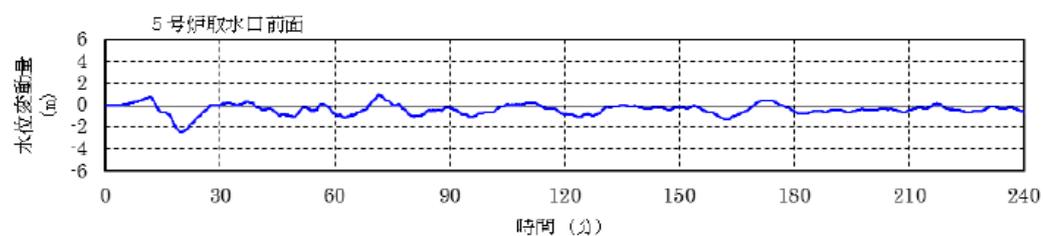
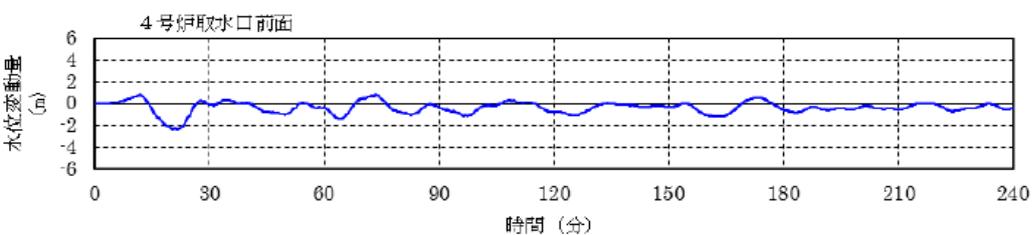
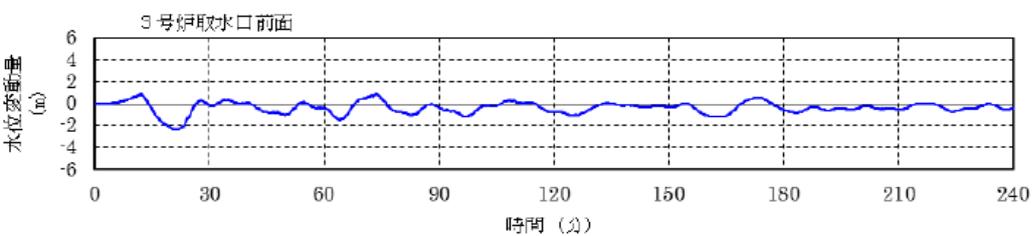
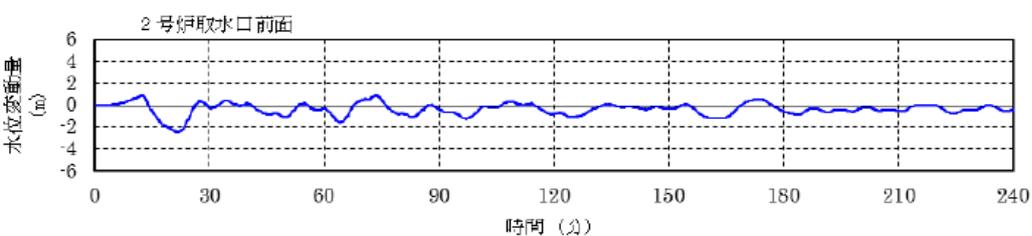
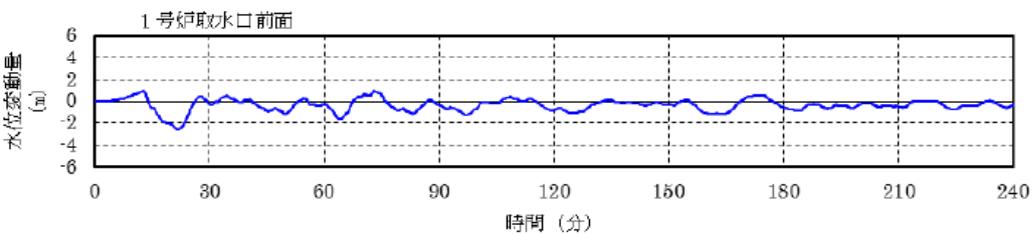
# 長岡平野西縁断層帯( $\delta = 50^\circ$ ) (土木学会手法)



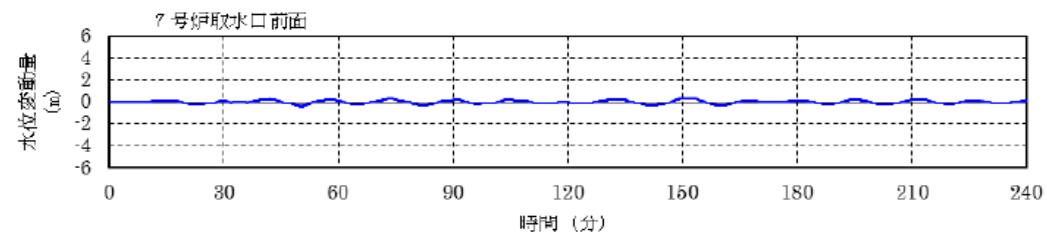
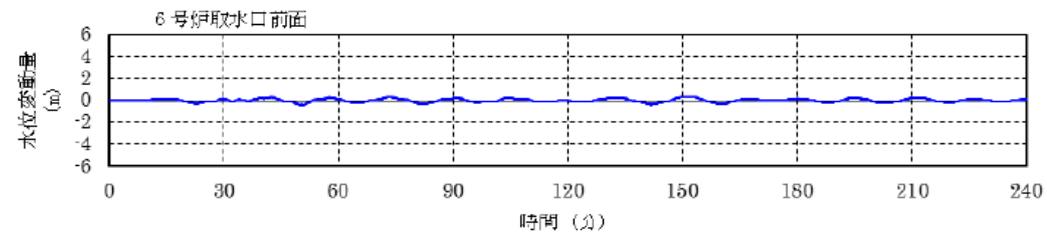
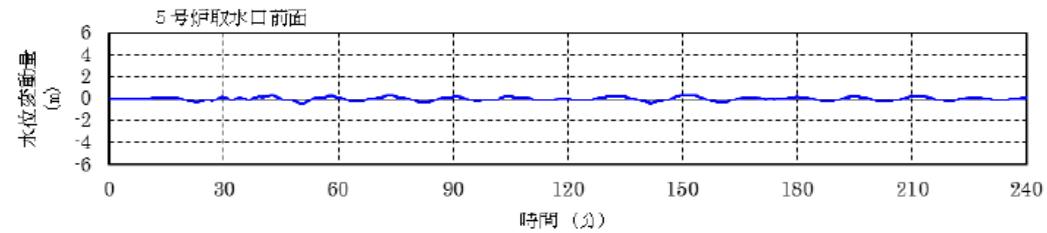
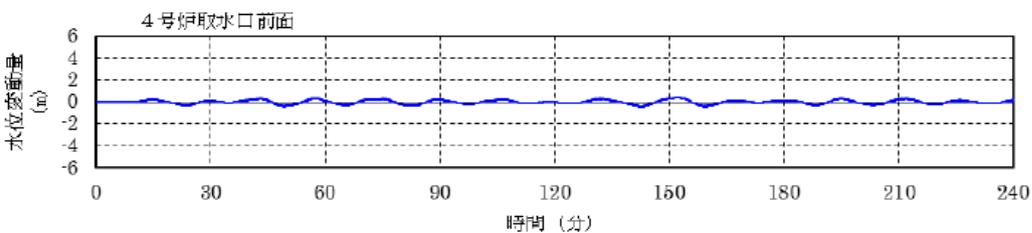
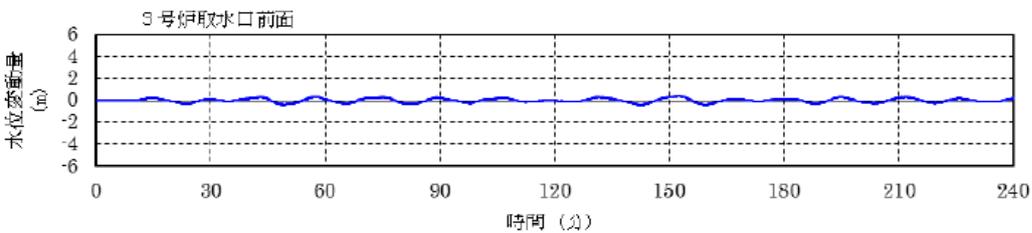
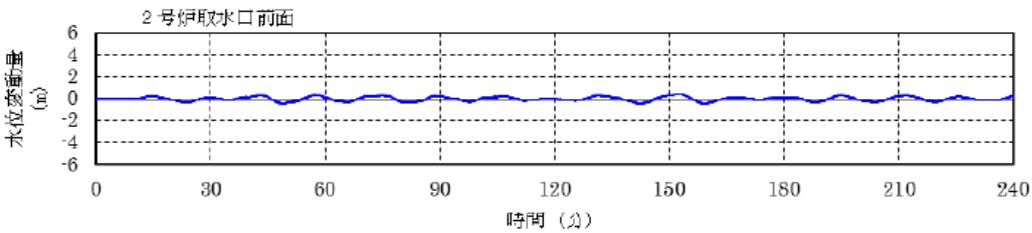
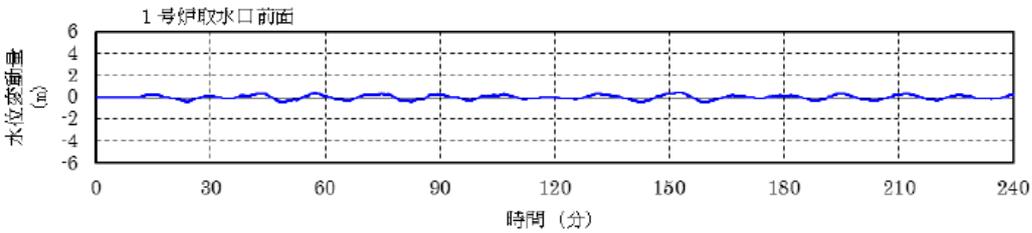
# F-D断層～高田沖断層（強震動予測レシピ）



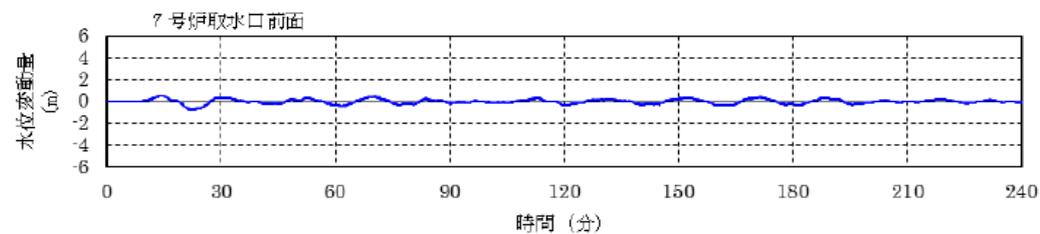
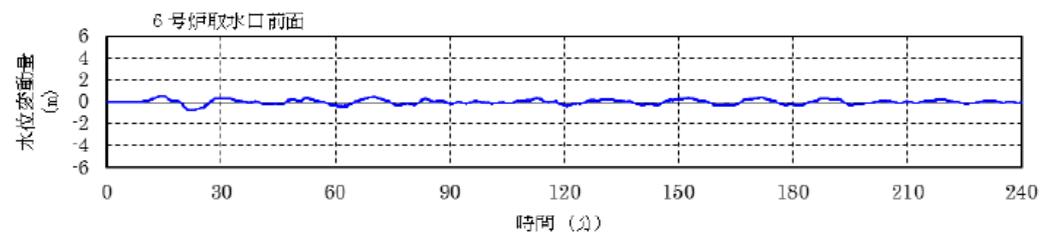
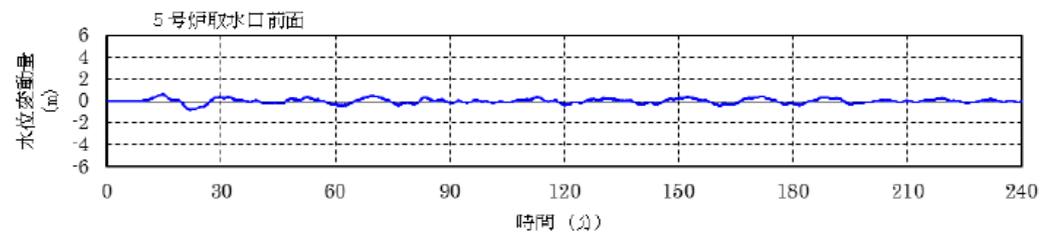
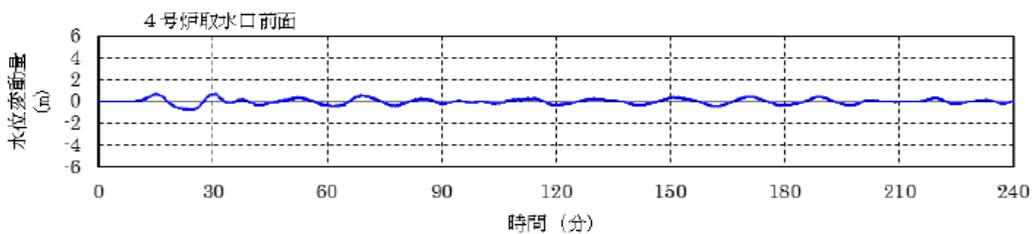
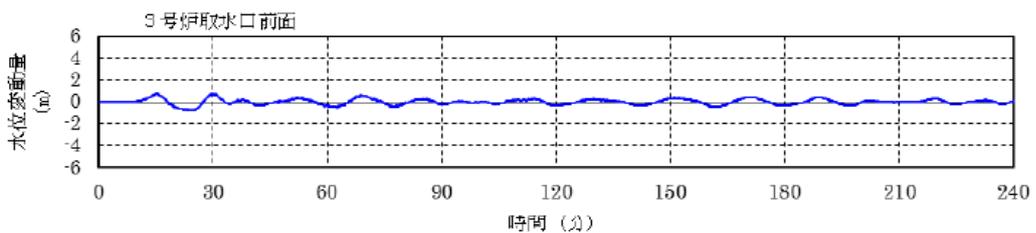
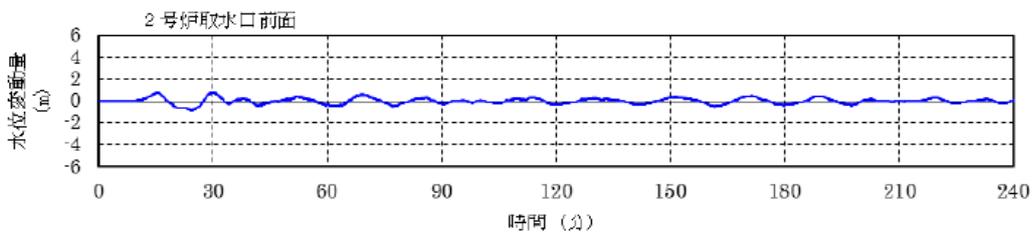
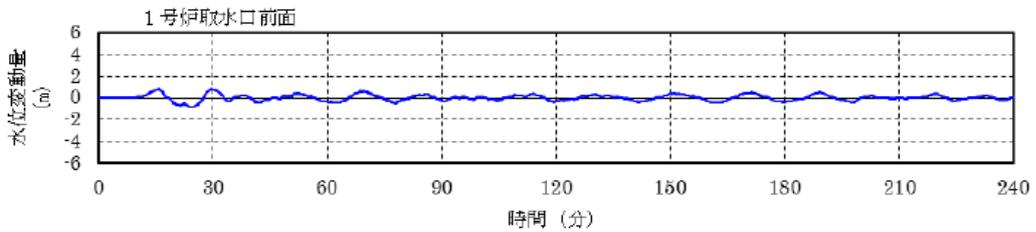
# F-B断層（強震動予測レシピ）



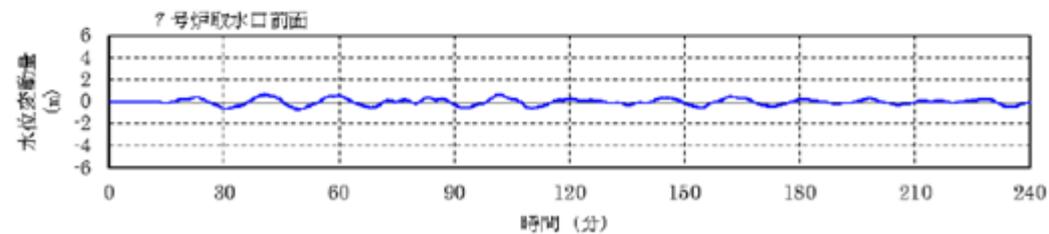
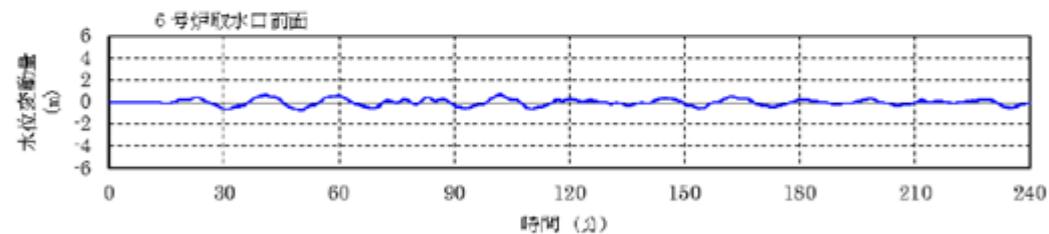
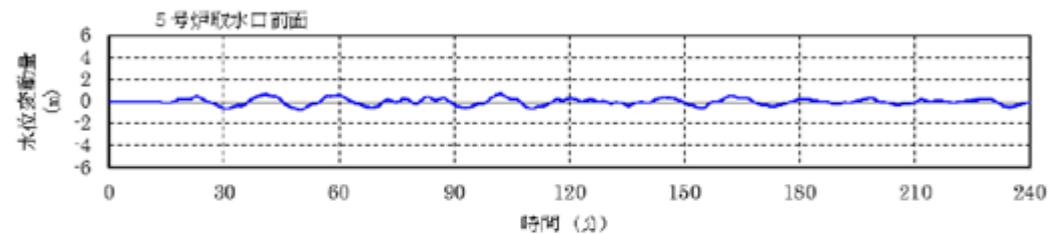
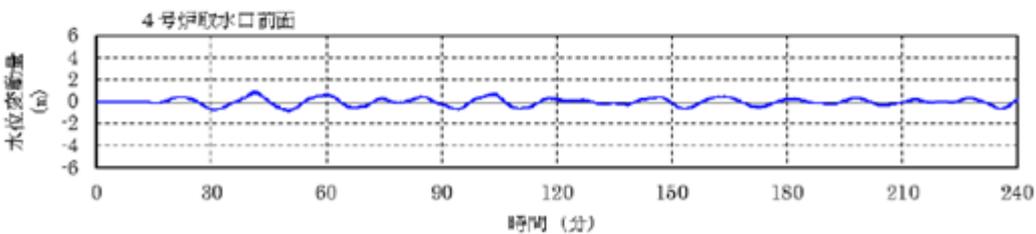
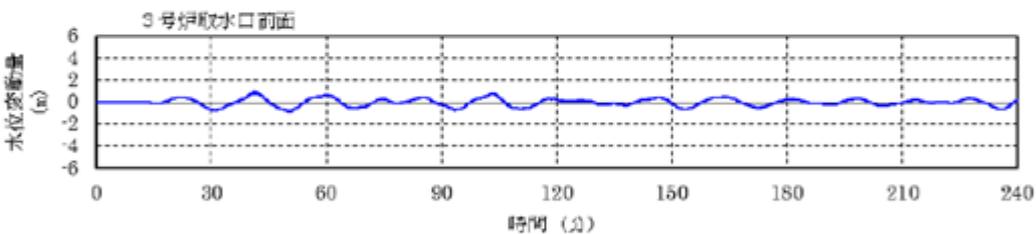
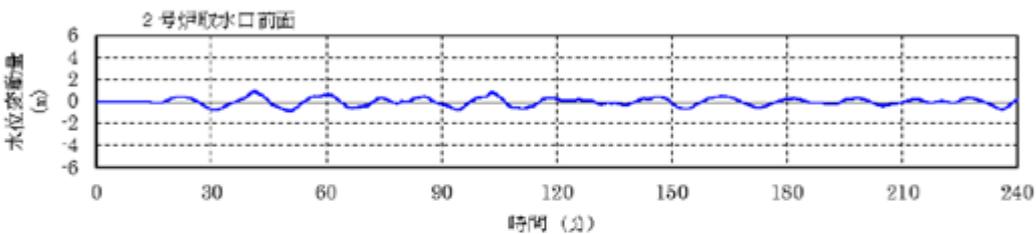
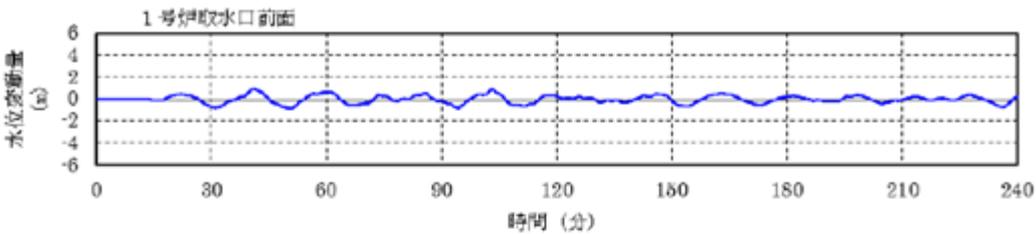
# 米山沖断層（強震動予測レシビ）



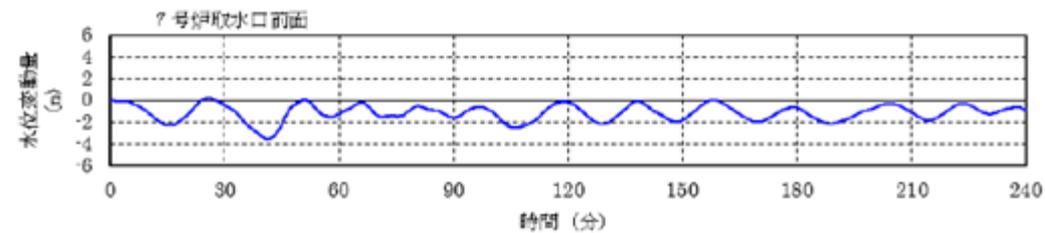
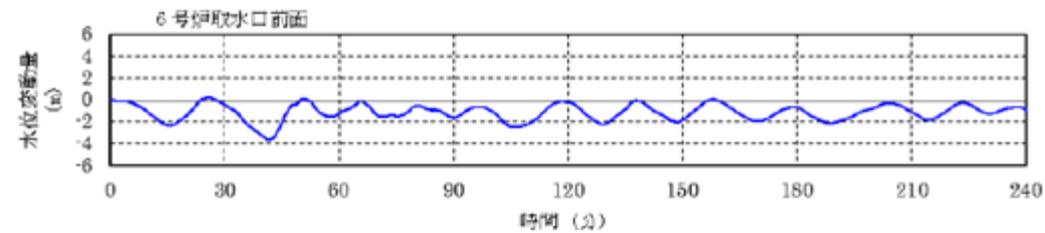
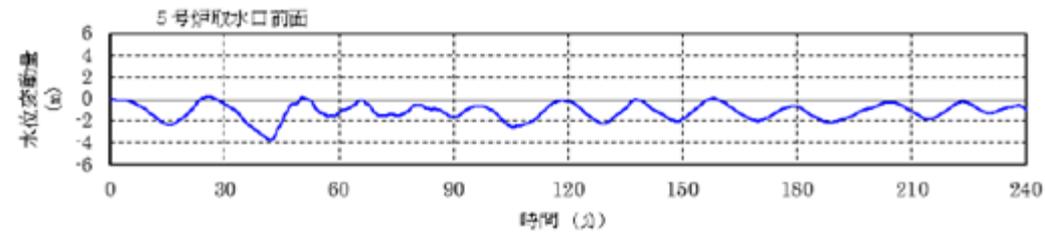
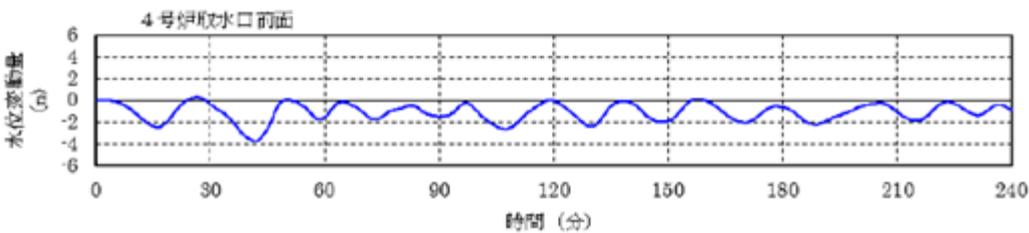
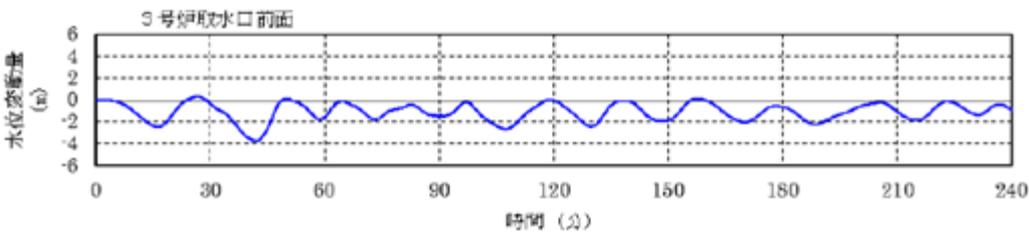
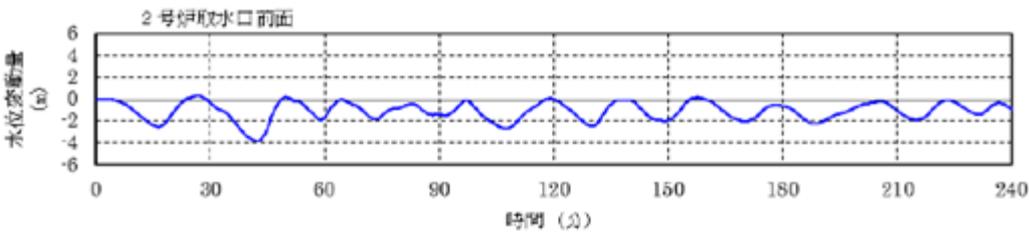
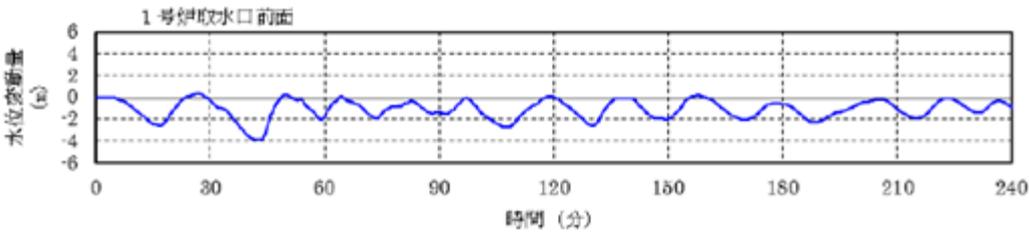
# 佐渡島南方断層（強震動予測レシピ）



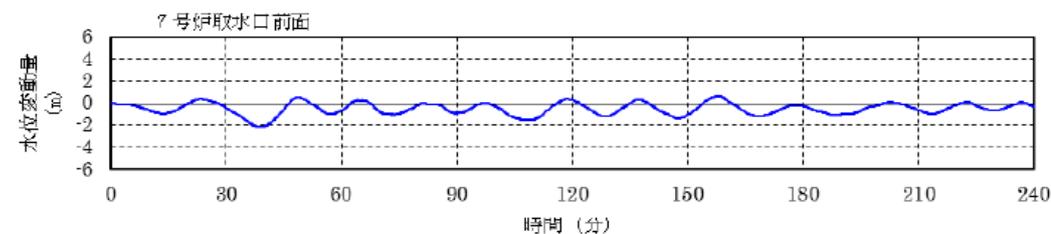
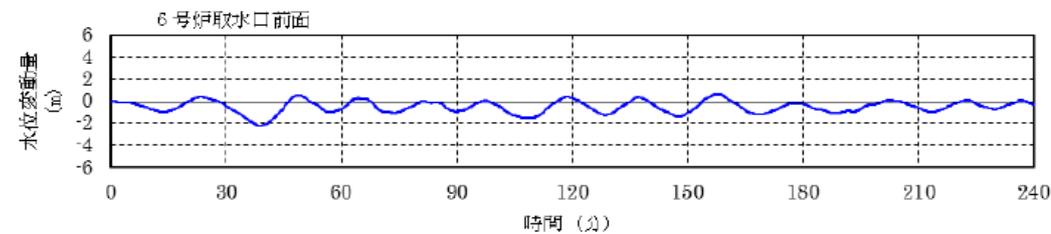
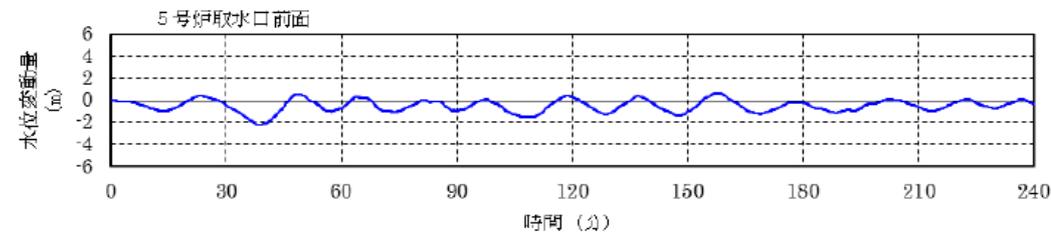
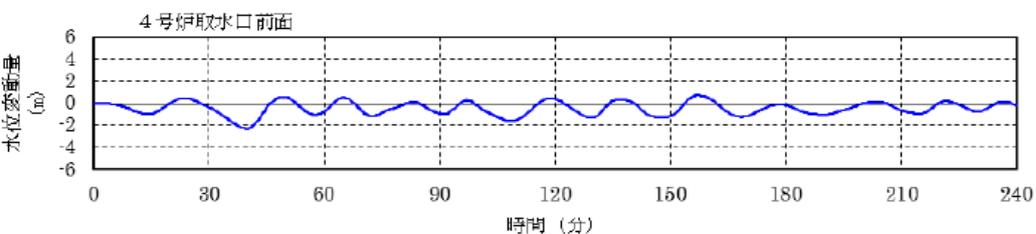
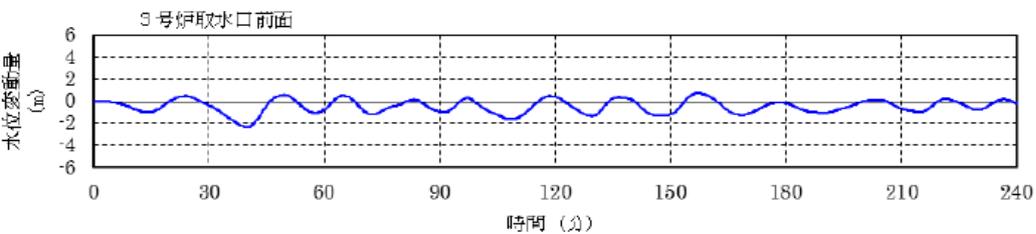
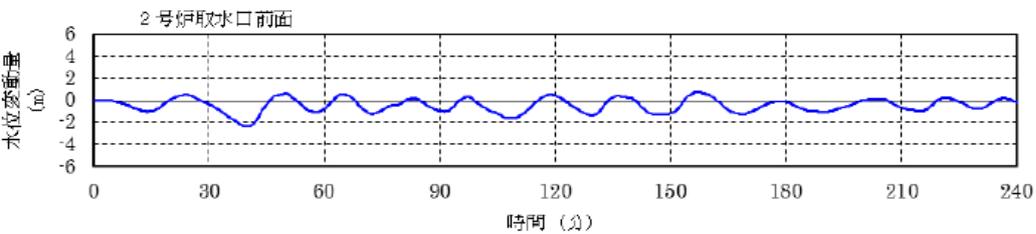
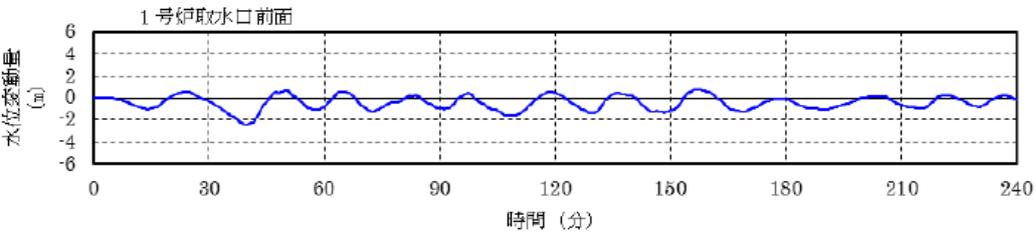
# 佐渡島棚東縁断層（強震動予測レシピ）



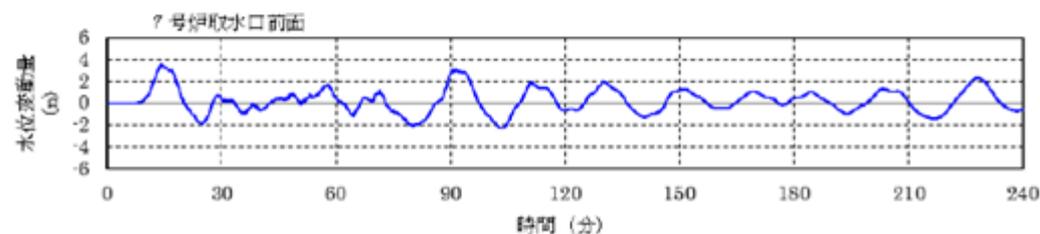
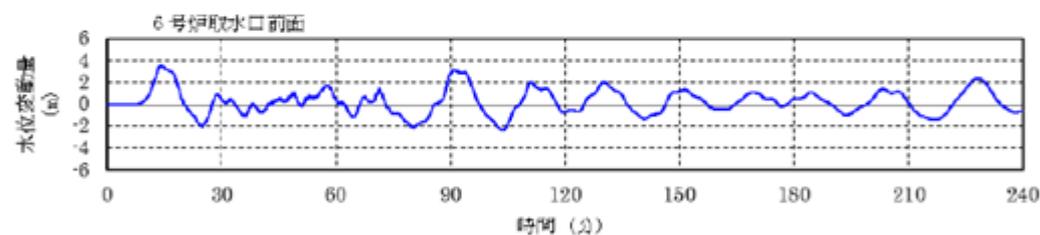
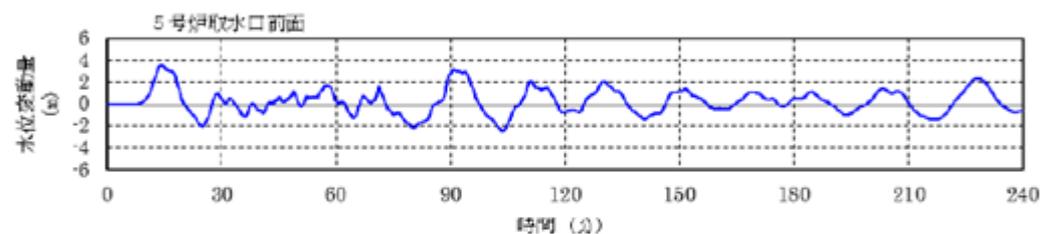
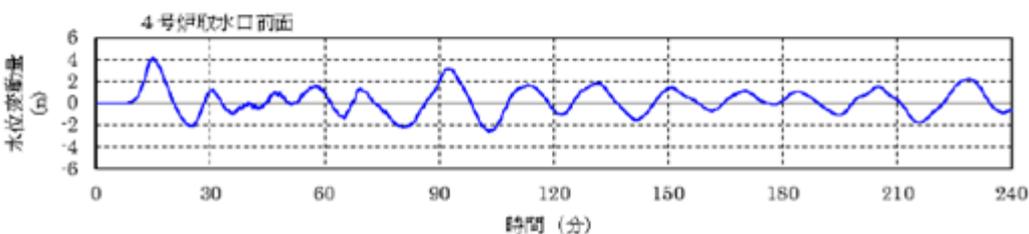
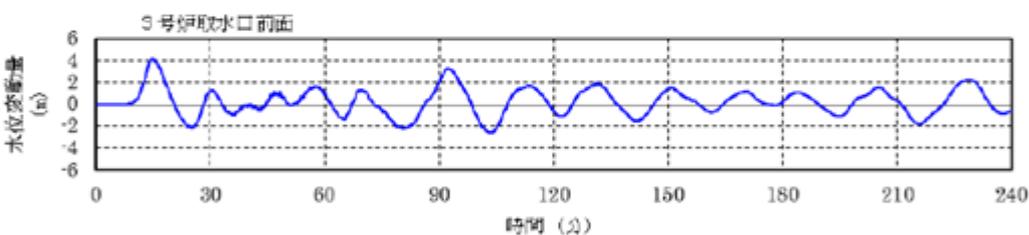
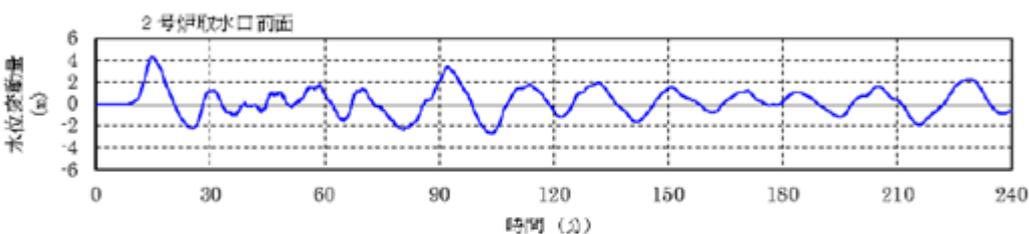
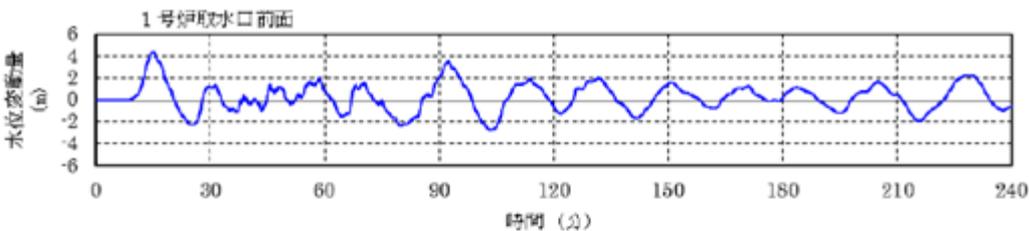
# 長岡平野西縁断層帯( $\delta = 35^\circ$ ) (強震動予測レシビ)



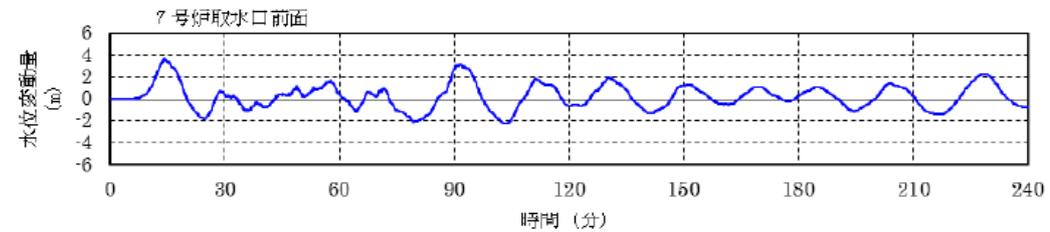
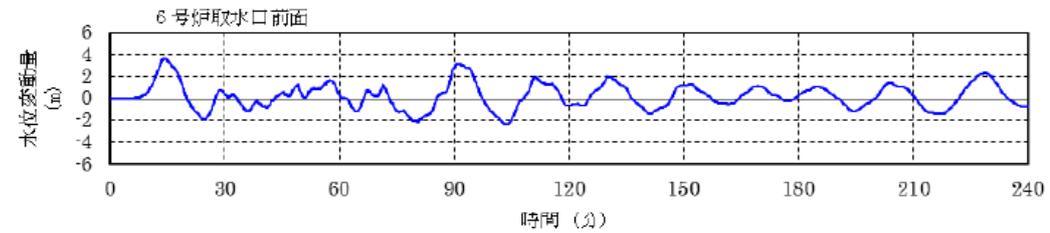
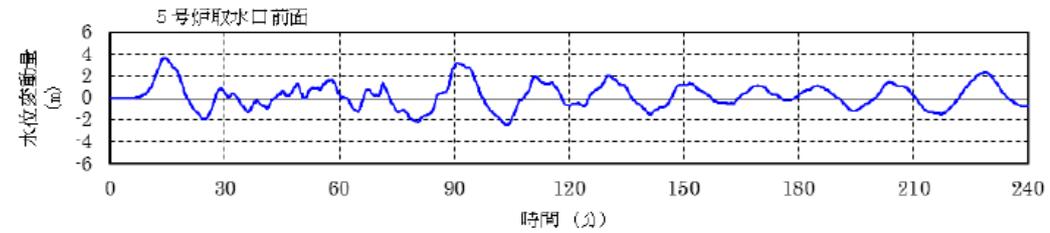
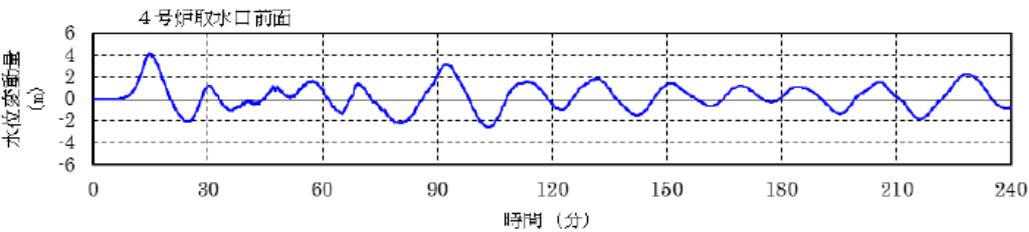
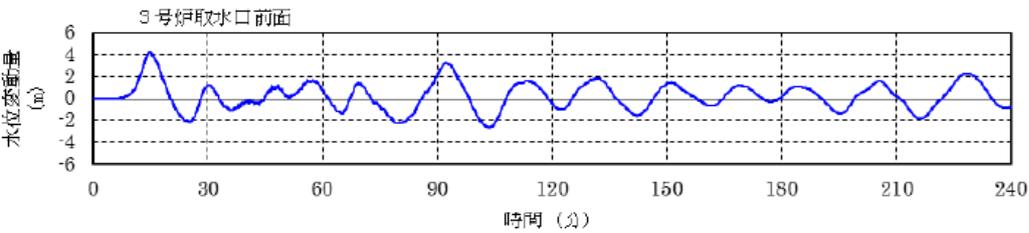
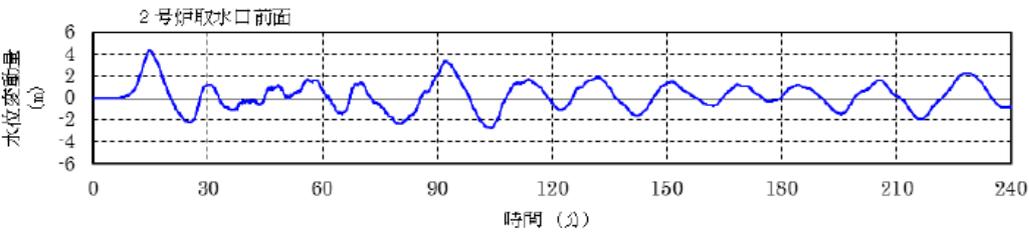
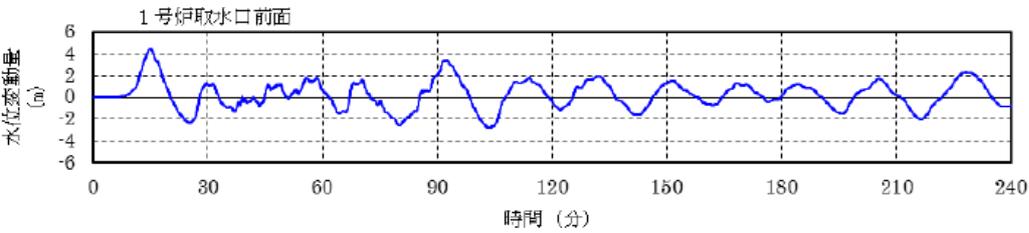
# 長岡平野西縁断層帯( $\delta = 50^\circ$ ) (強震動予測レシピ)



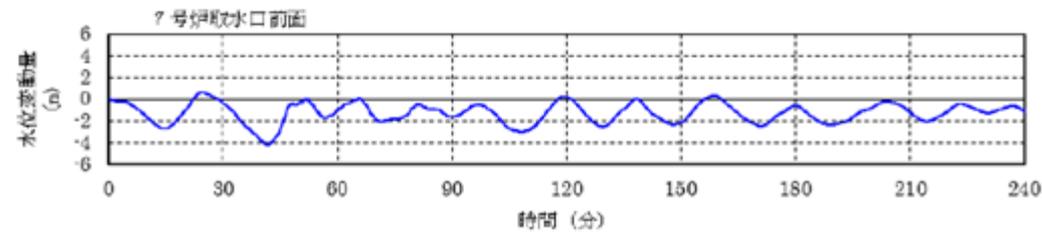
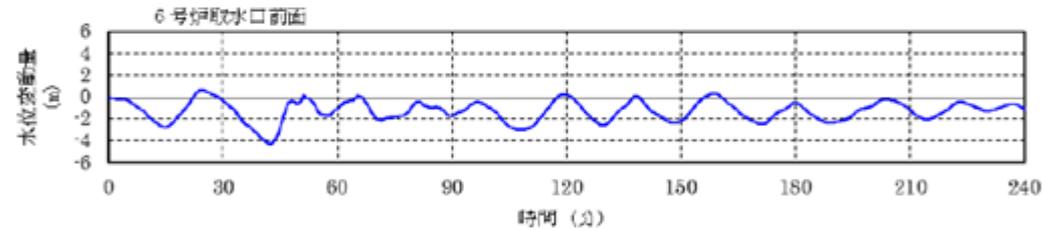
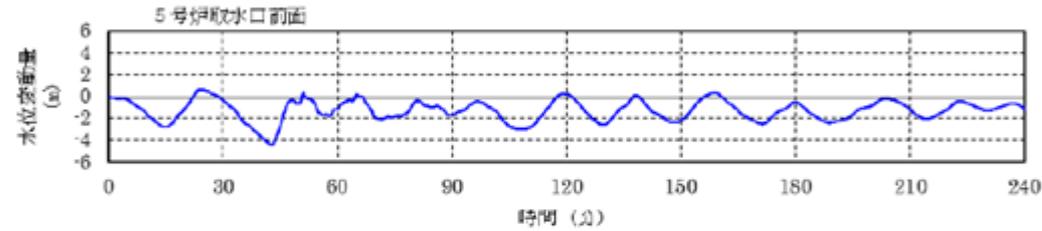
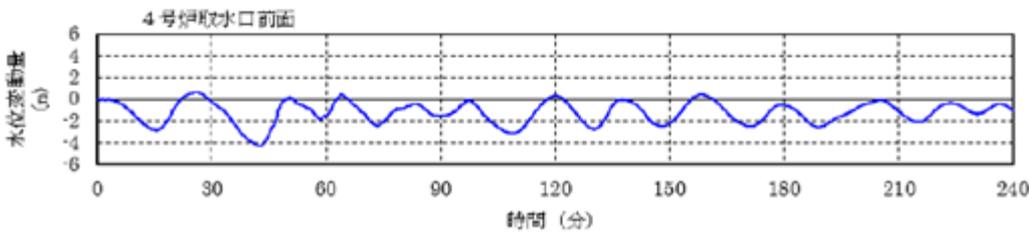
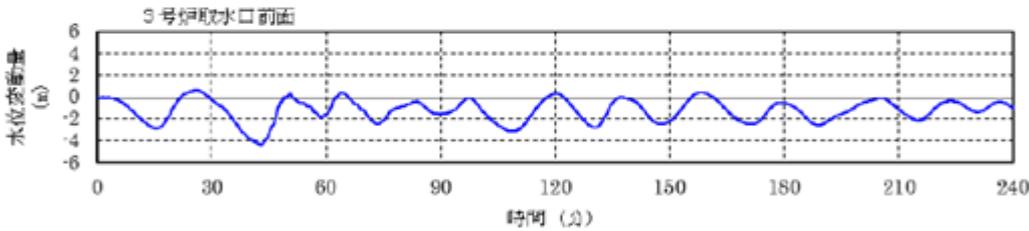
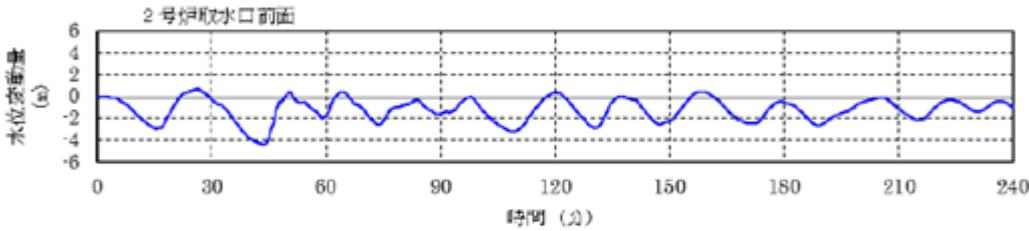
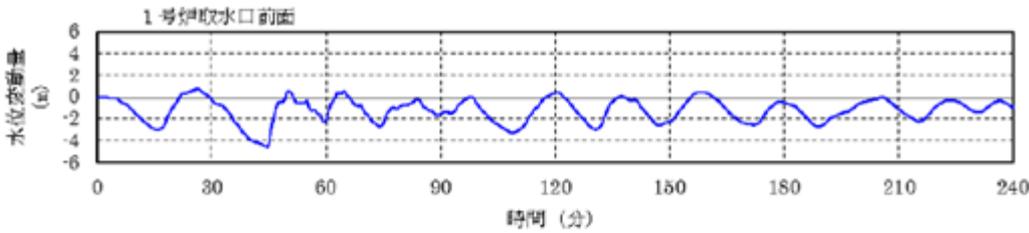
# 5断層連動モデル（土木学会手法）



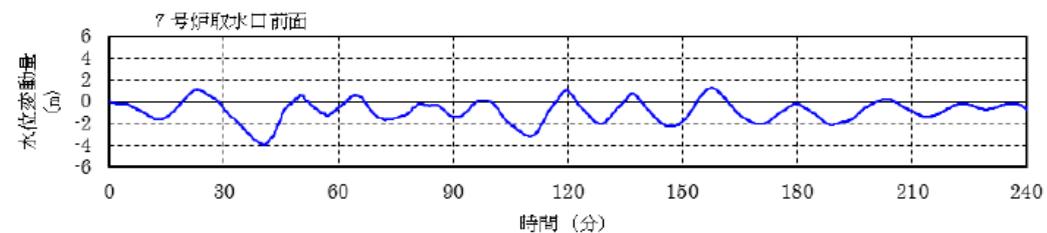
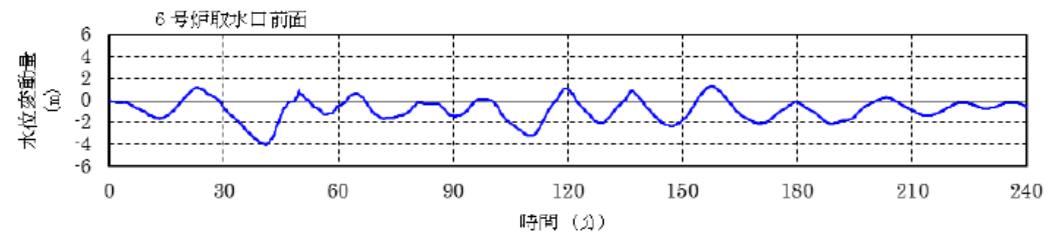
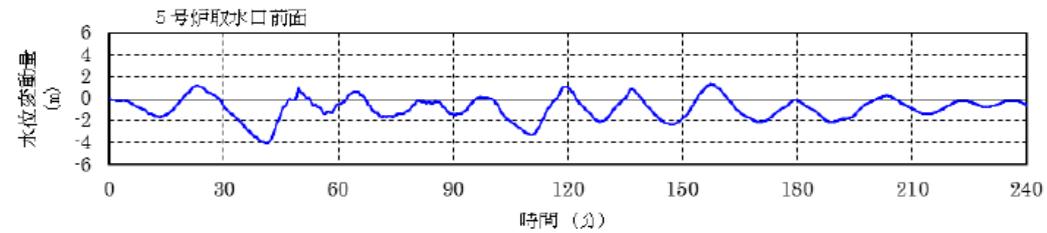
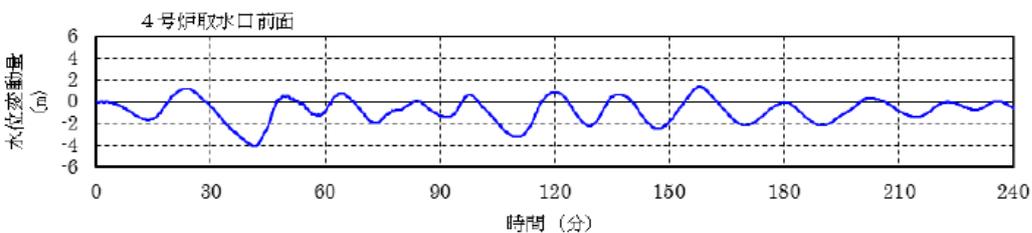
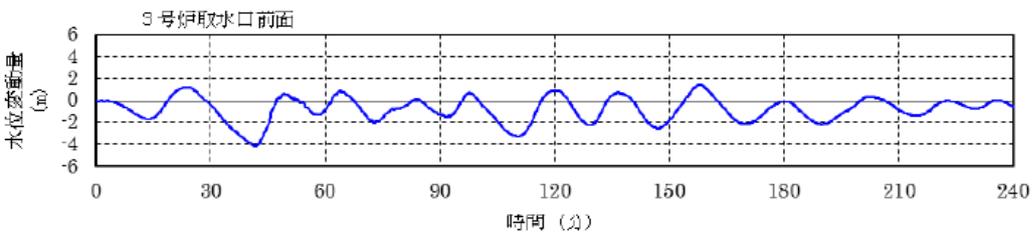
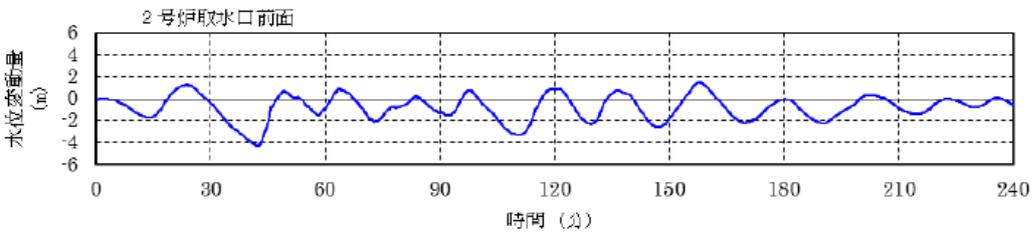
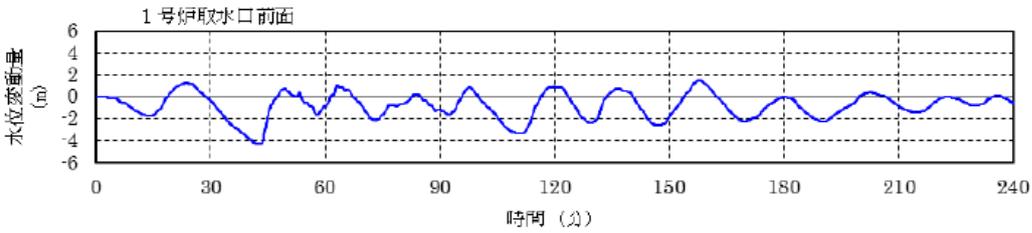
# 5断層連動モデル（強震動予測レシピ）



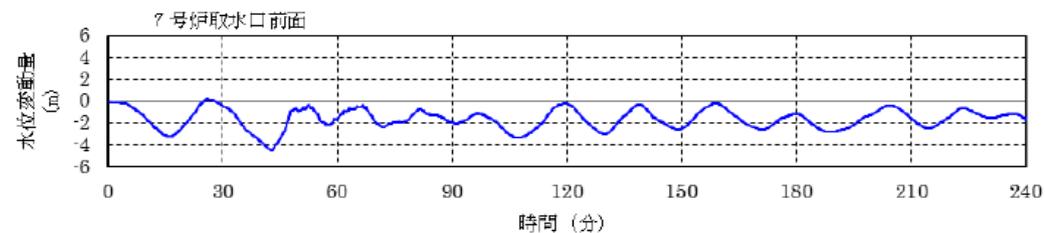
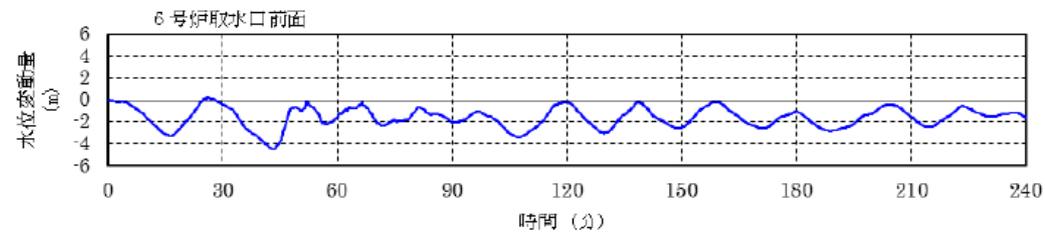
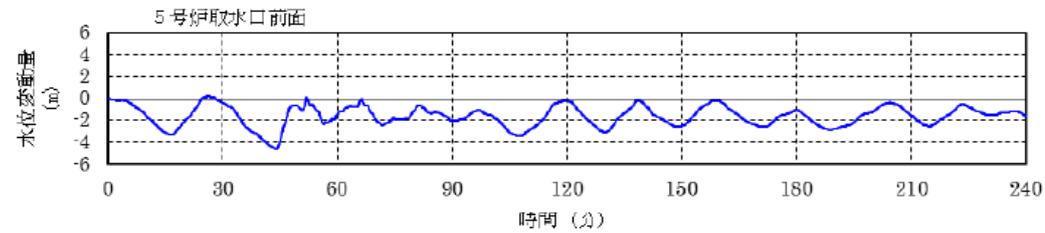
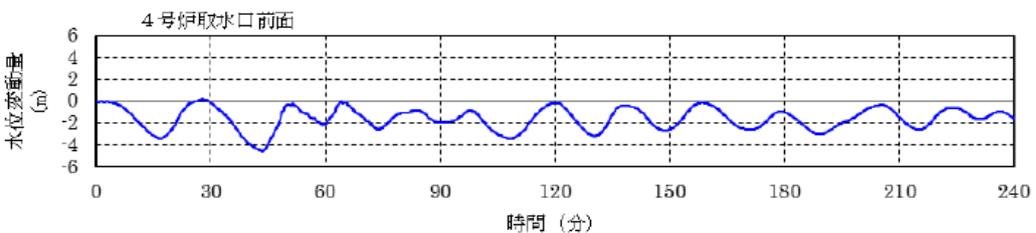
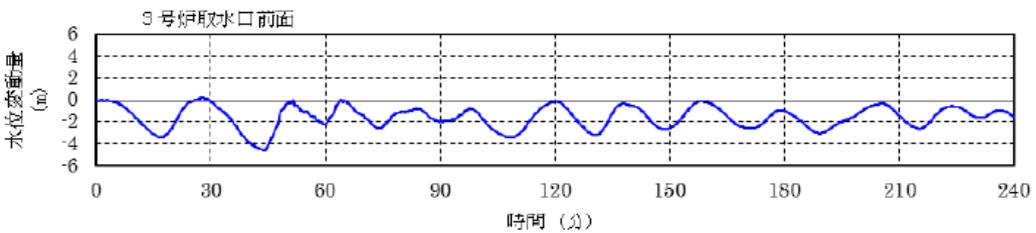
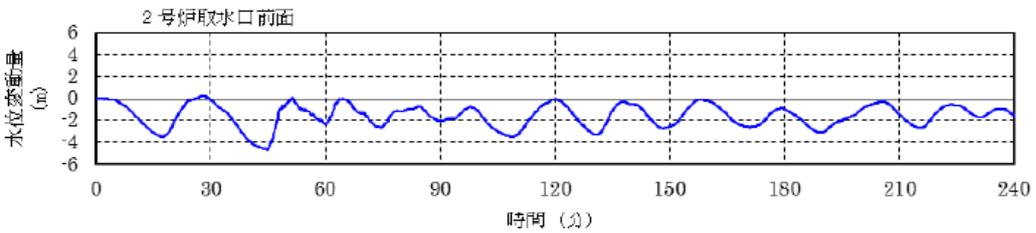
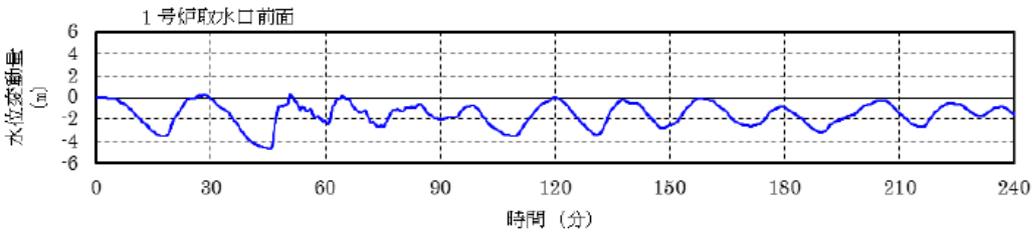
# 長岡十日町連動モデル( $\delta = 35^\circ$ ) (土木学会手法)



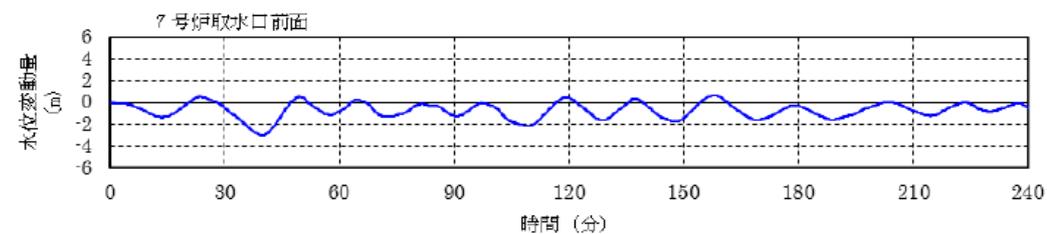
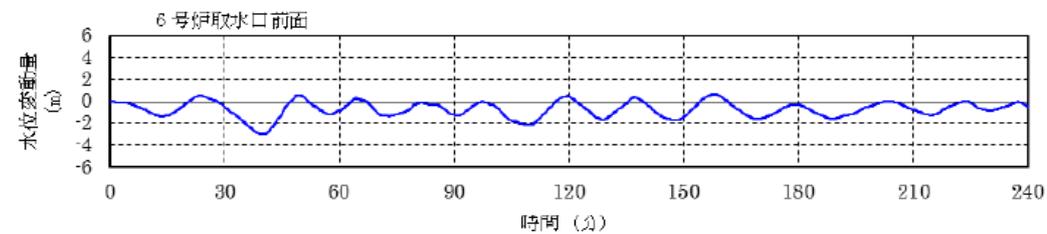
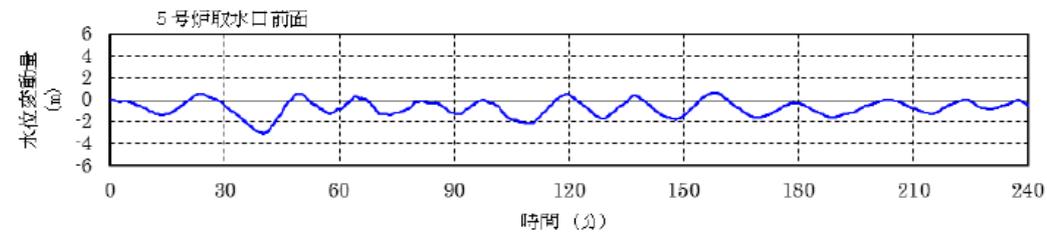
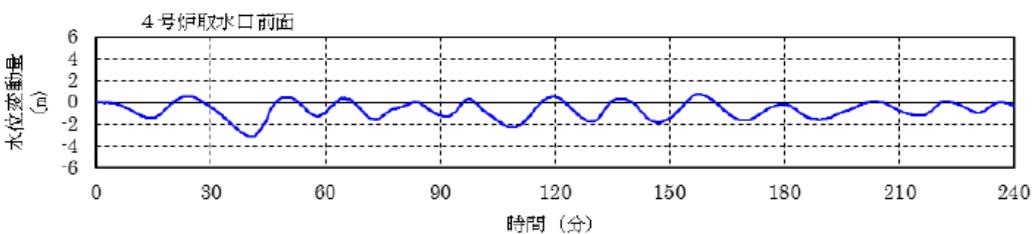
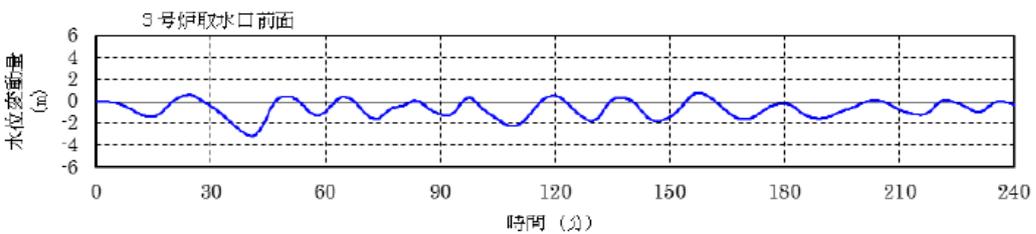
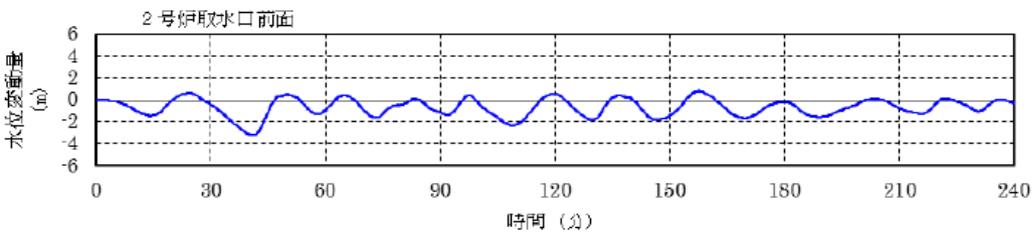
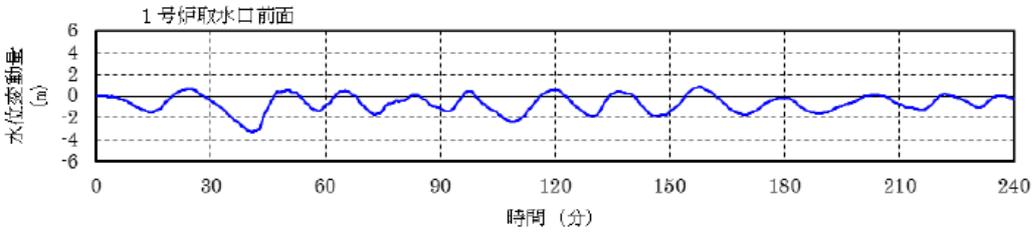
# 長岡十日町連動モデル( $\delta = 50^\circ$ ) (土木学会手法)



# 長岡十日町連動モデル( $\delta = 35^\circ$ ) (強震動予測レシビ)

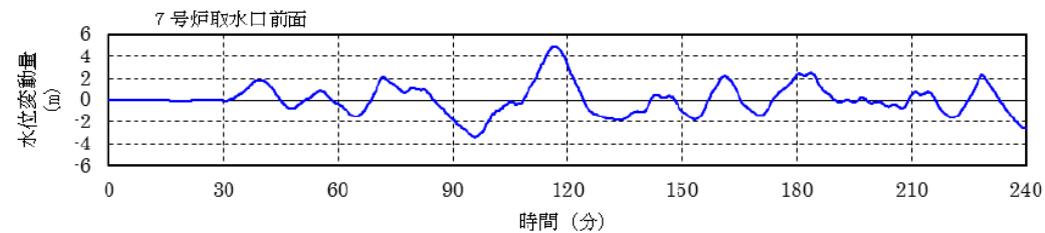
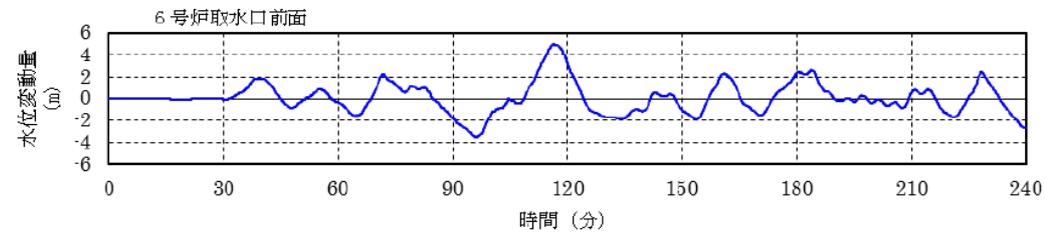
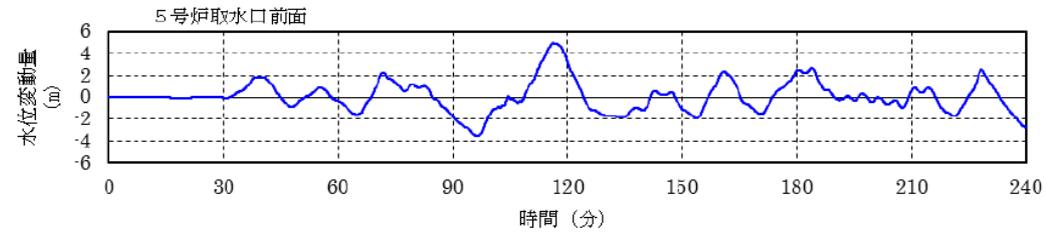
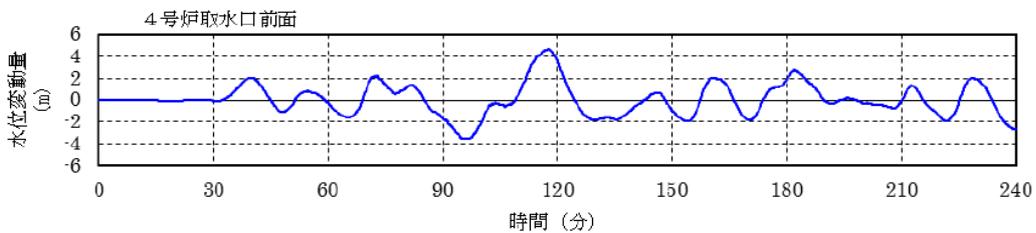
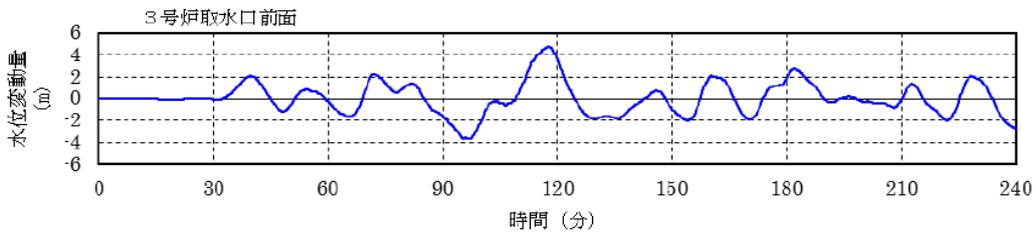
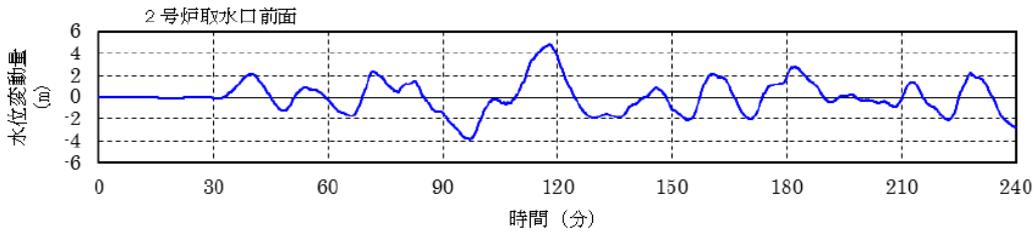
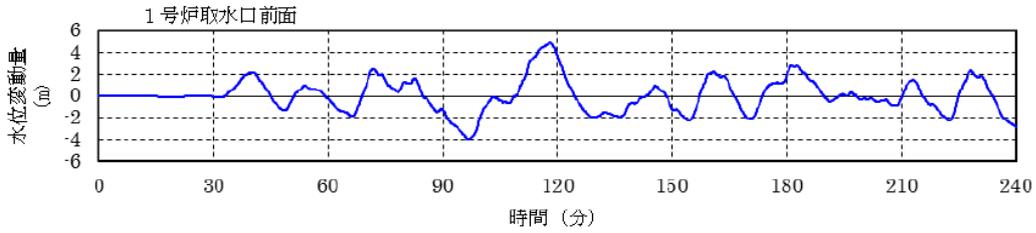


# 長岡十日町連動モデル( $\delta = 50^\circ$ ) (強震動予測レシビ)



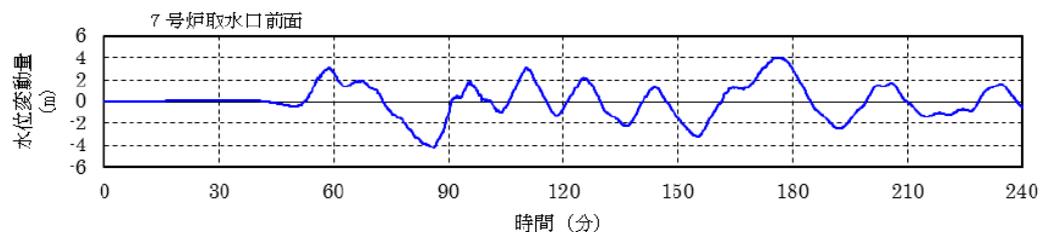
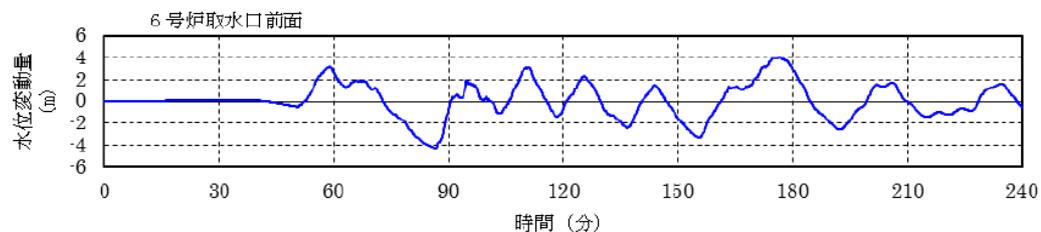
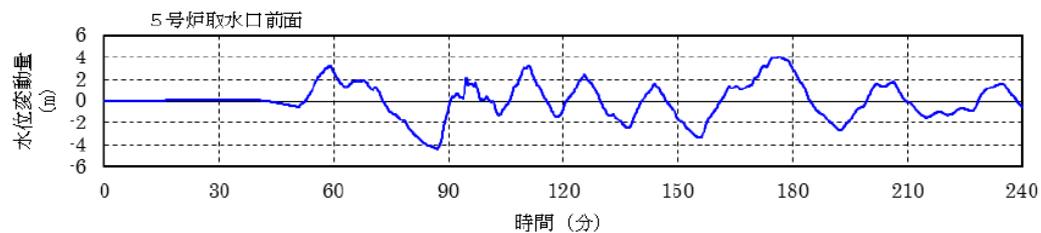
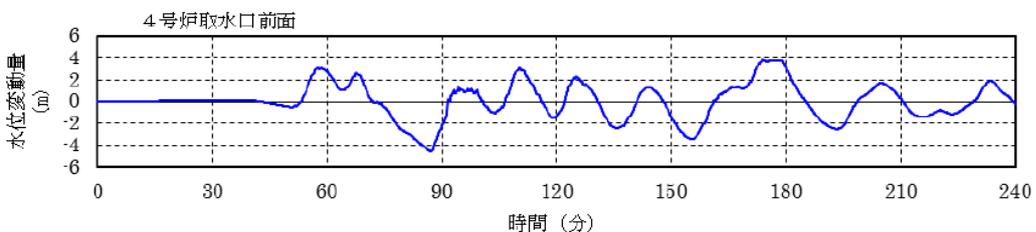
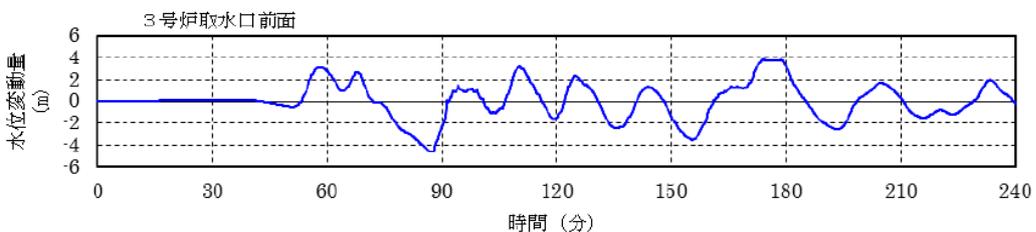
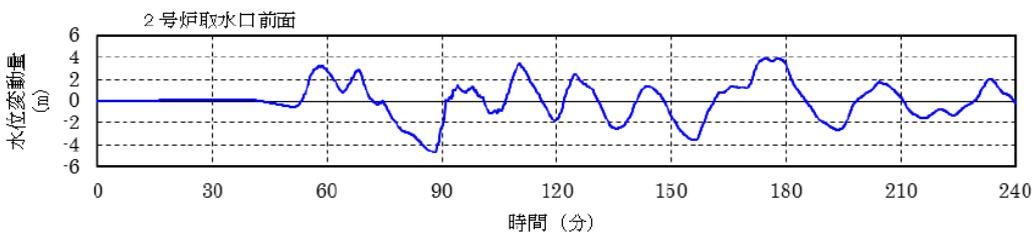
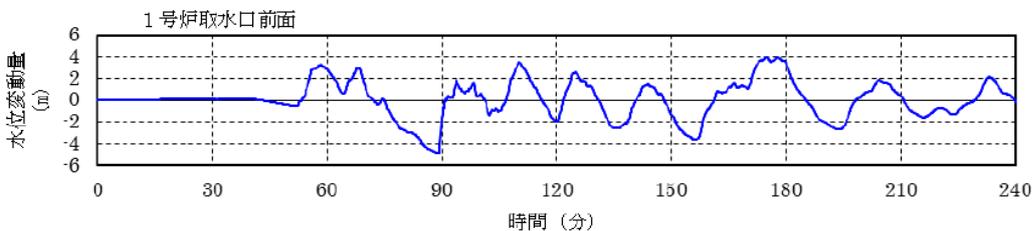
# 日本海東縁部（1領域モデル：土木学会手法水位上昇側最大ケース）

水位上昇側最大ケース（断層幅17km, Mw8.2）



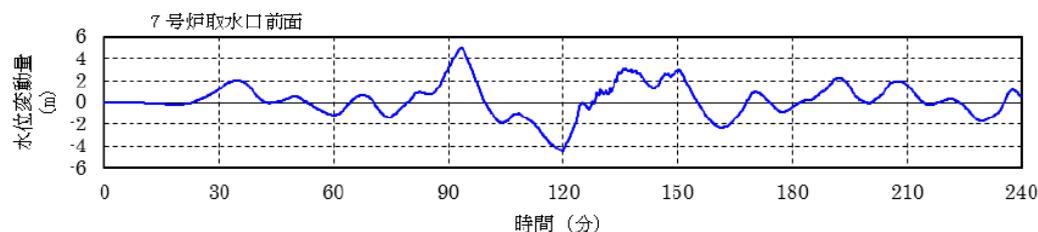
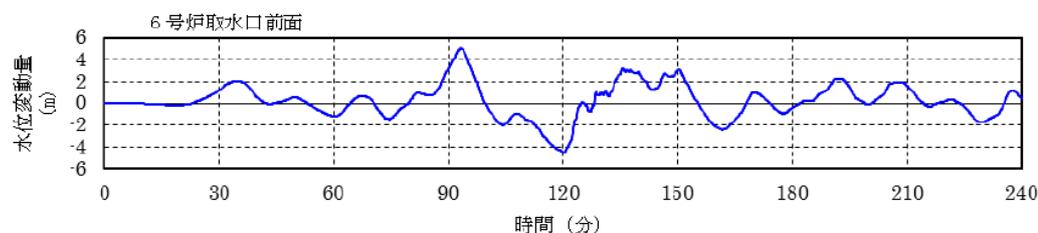
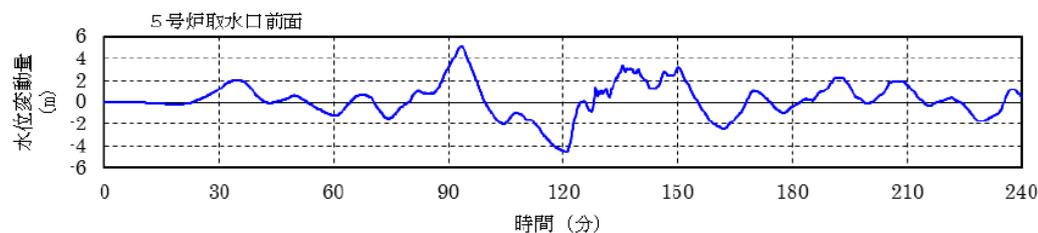
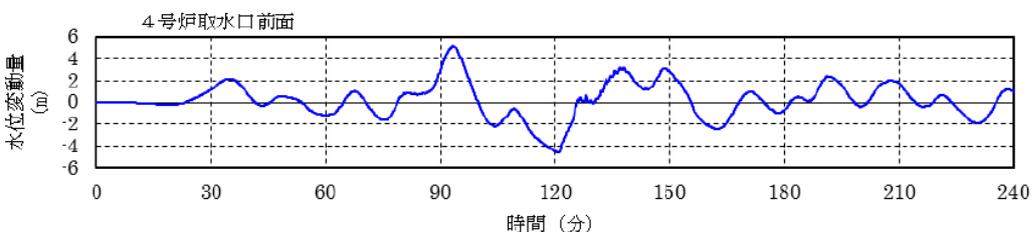
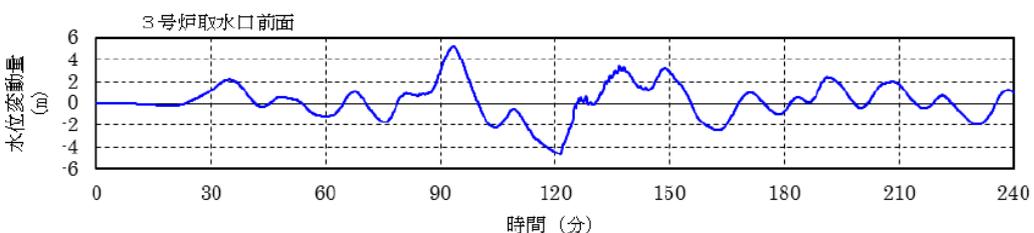
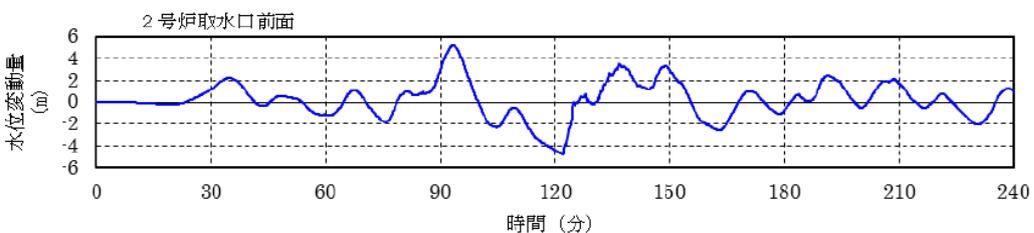
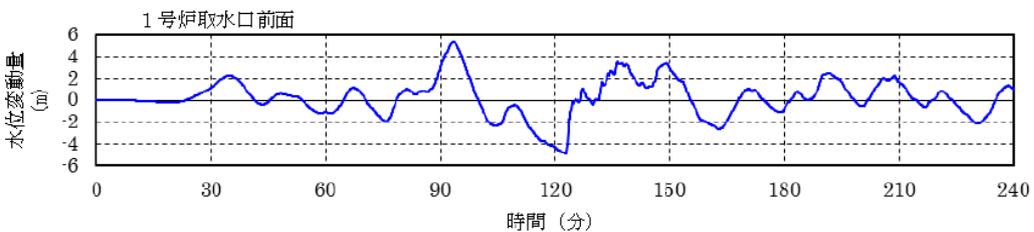
# 日本海東縁部（1領域モデル：土木学会手法水位下降側最大ケース）

水位下降側最大ケース（断層幅21km, Mw8.2）

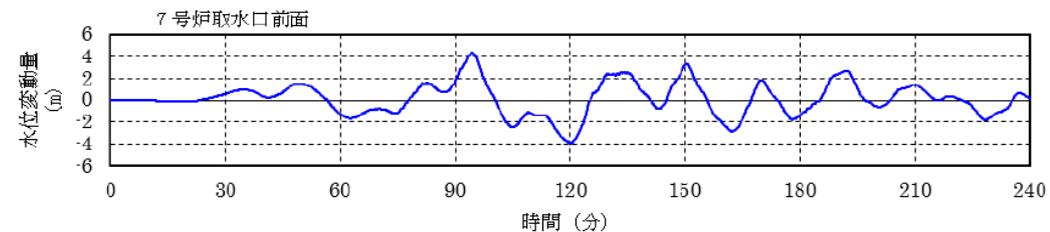
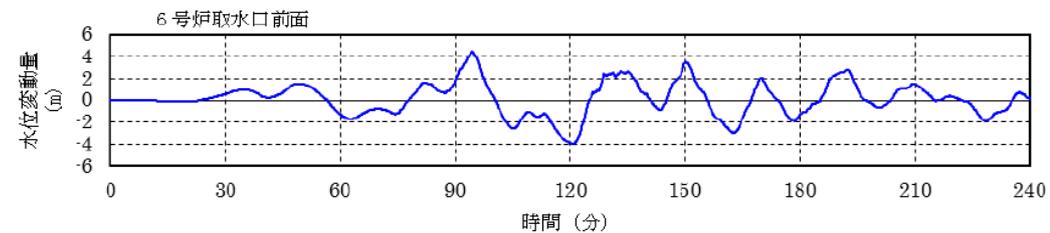
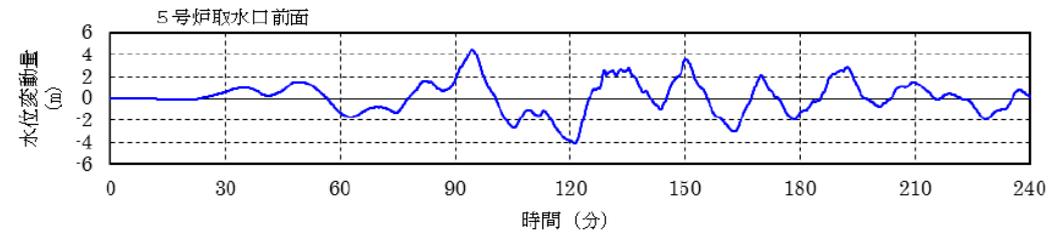
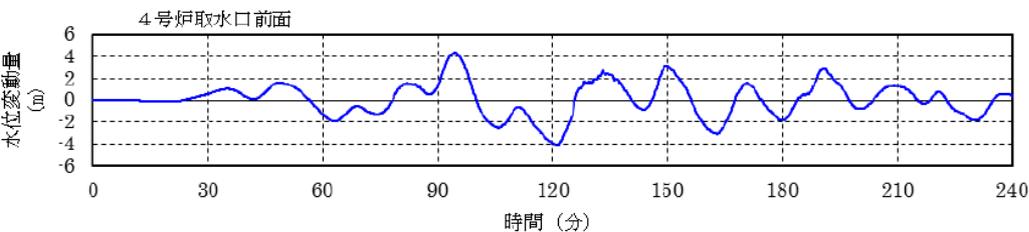
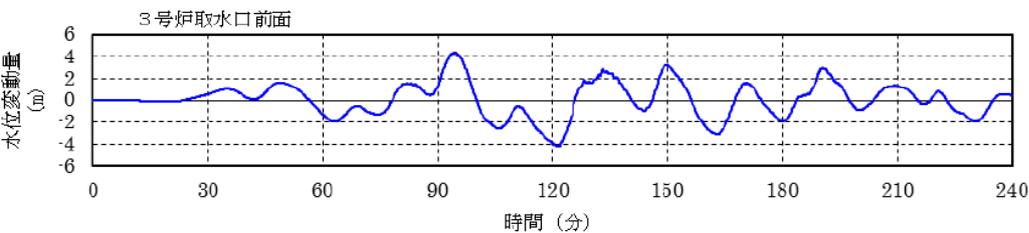
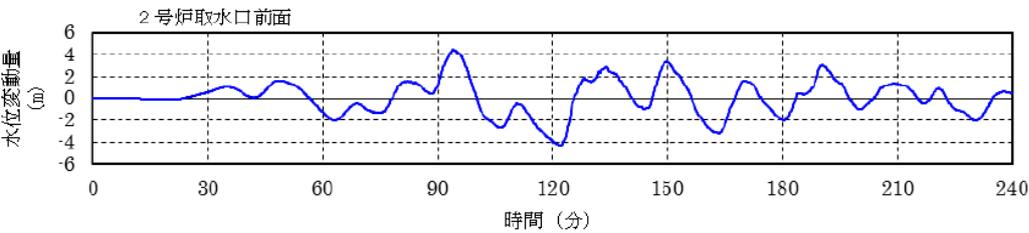
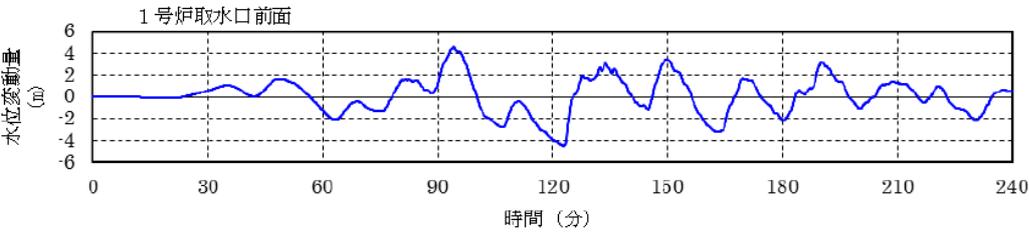


# 日本海東縁部（1領域モデル：強震動予測レシピ最大ケース）

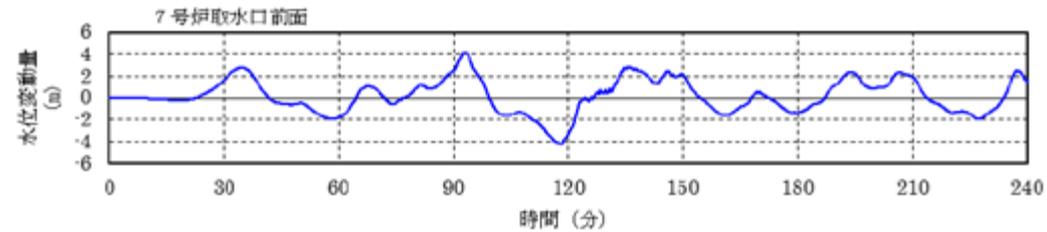
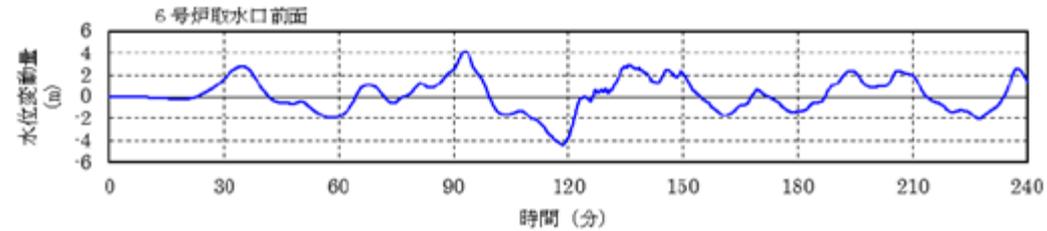
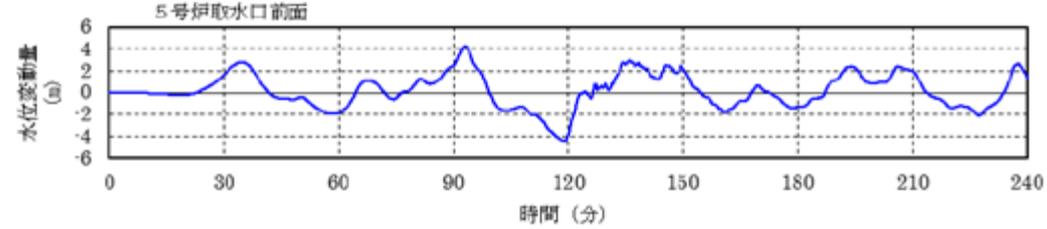
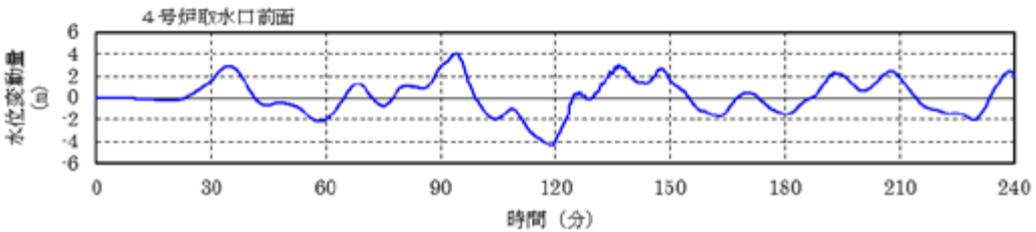
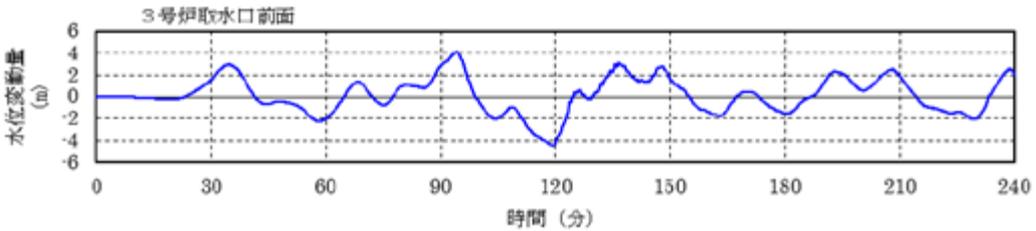
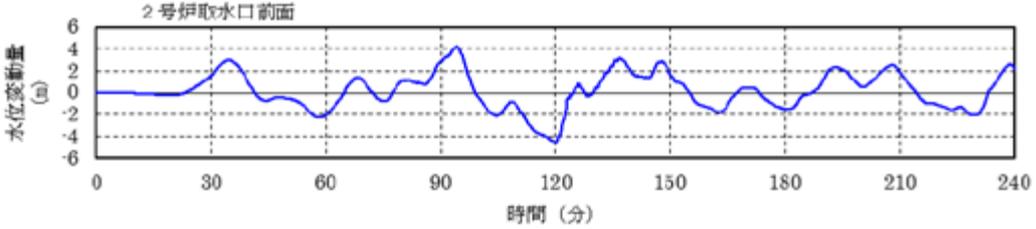
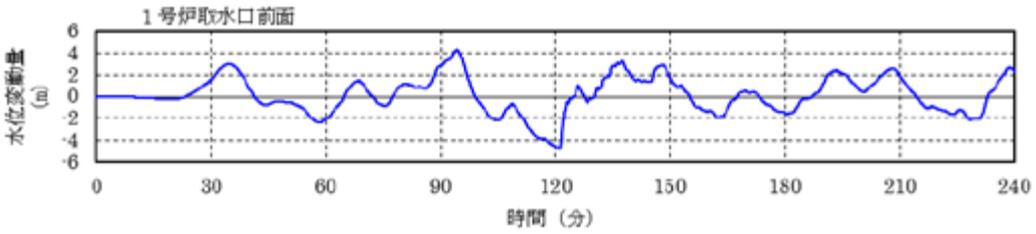
水位上昇側・下降側最大ケース（Mw8.4）



# 日本海東縁部（アスペリティモデル：水位上昇側最大ケース）

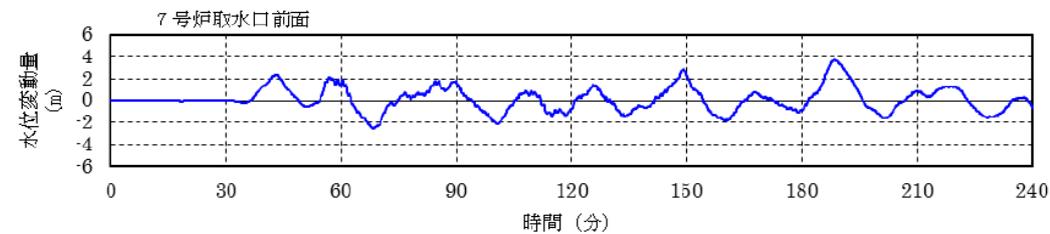
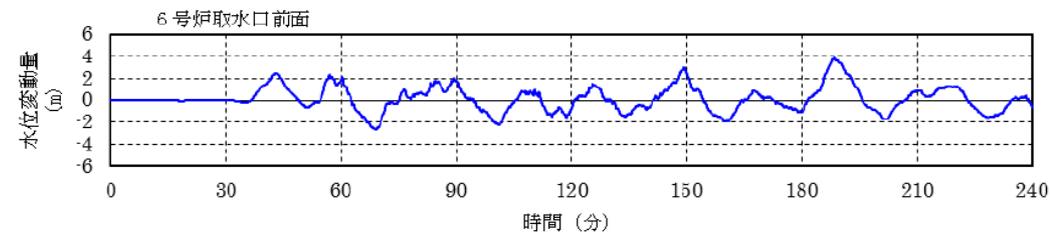
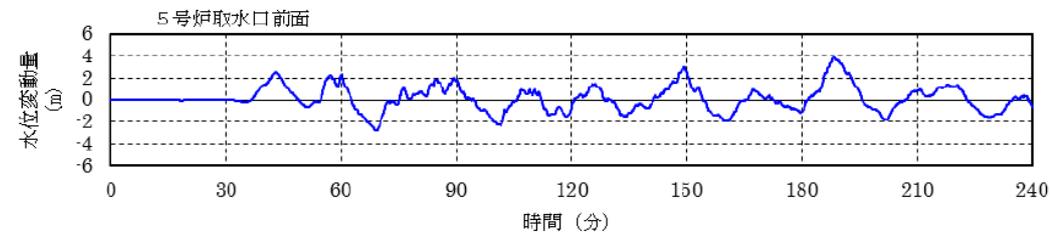
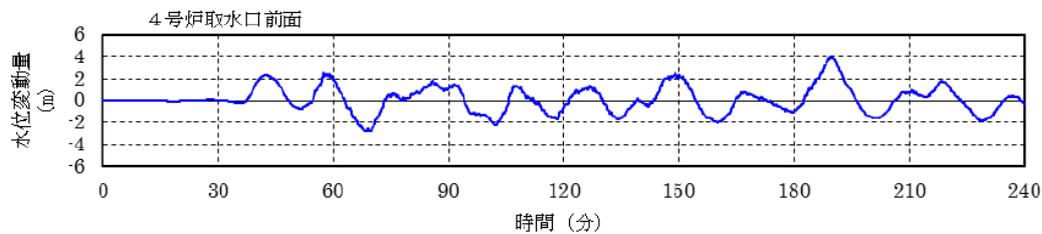
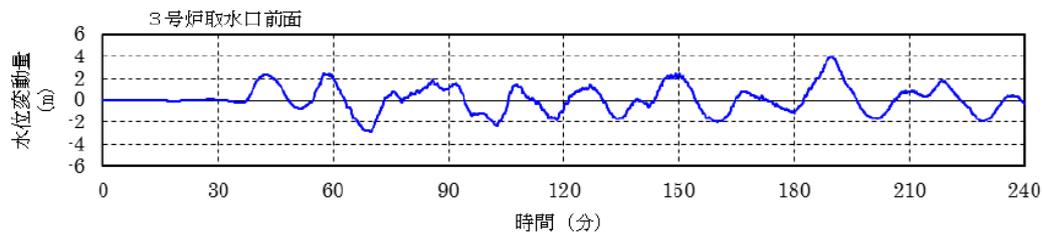
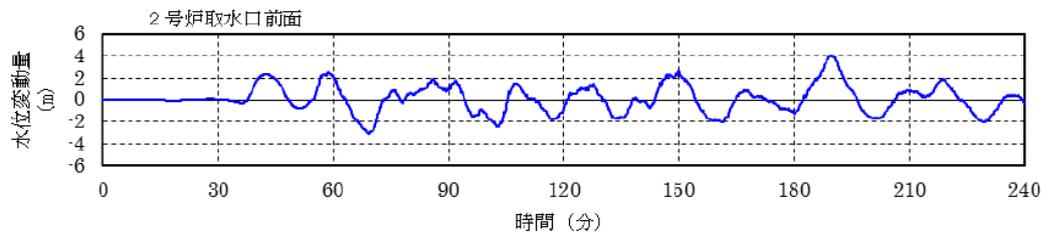
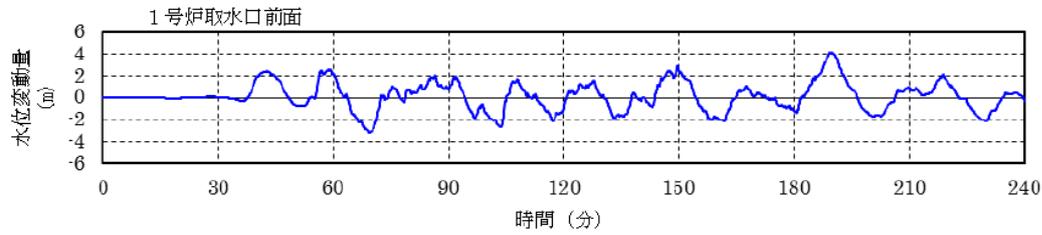


# 日本海東縁部（アスペリティモデル：水位下降側最大ケース）



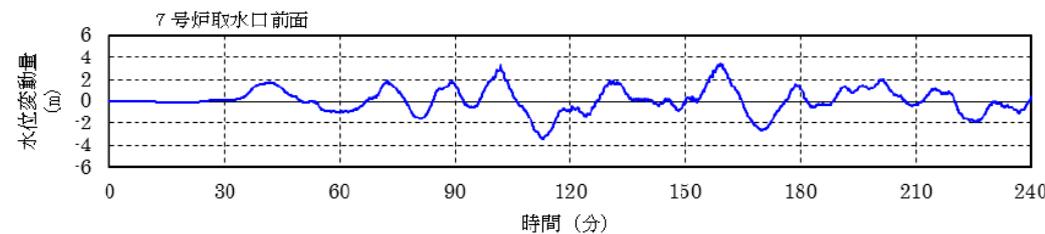
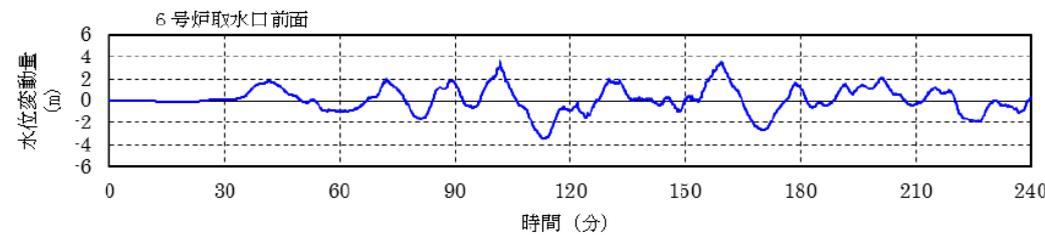
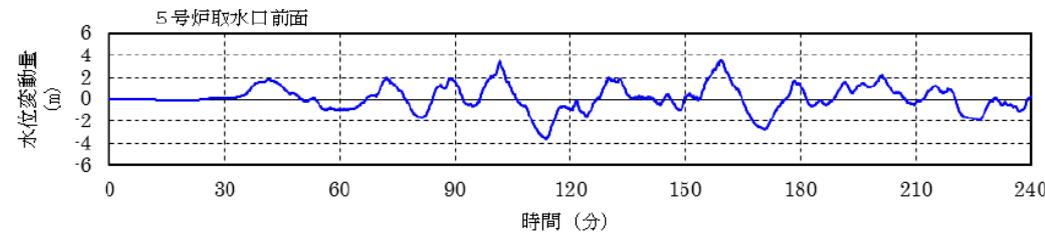
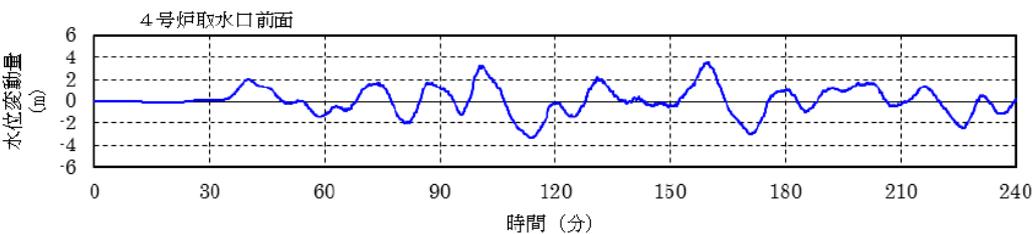
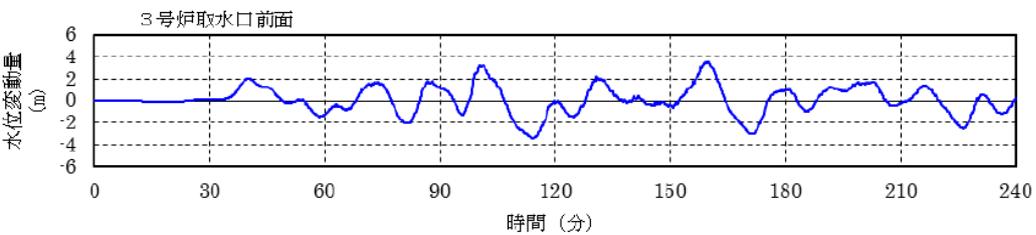
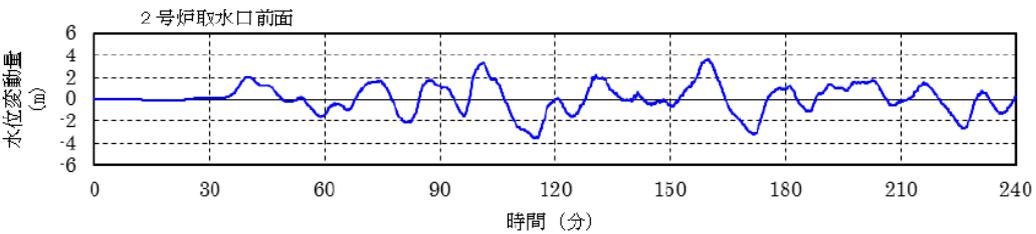
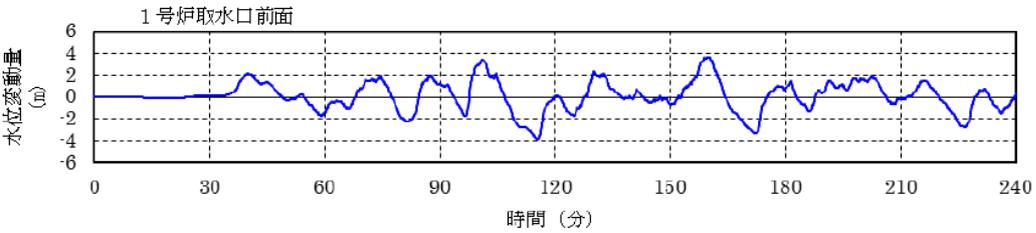
# 日本海東縁部（2領域モデル：土木学会手法水位上昇側最大ケース）

水位上昇側最大ケース（断層幅17km, Mw8.4）



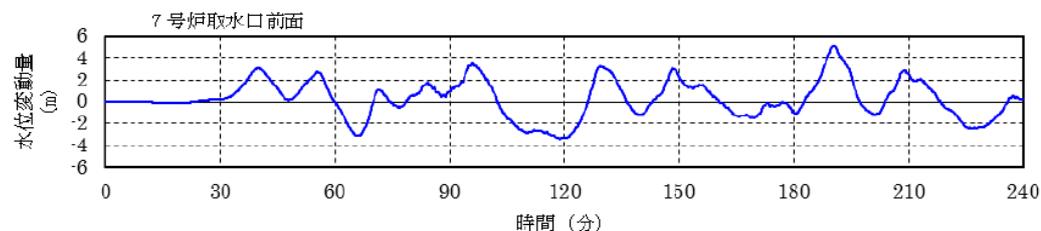
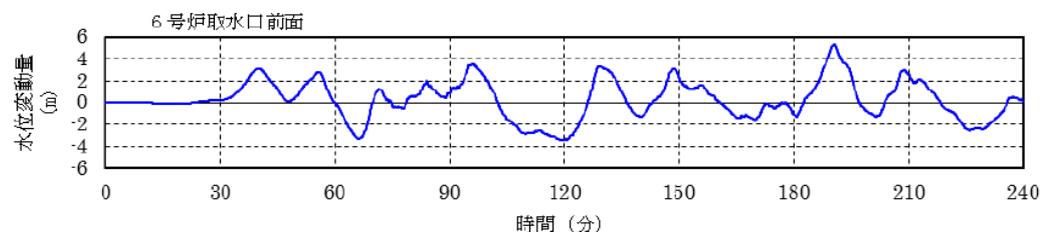
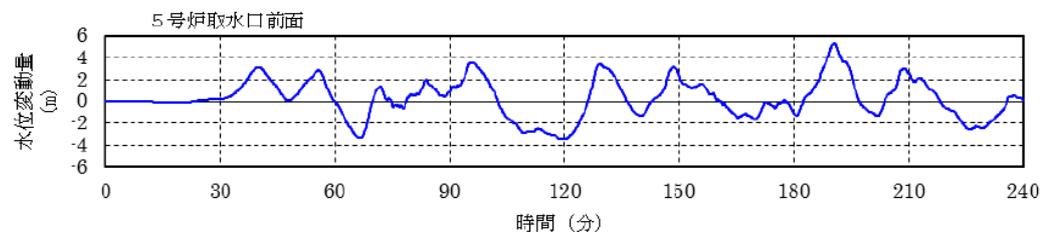
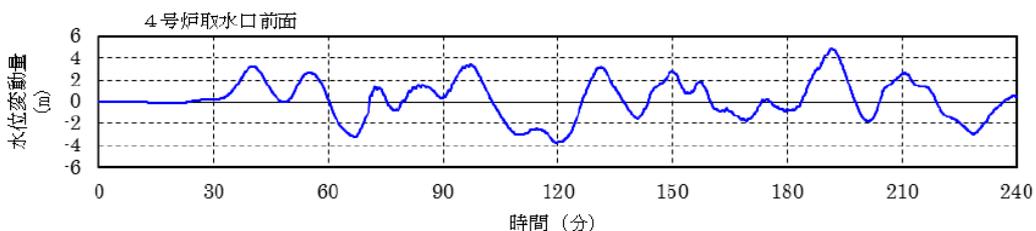
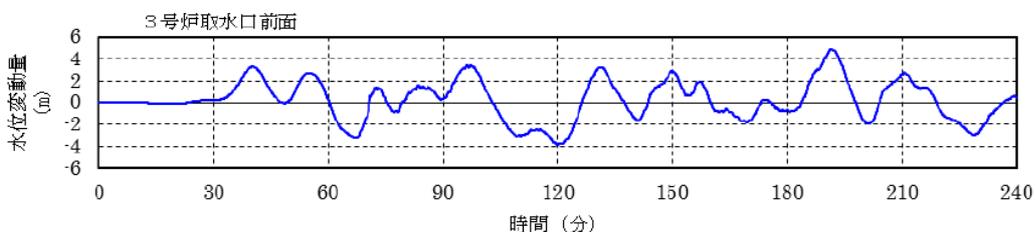
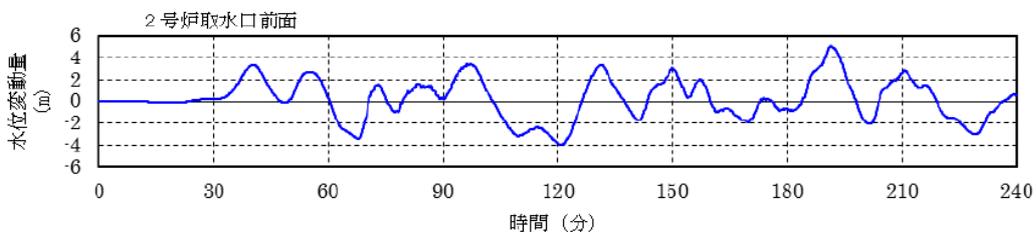
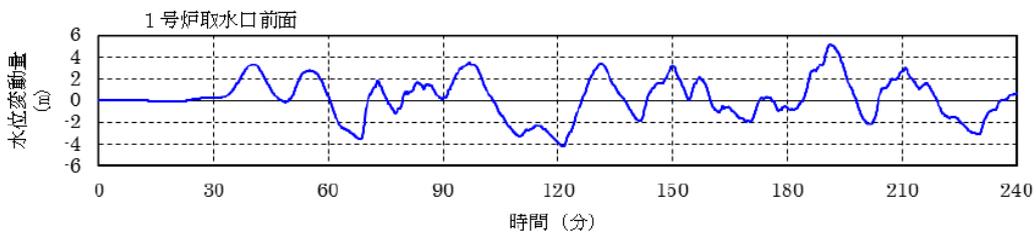
# 日本海東縁部（2領域モデル：土木学会手法水位下降最大ケース）

水位下降側最大ケース（断層幅17km, Mw8.4）



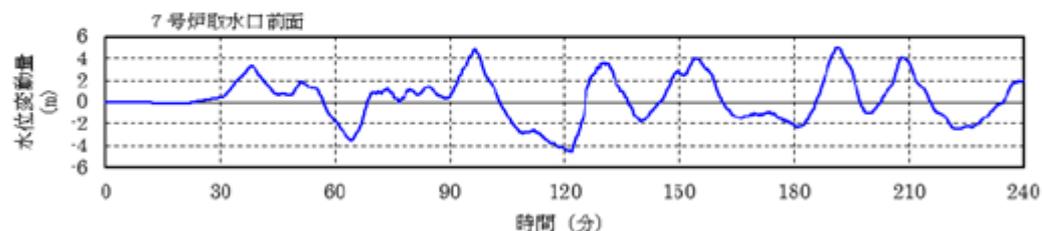
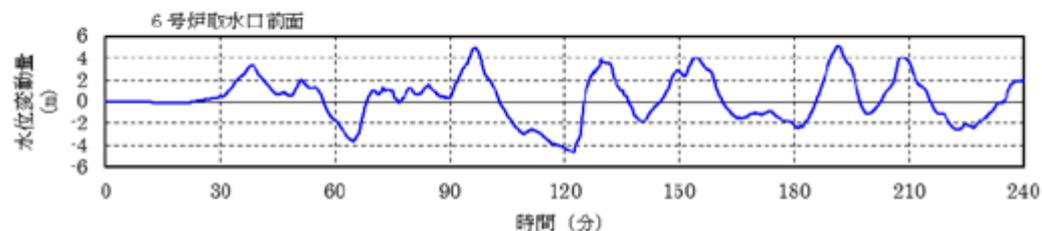
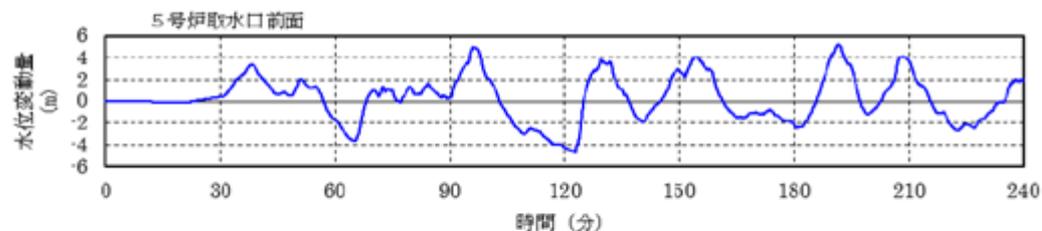
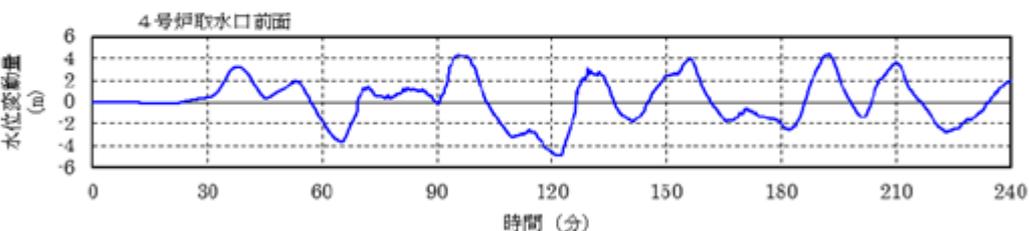
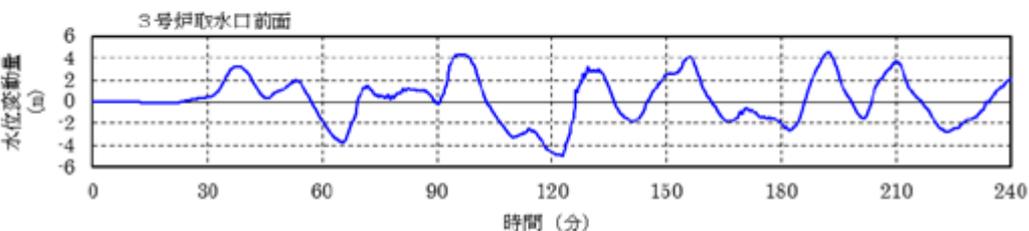
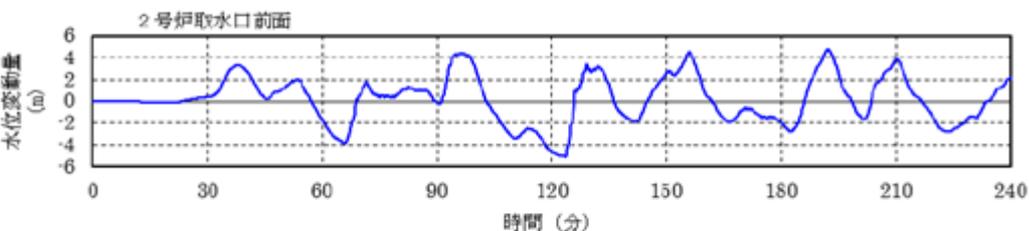
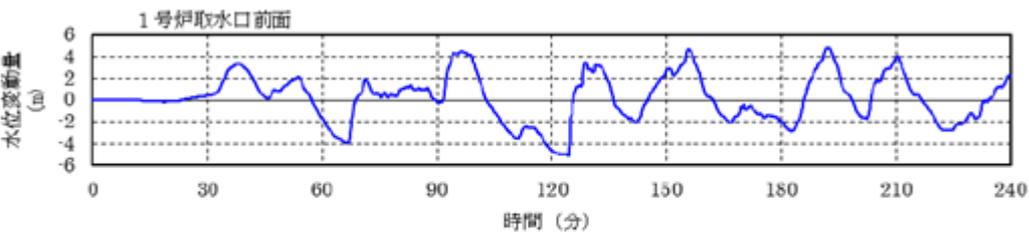
# 日本海東縁部（2領域モデル：強震動予測レシピ水位上昇側最大ケース）

## 水位上昇側最大ケース（Mw8.6）

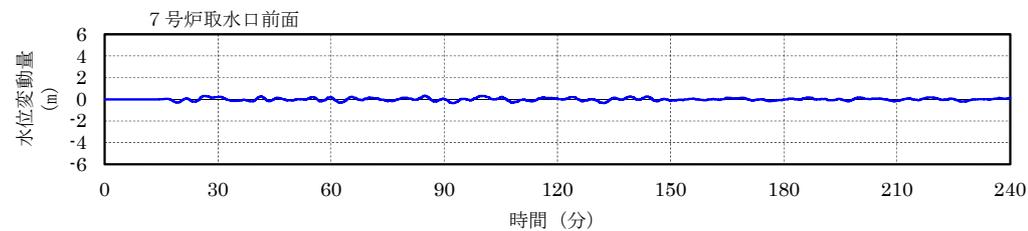
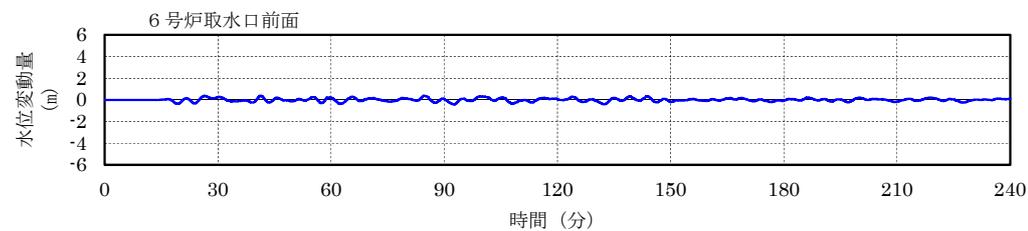
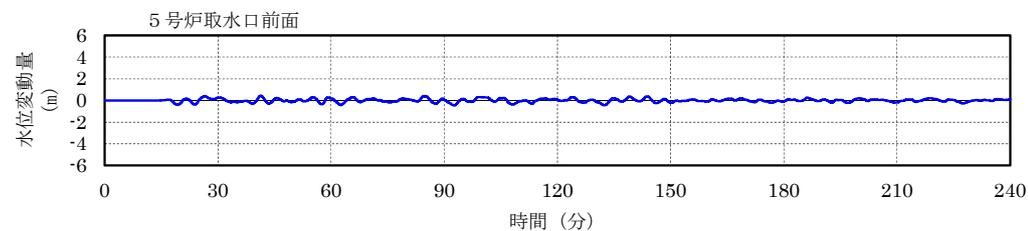
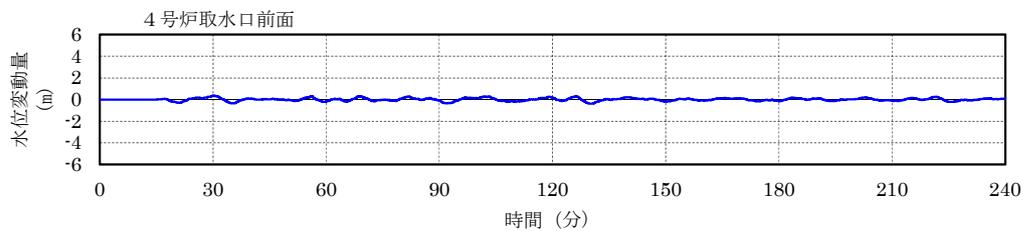
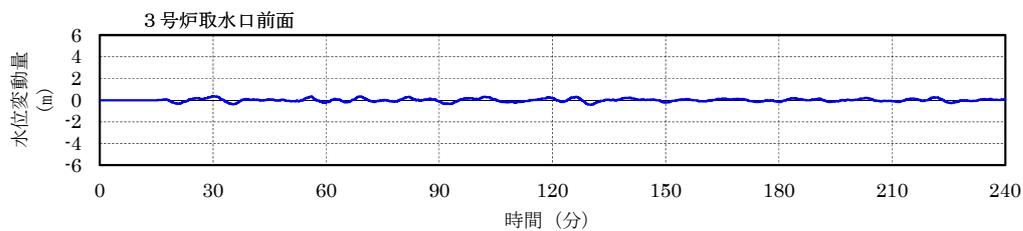
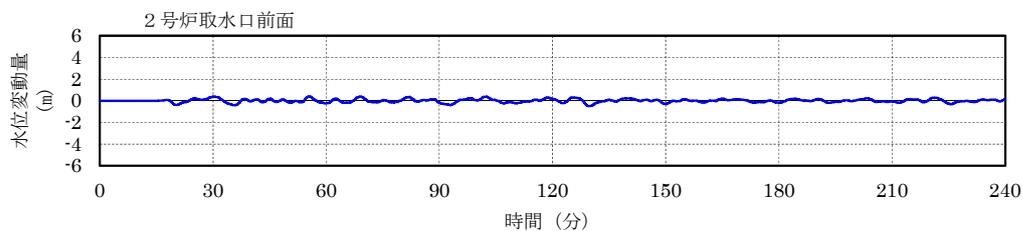
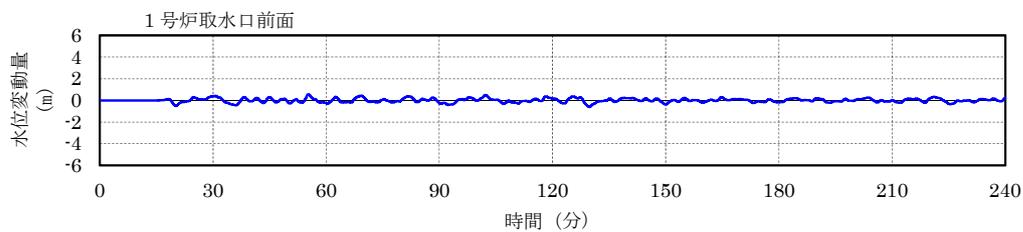


# 日本海東縁部（2領域モデル：強震動予測レシピ水位下降側最大ケース）

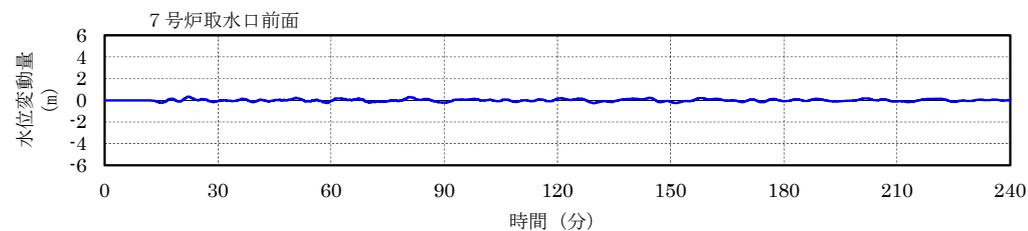
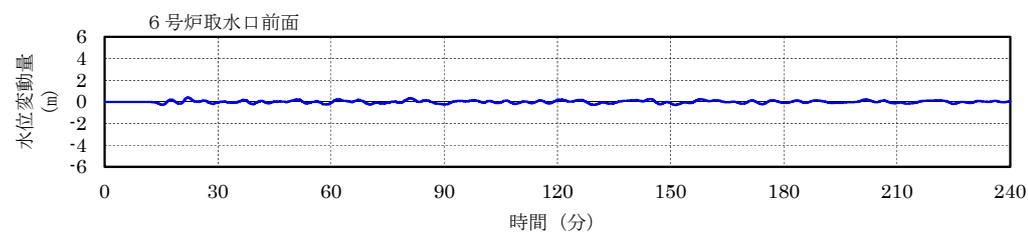
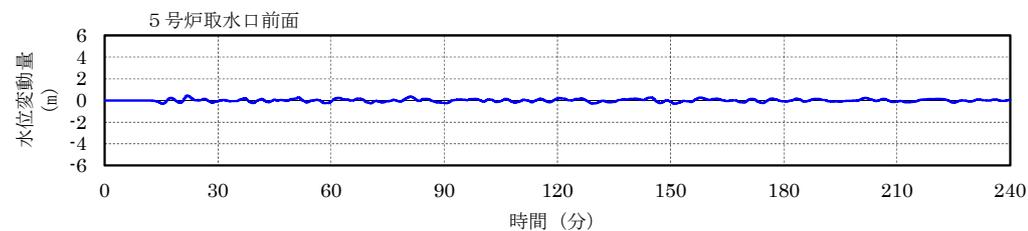
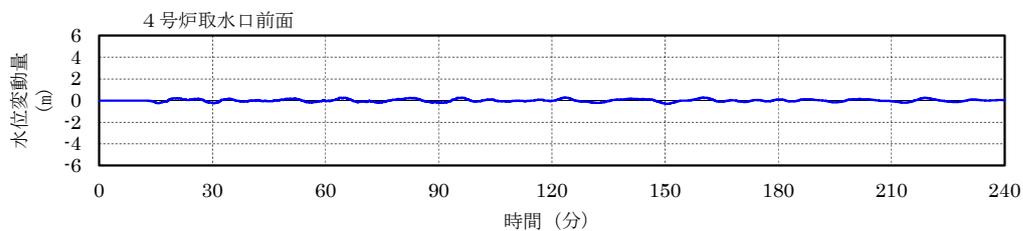
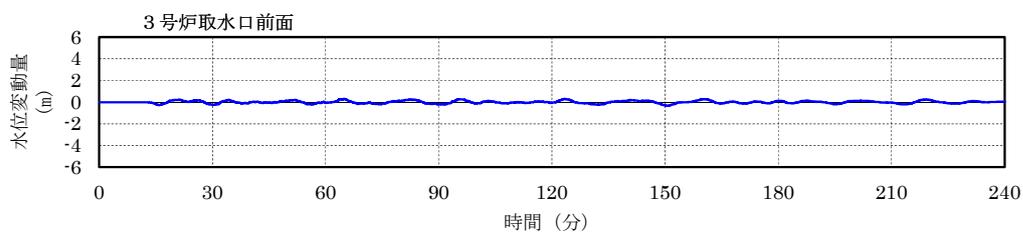
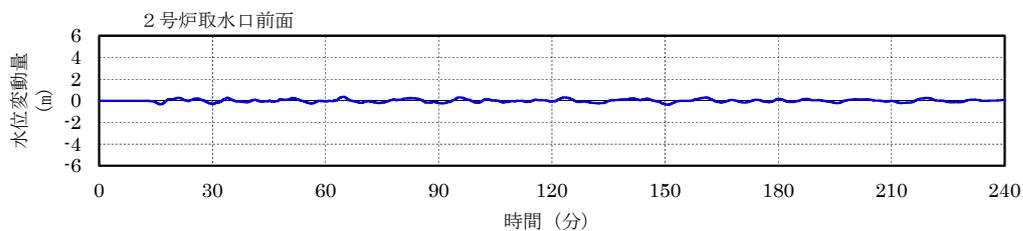
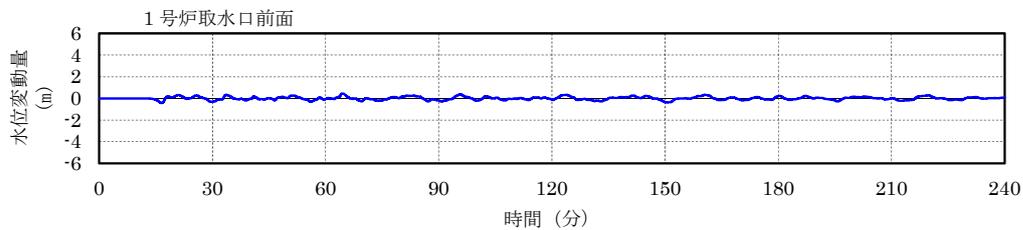
## 水位下降側最大ケース（Mw8.6）



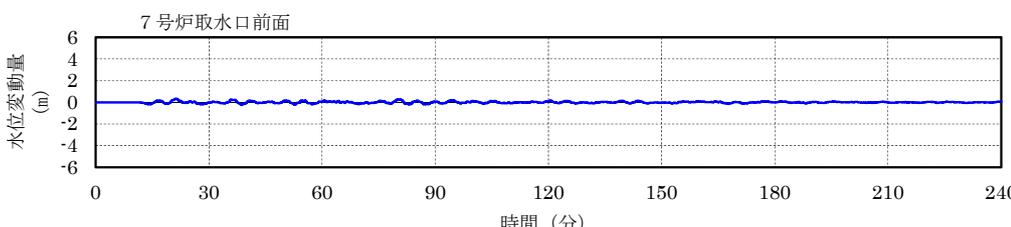
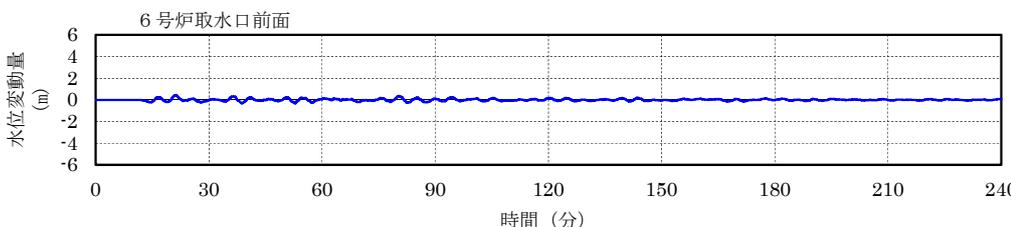
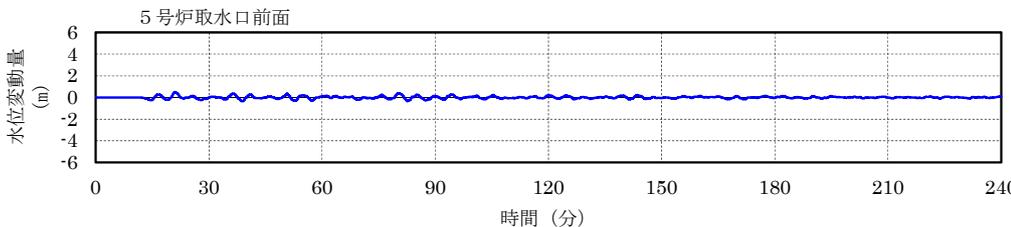
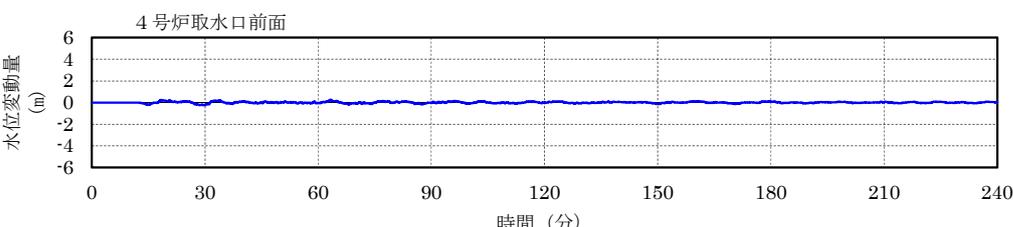
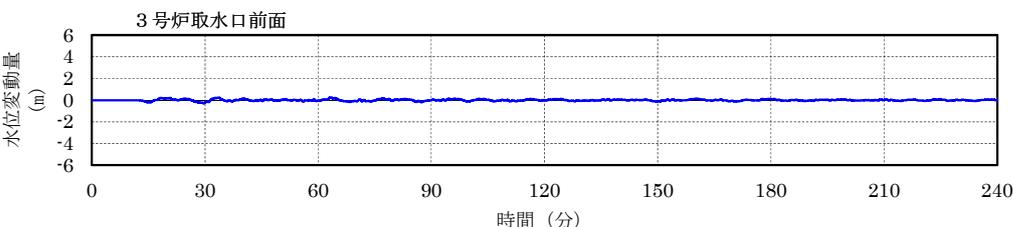
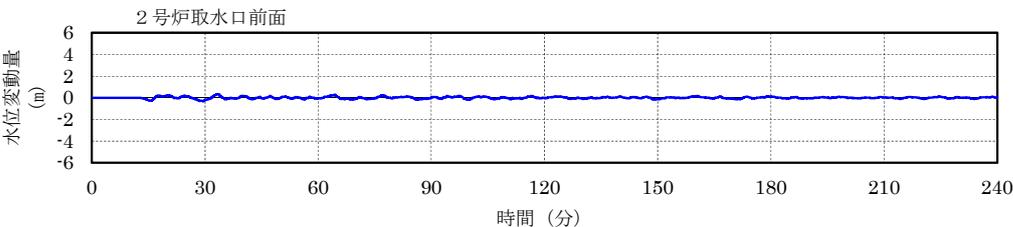
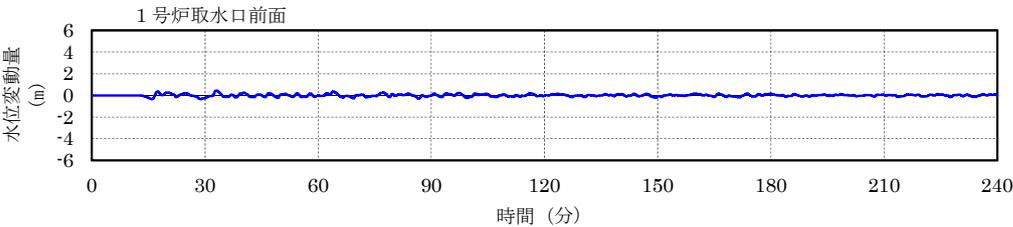
# 海底地すべりによる津波 (Wattsらの予測式に基づく手法: LS-1)



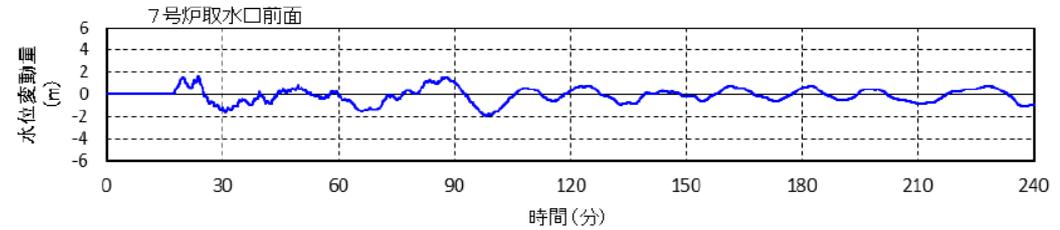
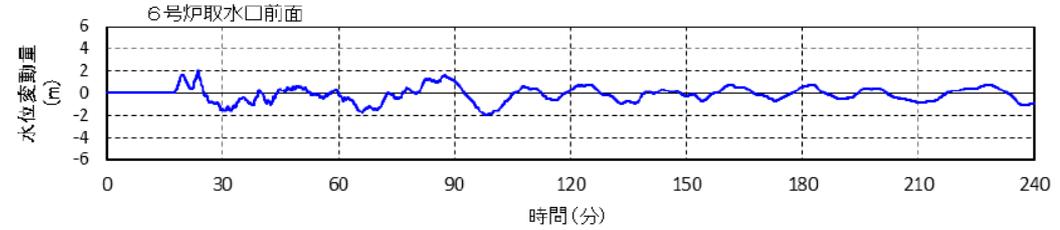
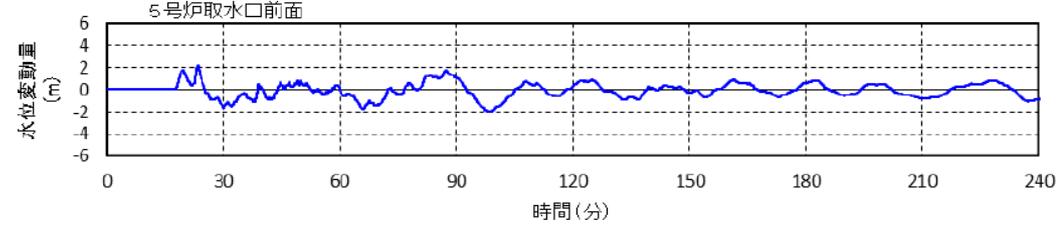
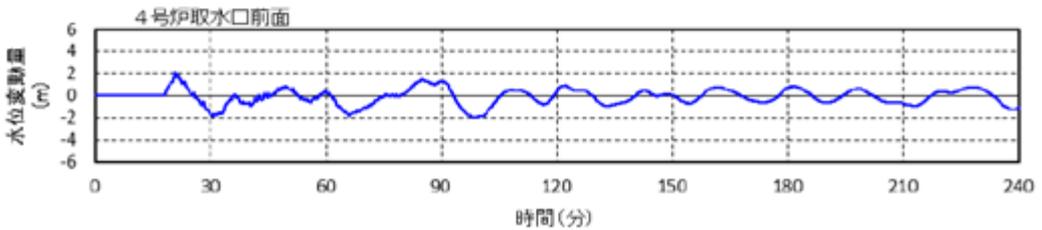
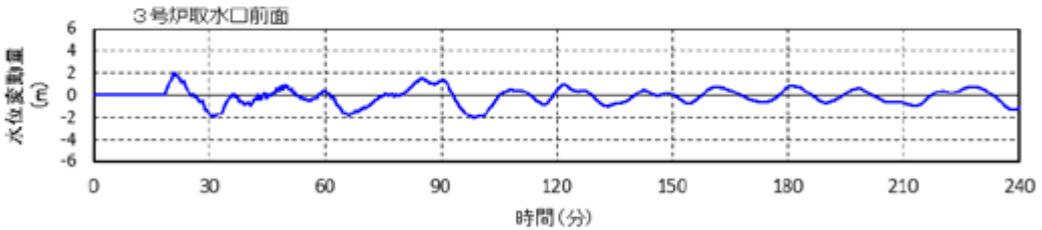
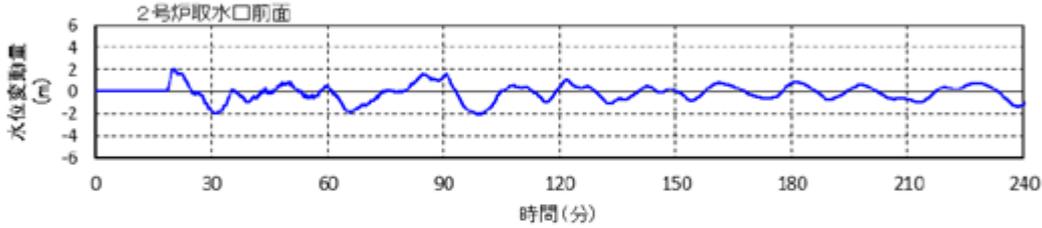
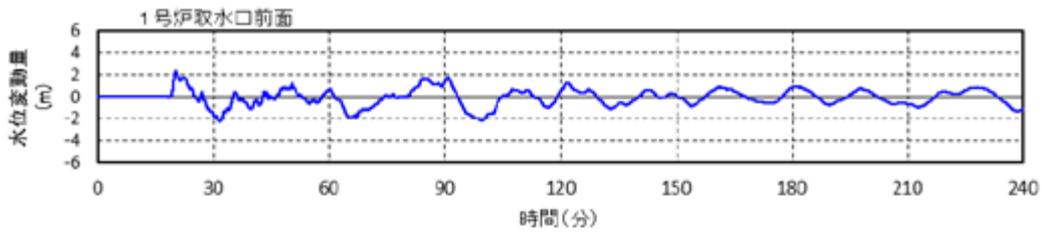
# 海底地すべりによる津波（Wattsらの予測式に基づく手法：LS-2）



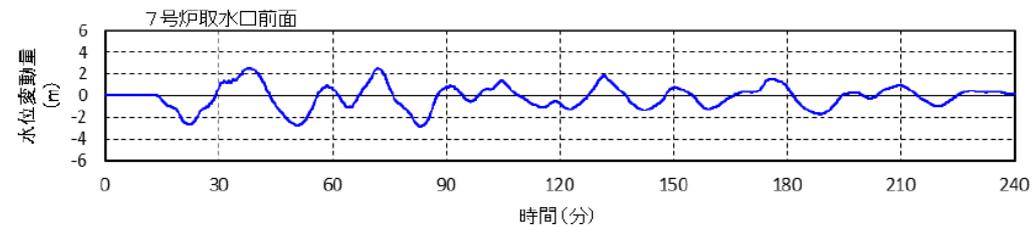
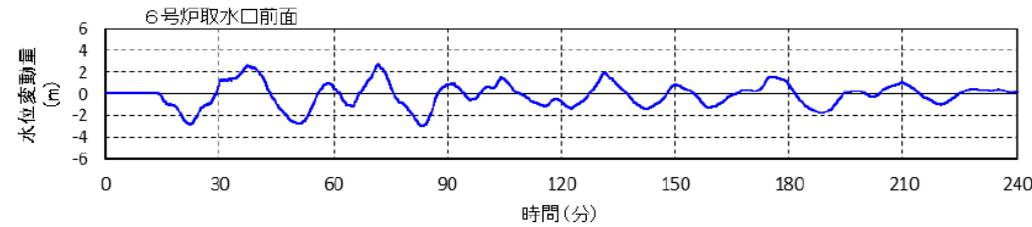
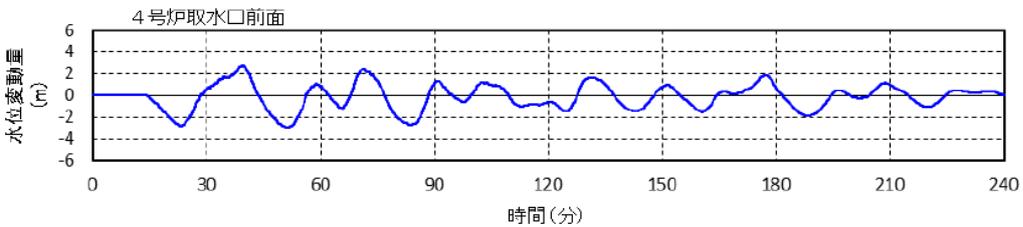
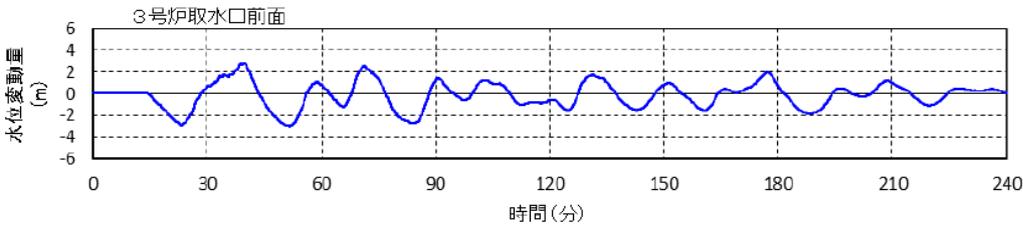
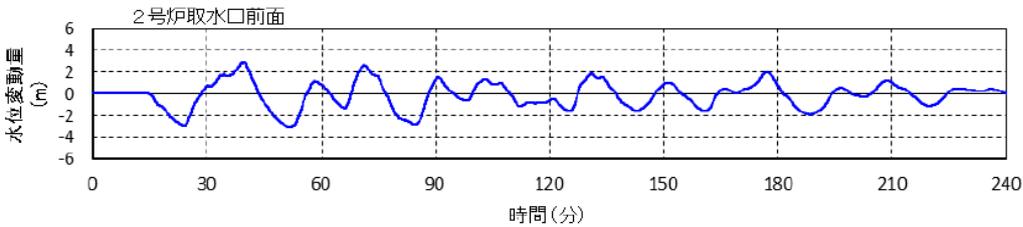
# 海底地すべりによる津波 (Wattsらの予測式に基づく手法: LS-3)



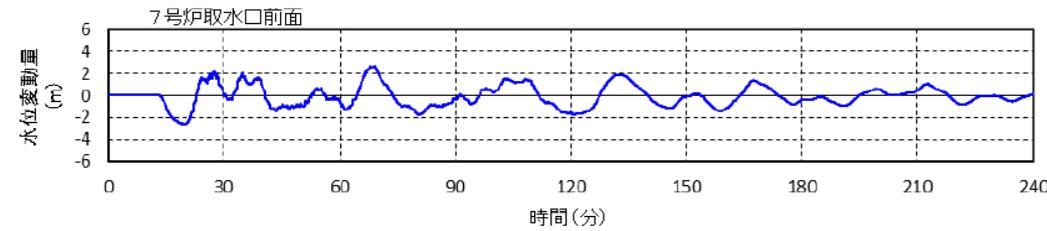
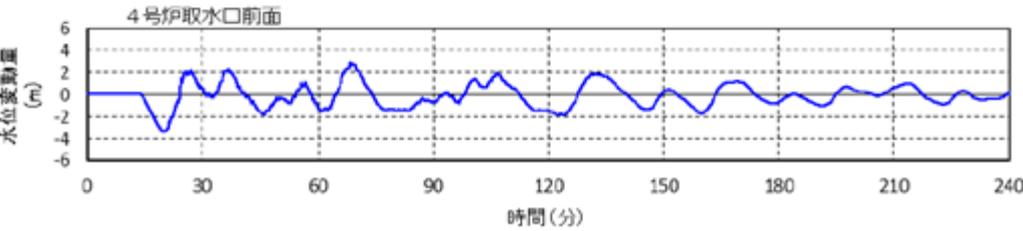
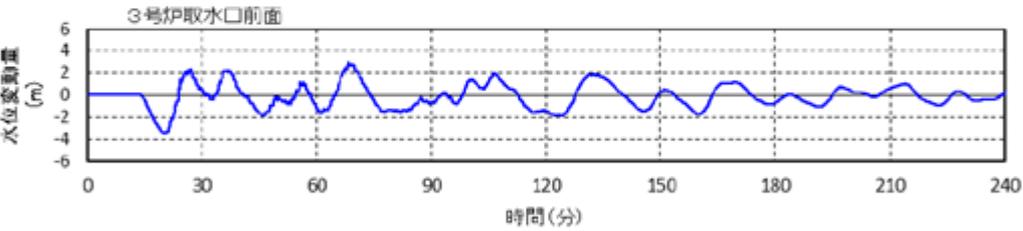
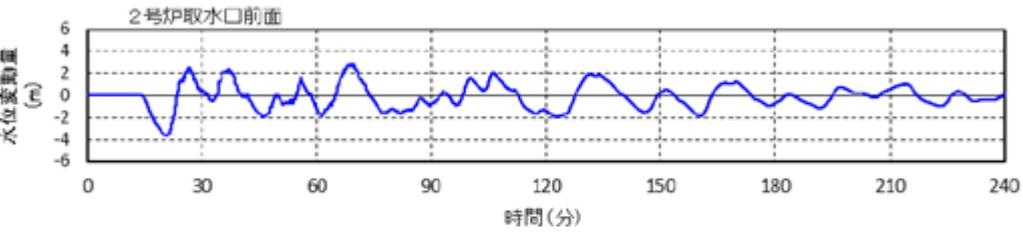
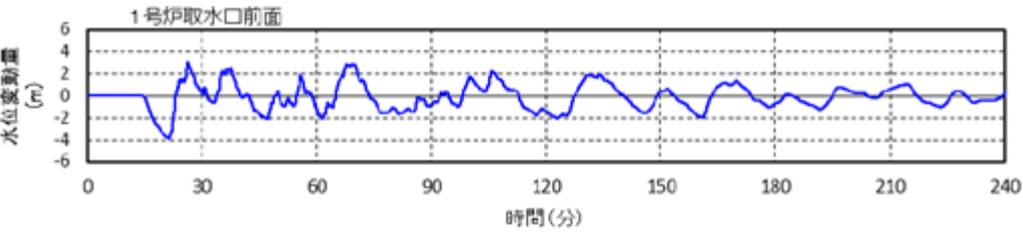
# 海底地すべりによる津波（二層流モデルに基づく手法：LS-1）



# 海底地すべりによる津波（二層流モデルに基づく手法：LS-2）



# 海底地すべりによる津波（二層流モデルに基づく手法：LS-3）



---

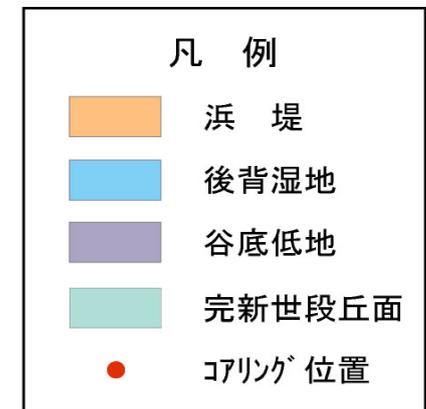
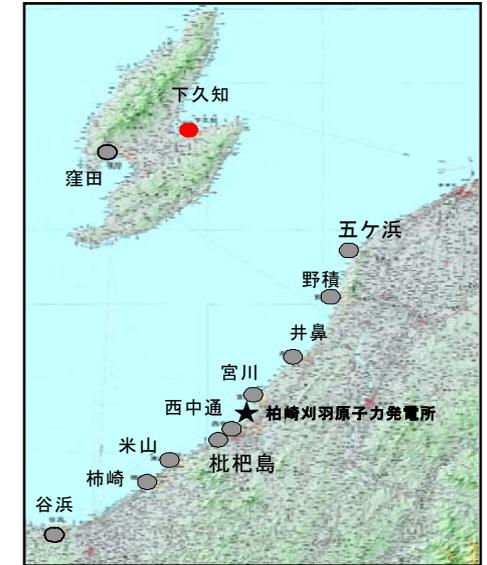
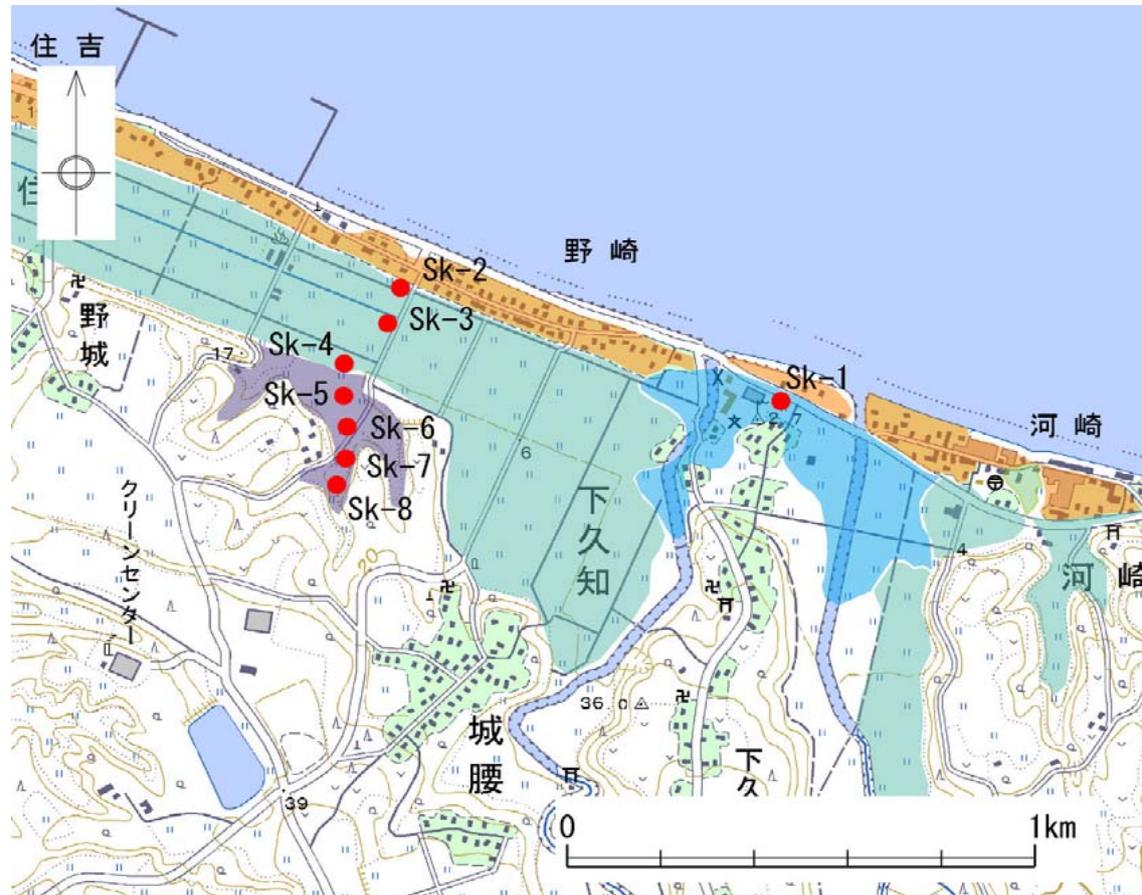
## 4. 津波堆積物調査（資料集）

# 津波堆積物調査地点の選定

## 【佐渡市：下久知】

### ●選定理由

- ①浜堤の背後に低地（後背湿地，段丘，谷底低地）が存在し，泥炭層や腐植質泥層などが分布することが期待され，津波堆積物が残存する可能性がある。
- ②近傍の加茂湖における既存調査において，津波堆積物の可能性が指摘されている。



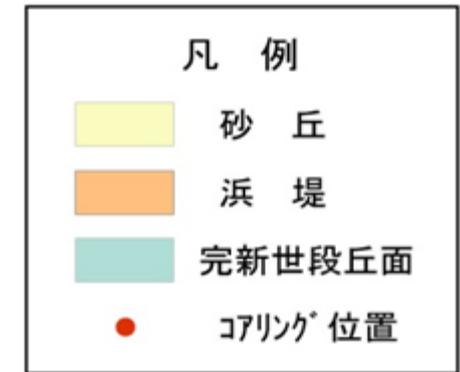
下久知地点の調査位置図

# 津波堆積物調査地点の選定

## 【佐渡市：窪田】

### ●選定理由

- ①浜堤の背後に低地（完新世段丘）が存在し、泥炭層や腐植質泥層が分布することが期待され、津波堆積物が残存する可能性がある。

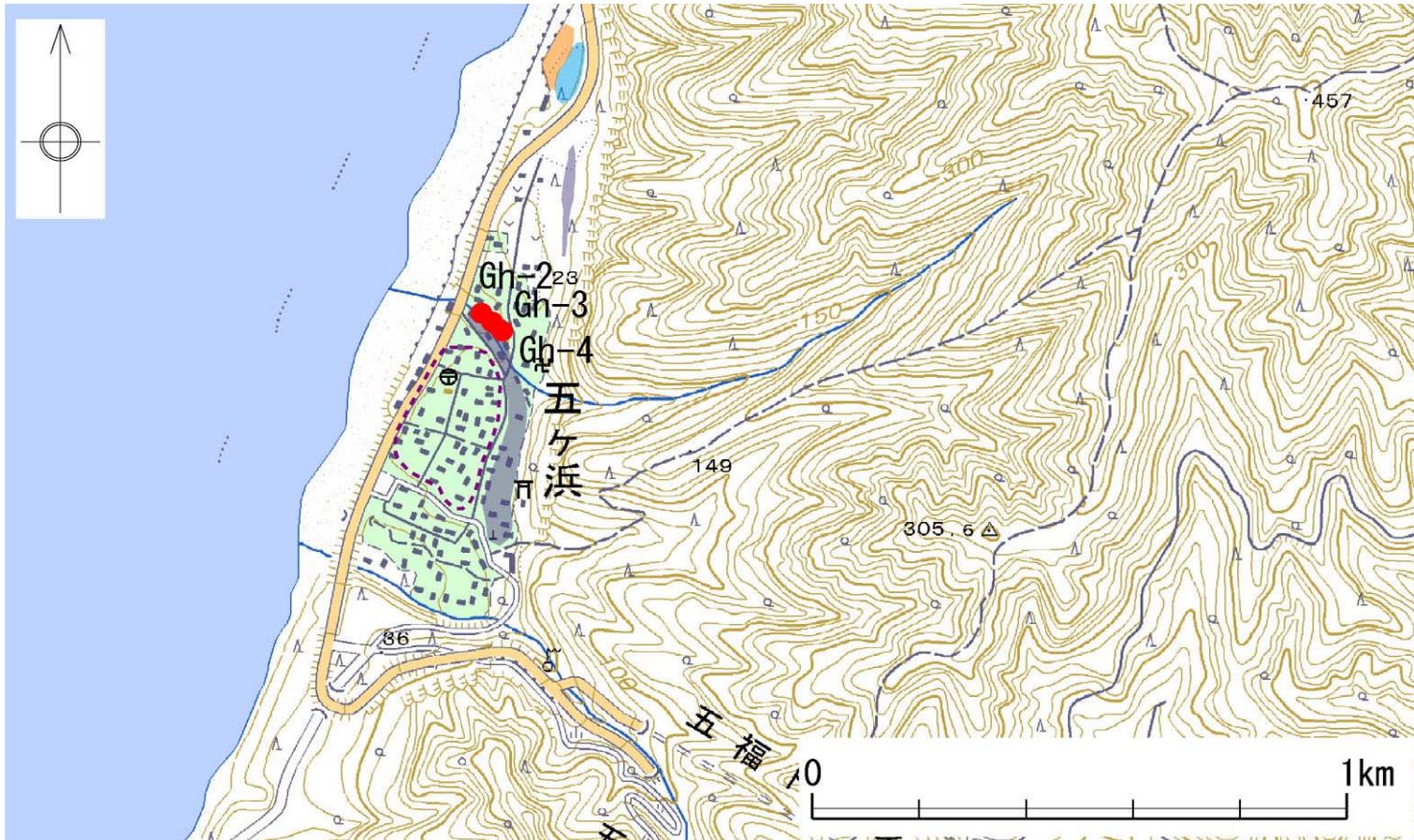


窪田地点の調査位置図

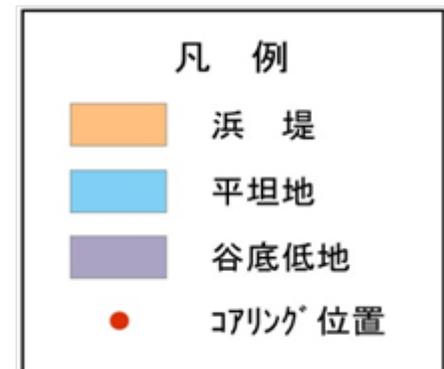
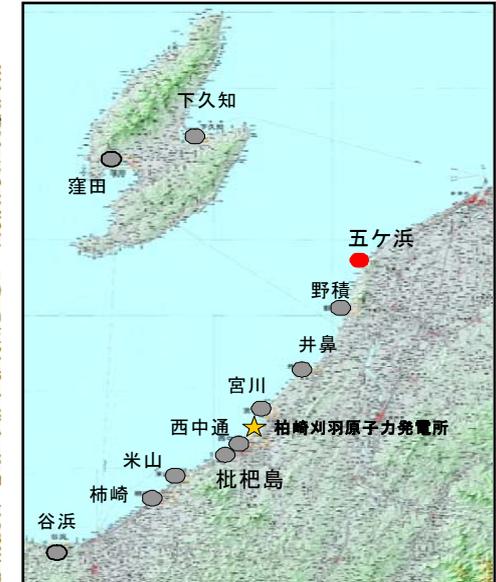
# 津波堆積物調査地点の選定 【新潟市：五ヶ浜】

## ●選定理由

- ①海岸付近に段丘が下刻された谷底低地が分布しており、泥炭層や腐植質泥層が分布することが期待され、津波堆積物が残存する可能性がある。
- ②近傍の角田地区において、津波来襲の伝承が残る。



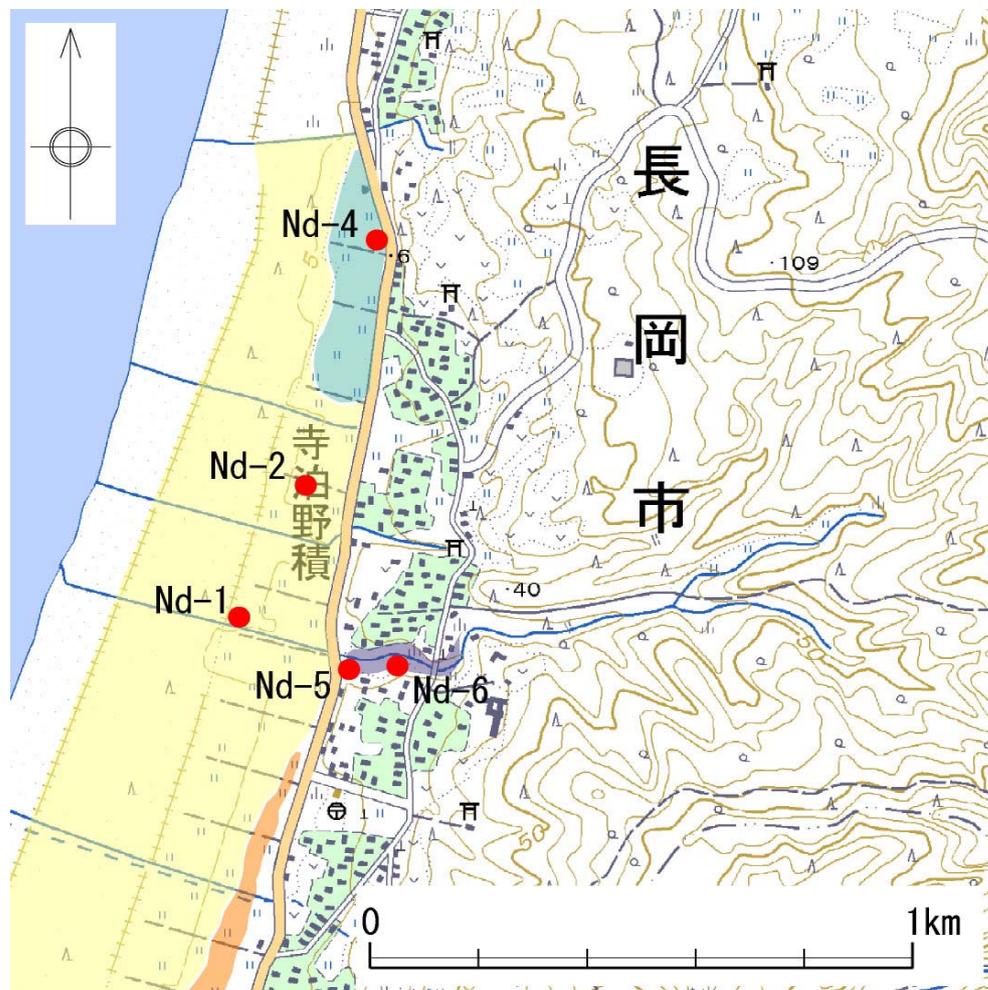
五ヶ浜地点の調査位置図



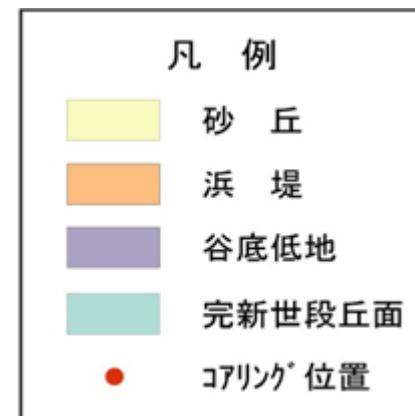
# 津波堆積物調査地点の選定 【長岡市：野積】

## ● 選定理由

- ① 砂丘の背後に低地（完新世段丘，谷底低地）が存在しており，泥炭層や腐植質泥層が分布することが期待され，津波堆積物が残存する可能性がある。



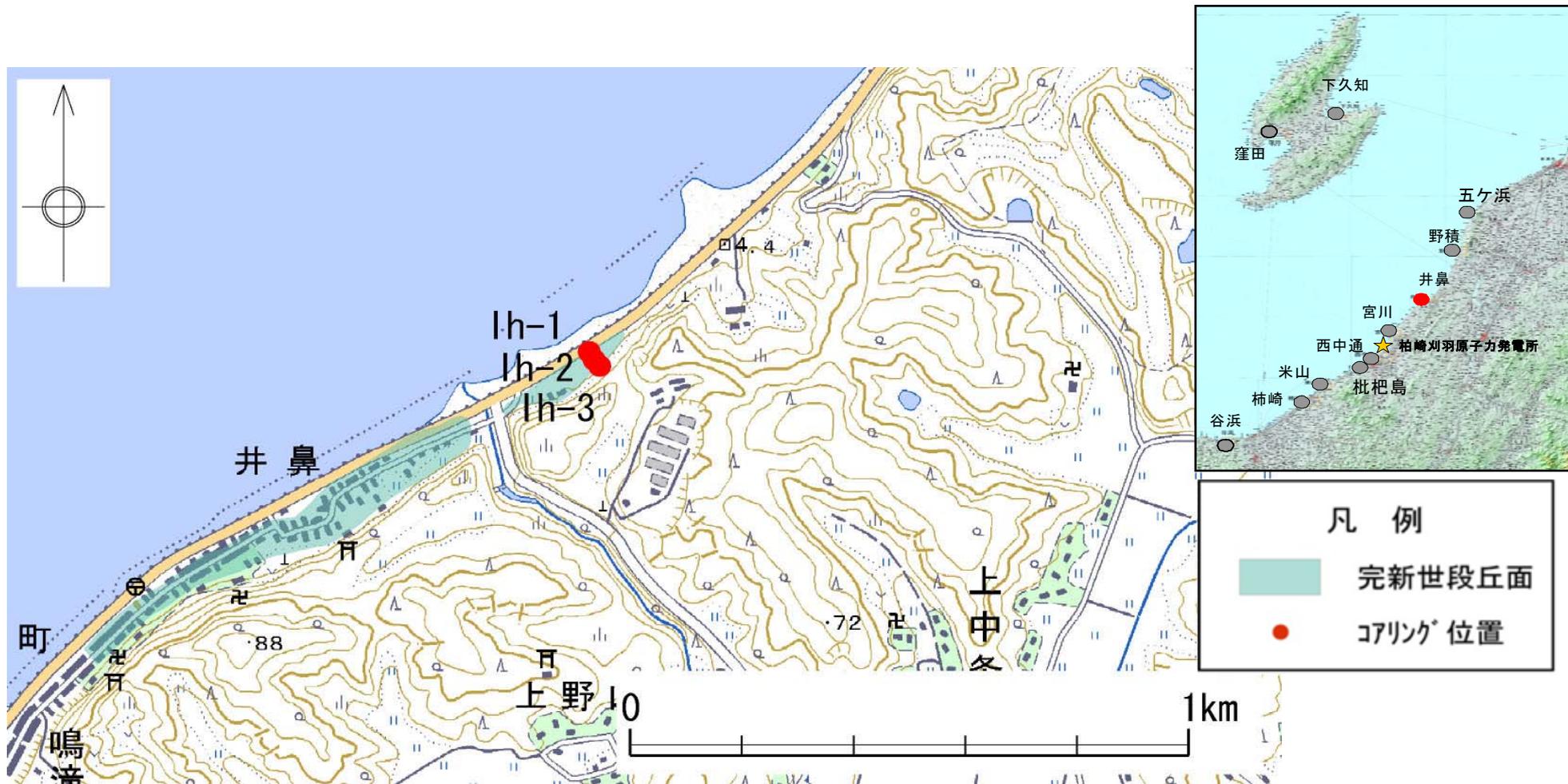
野積地点の調査位置図



# 津波堆積物調査地点の選定 【長岡市：井鼻】

## ●選定理由

①海岸付近に段丘面が分布しており、段丘面に遡上した津波による津波堆積物が残存する可能性がある。

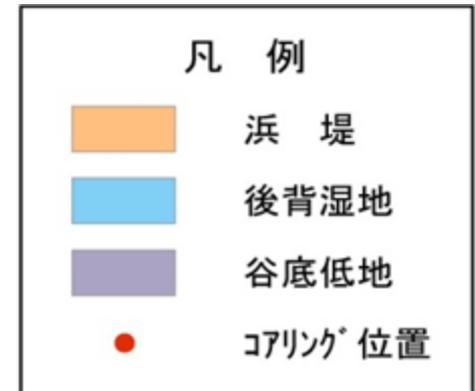
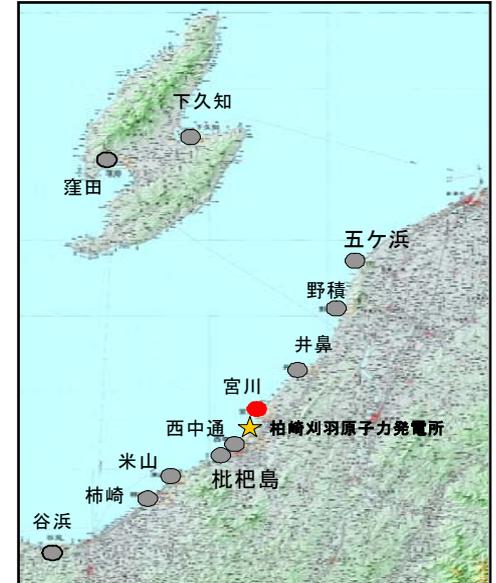
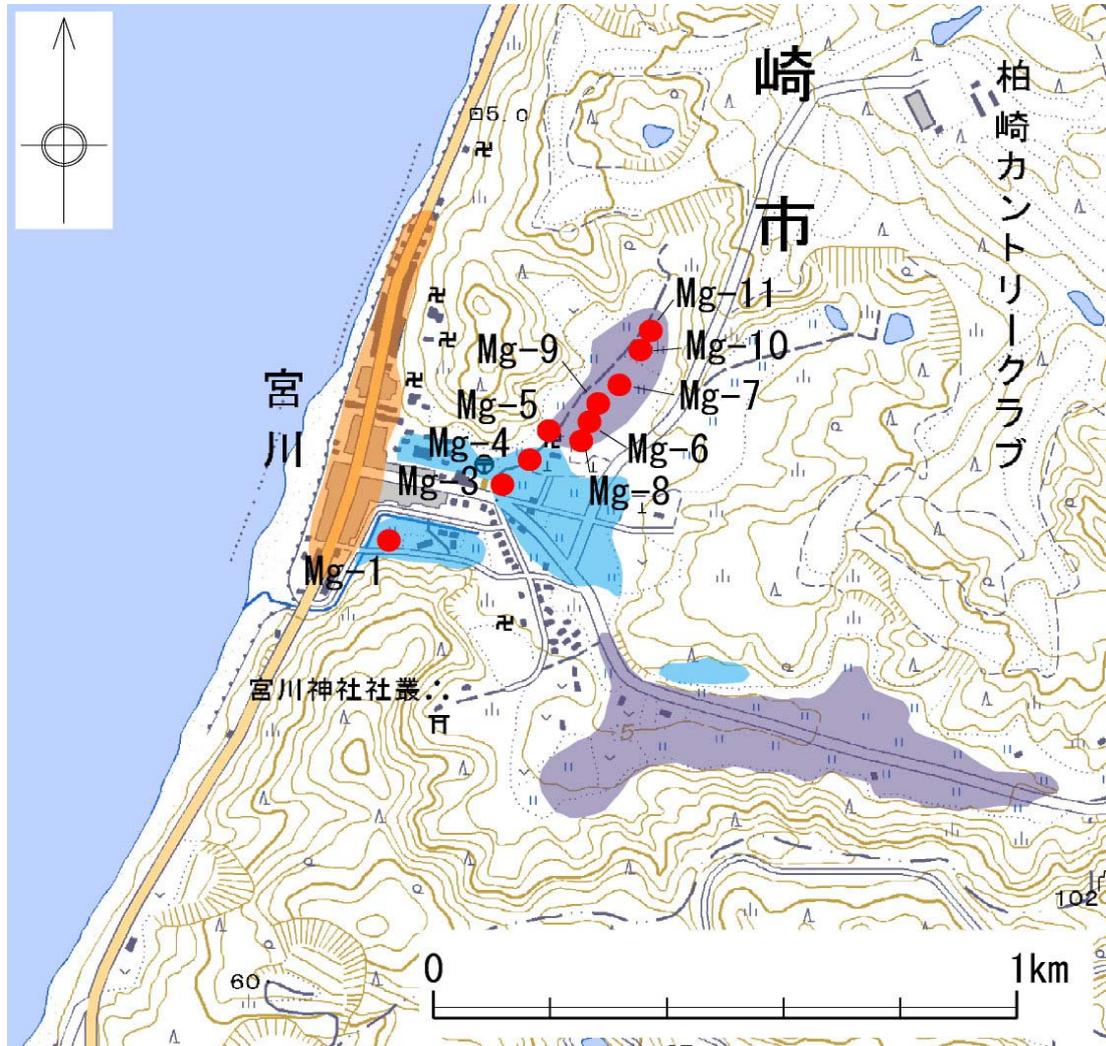


井鼻地点の調査位置図

# 津波堆積物調査地点の選定 【柏崎市：宮川】

## ● 選定理由

- ① 浜堤の背後に低地（後背湿地，谷底低地）が存在し，泥炭層や腐植質泥層が分布することが期待され，津波堆積物が残存する可能性がある。

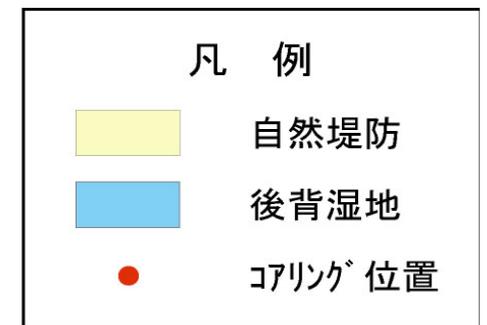
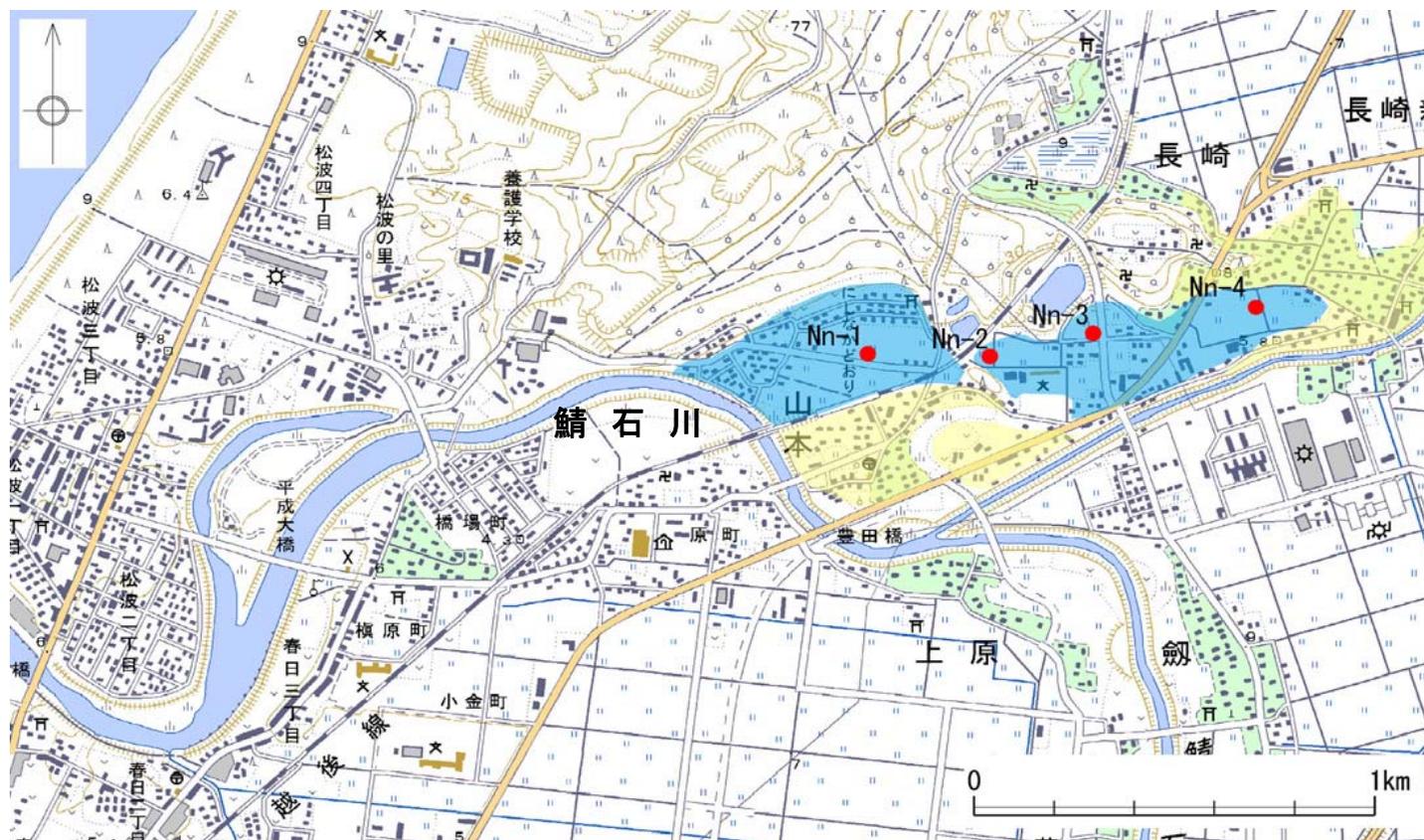


宮川地点の調査位置図

# 津波堆積物調査地点の選定 【柏崎市：西中通】

## ●選定理由

- ①鯖石川の自然堤防の背後に低地（後背湿地）が存在し、泥炭層や腐植質泥層が分布することが期待され、鯖石川を遡上した津波による津波堆積物が残存する可能性がある。

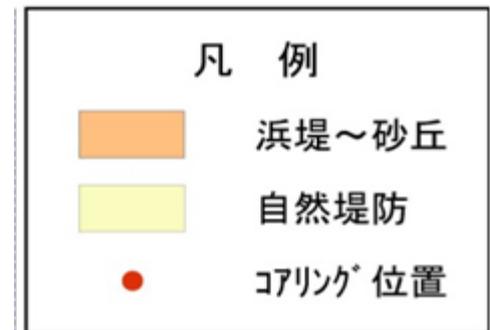
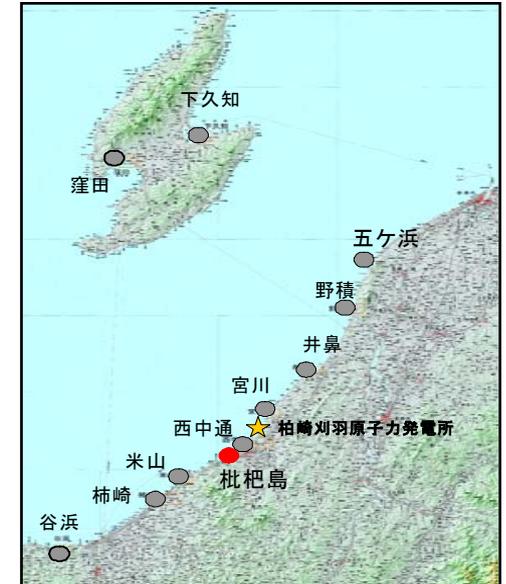
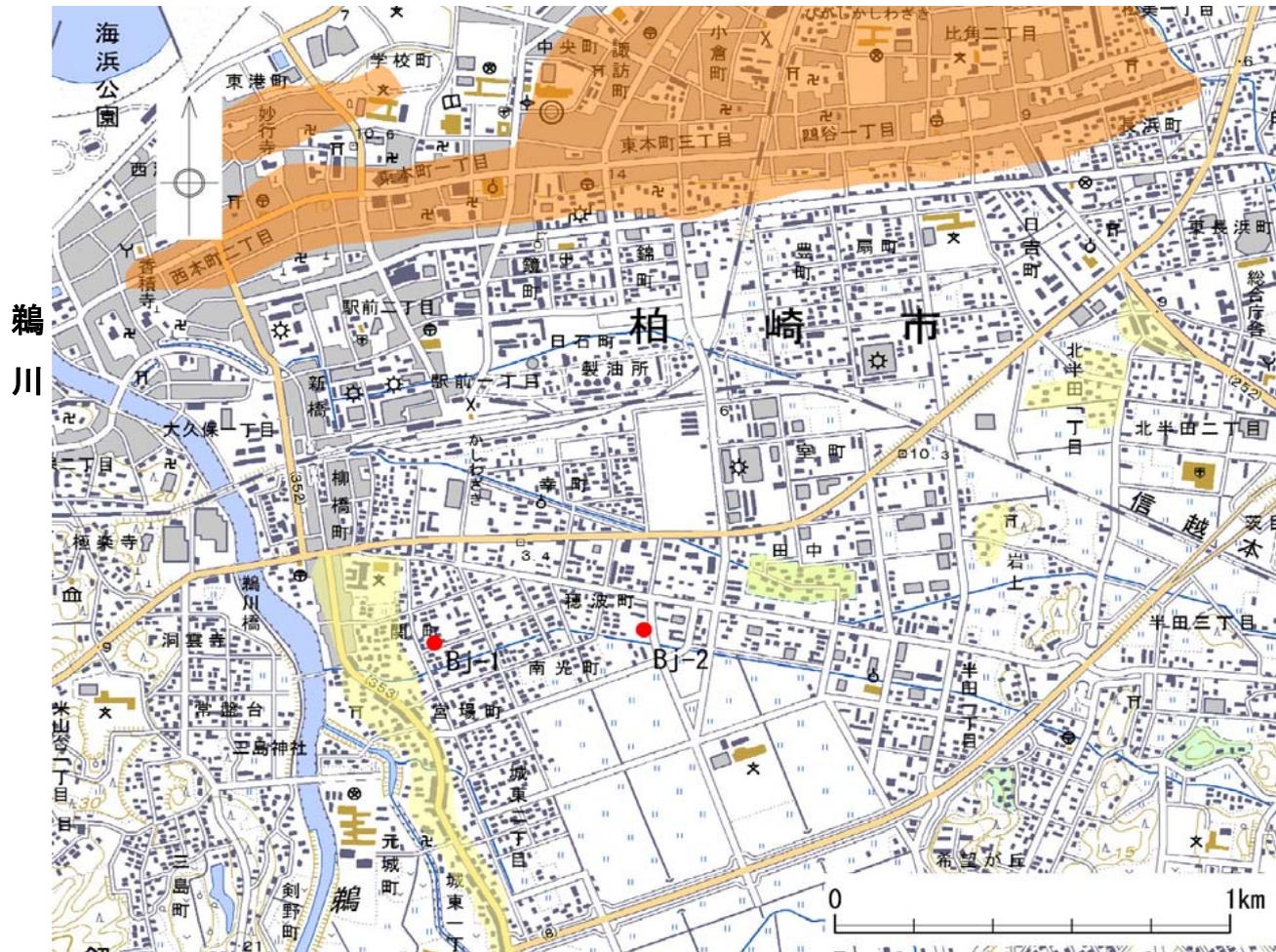


西中通地点の調査位置図

# 津波堆積物調査地点の選定 【柏崎市：枇杷島】

## ●選定理由

- ①鵜川の自然堤防の背後に低地（沖積低地）が存在し、泥炭層や腐植質泥層が分布することが期待され、鵜川を遡上した津波による津波堆積物が残存する可能性がある。



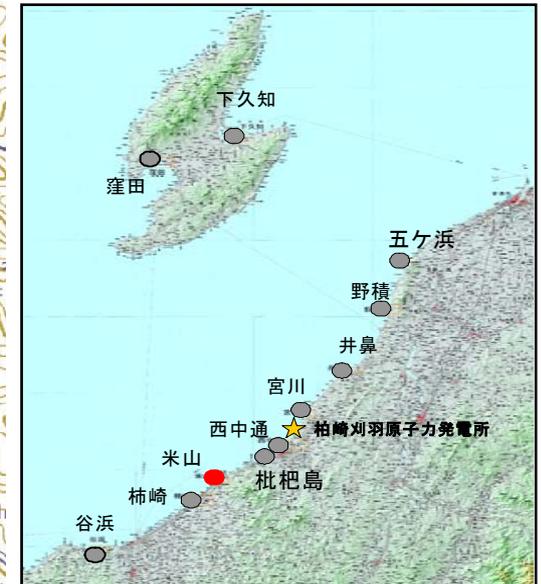
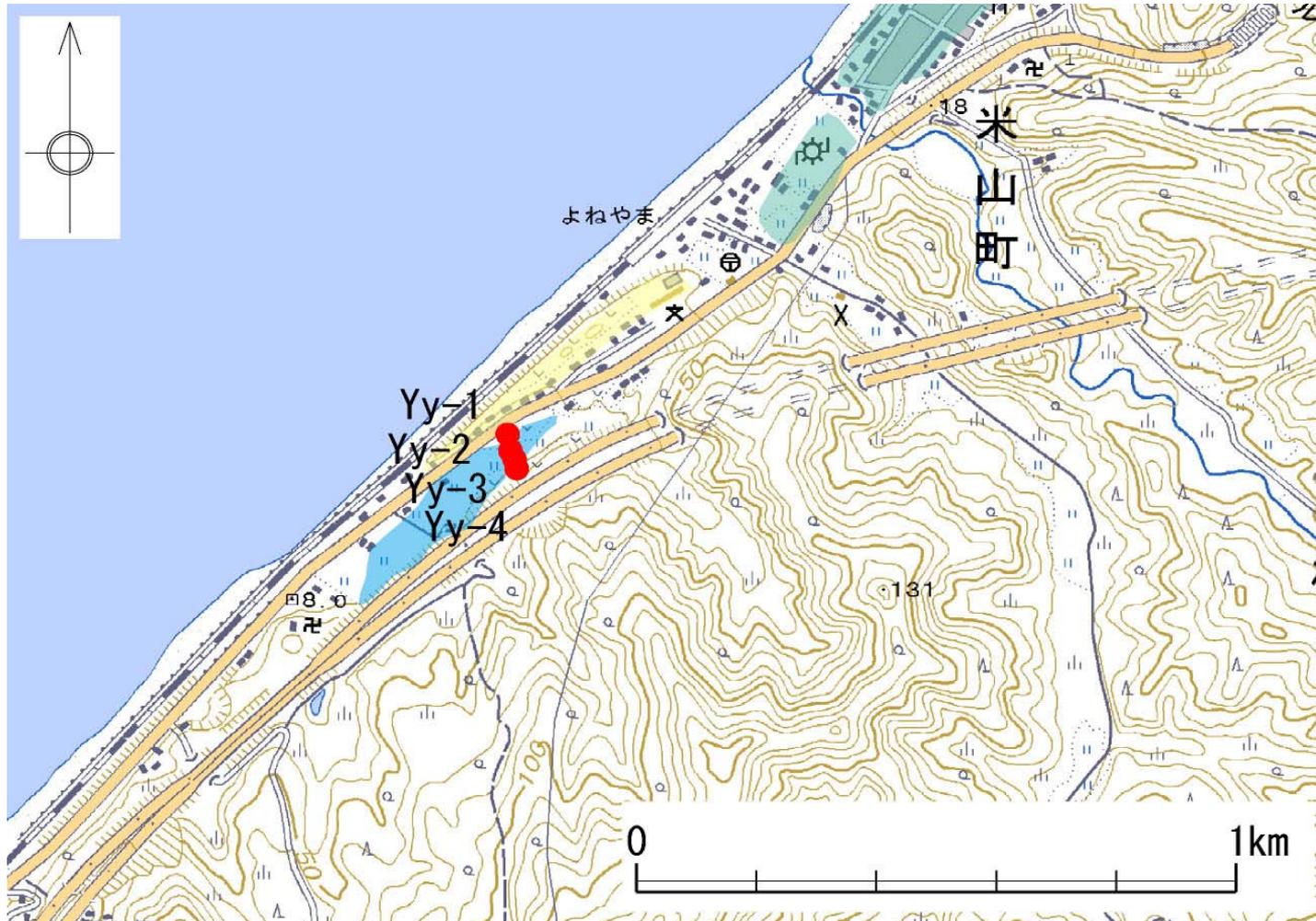
枇杷島地点の調査位置図

# 津波堆積物調査地点の選定

## 【柏崎市：米山】

### ● 選定理由

- ① 砂丘の背後に低地（後背湿地）が分布しており、泥炭層や腐植質泥層が分布することが期待され、津波堆積物が残存する可能性がある。



米山地点の調査位置図

# 津波堆積物調査地点の選定

## 【上越市：柿崎】

### ●選定理由

- ①柿崎川の自然堤防の背後に低地（沖積低地）が存在し、泥炭層や腐植質泥層が分布することが期待され、柿崎川を遡上した津波による津波堆積物が残存する可能性がある。



柿崎地点の調査位置図

# 津波堆積物調査地点の選定

## 【上越市：谷浜】

### ●選定理由

①海岸付近に段丘面が分布しており、段丘面に遡上した津波による津波堆積物が残存する可能性がある。



谷浜地点の調査位置図



### 凡 例

- 完新世段丘(低)
- 完新世段丘(高)
- コアリング位置

# 津波堆積物調査結果

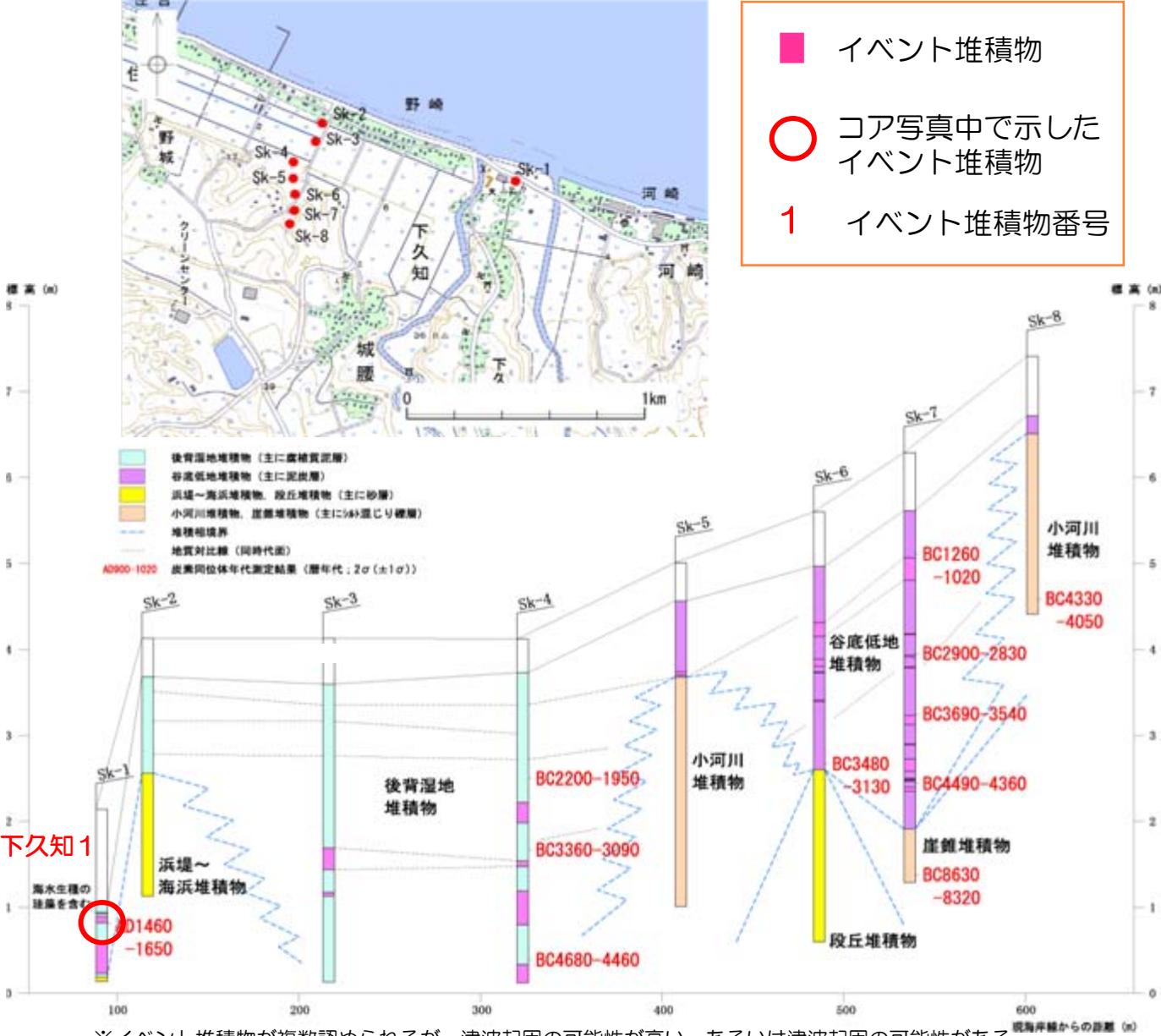
## 【下久知地点①】

### Sk-1のコア写真

- イベント堆積物
- コア写真中で示したイベント堆積物
- 1 イベント堆積物番号



下久知1



海水生種  
24/126体

標高0.94m  
(深度1.20m)

海水生種  
5/70体

標高0.82m  
(深度1.32m)

【評価】  
層相は、腐植粘土塊を含み、上方細粒化が認められ、下面境界が明瞭であり、海水生種の珪藻が認められた。高潮起因の可能性もあるが、**津波起因の可能性が高い**と評価。

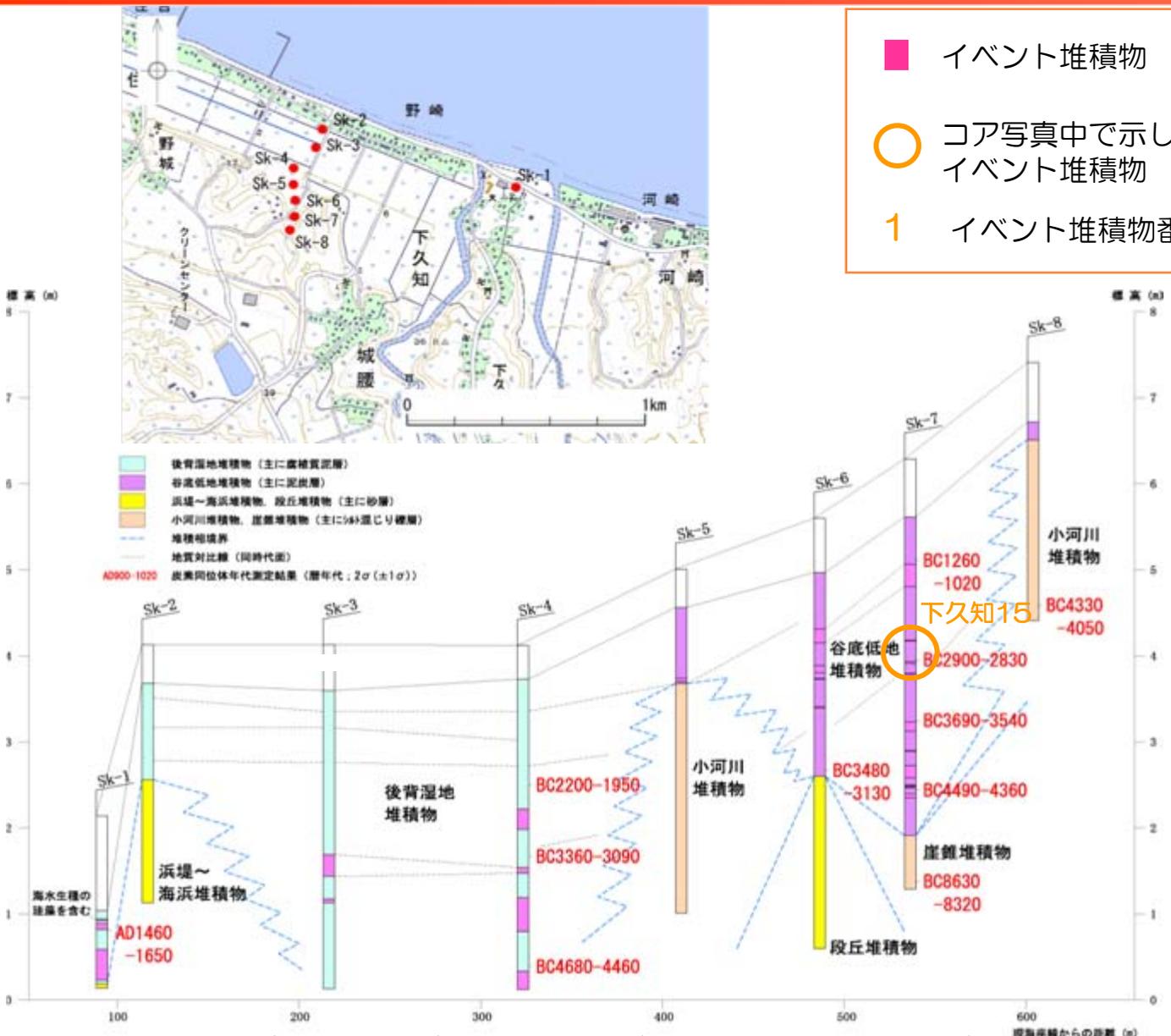
※イベント堆積物が複数認められるが、津波起因の可能性が高い、あるいは津波起因の可能性がある、と評価されたイベント堆積物より標高の低いイベント堆積物の堆積要因の検討は実施していない。

# 津波堆積物調査結果

## 【下久知地点②】

- イベント堆積物
- コア写真中で示したイベント堆積物
- 1 イベント堆積物番号

### Sk-7のコア写真



下久知15 {

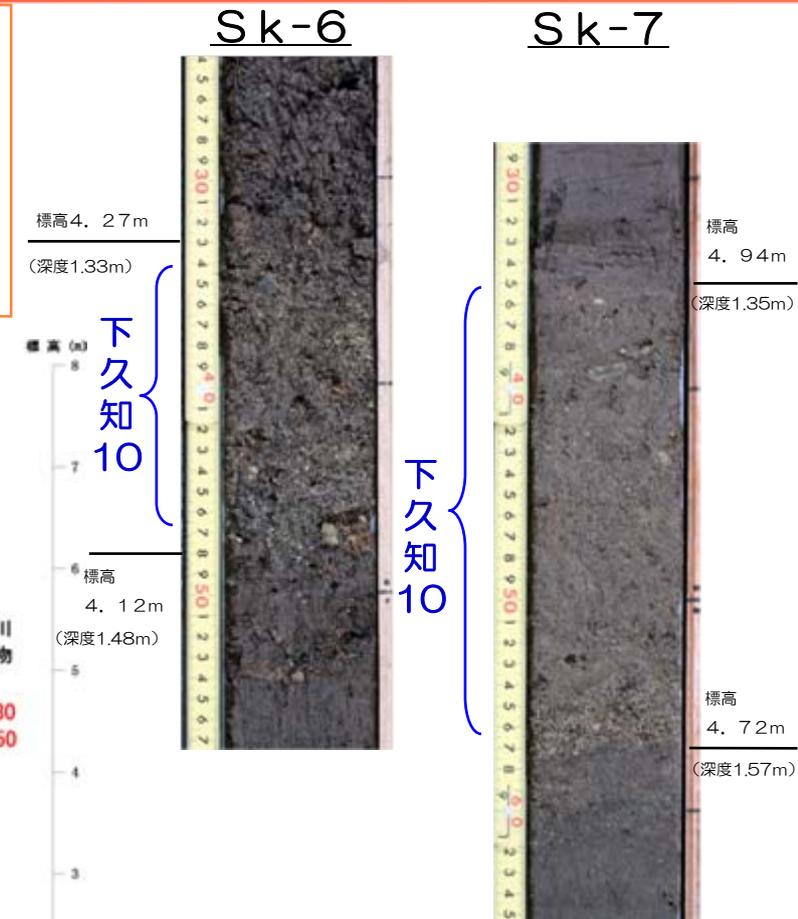
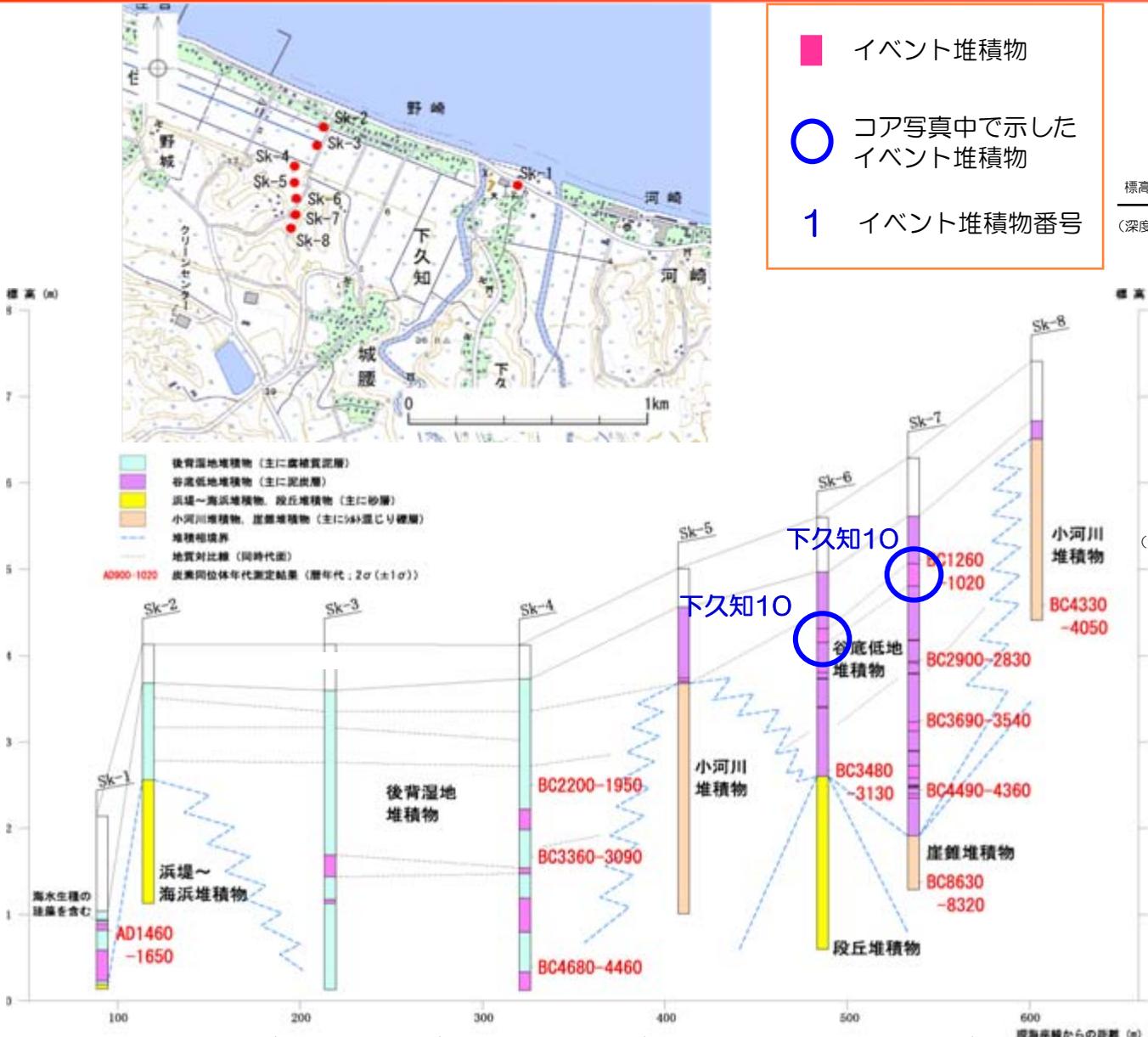
下久知16 →

【評価】  
層相は下面境界が明瞭で、淘汰も良好であり津波堆積物の特徴を有することから、**津波起因の可能性があると評価**。(珪藻分析並びに粒度・粒子組成分析から判断材料は得られなかった。)

※イベント堆積物が複数認められるが、津波起因の可能性が高い、あるいは津波起因の可能性があると評価されたイベント堆積物より標高の低いイベント堆積物の堆積要因の検討は実施していない。

# 津波堆積物調査結果

## 【下久知地点③】



**【評価】**  
 層相は下面境界が明瞭あるいは漸移的  
 で、淘汰が不良であることから**津波  
 以外の要因の可能性が高い**と評価。  
 (珪藻分析並びに粒度・粒子組成分析  
 から判断材料は得られなかった。)

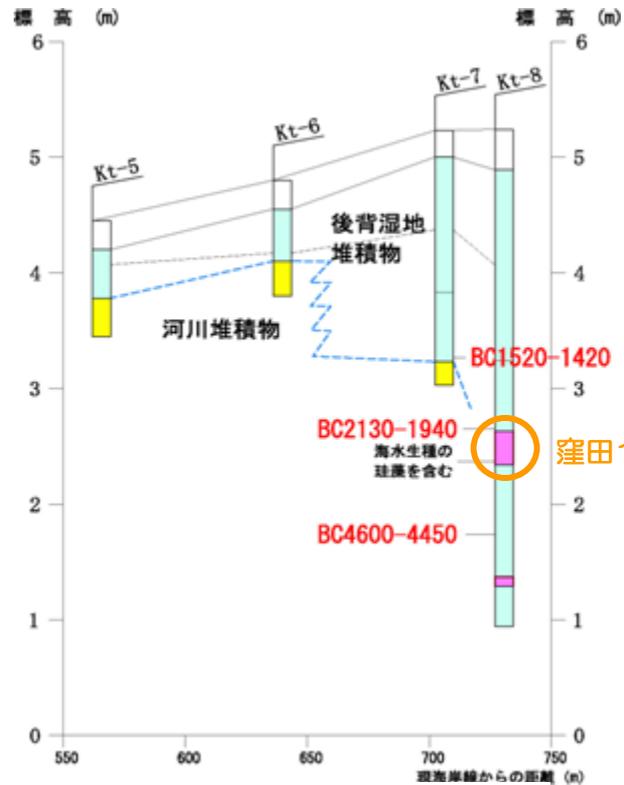
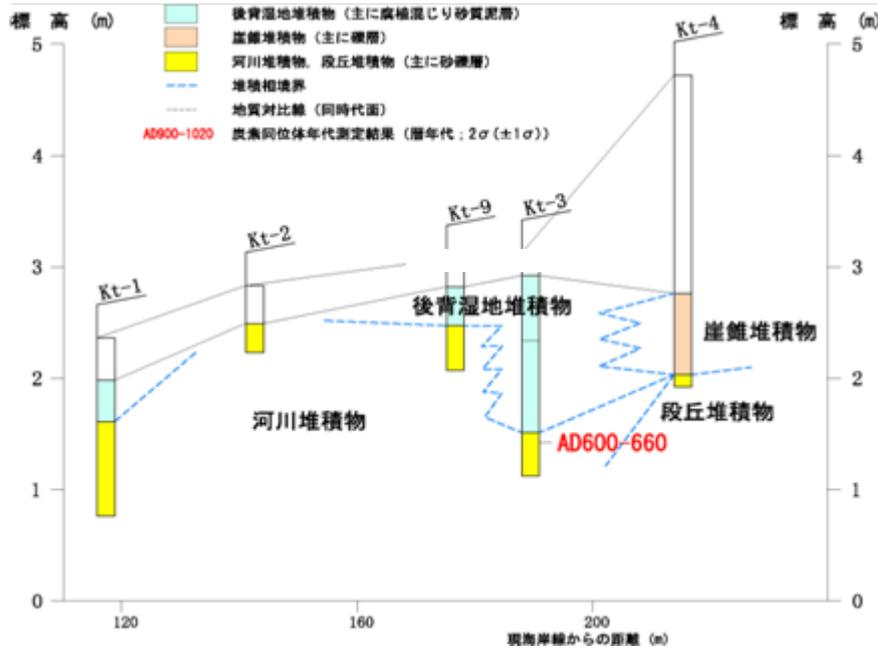
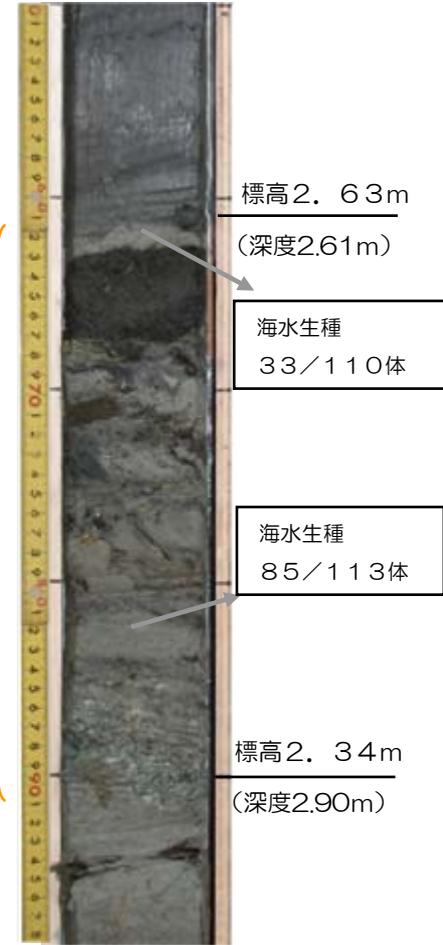
※イベント堆積物が複数認められるが、津波起因の可能性が高い、あるいは津波起因の可能性があり、  
 と評価されたイベント堆積物より標高の低いイベント堆積物の堆積要因の検討は実施していない。

# 津波堆積物調査結果 【窪田地点】



- イベント堆積物
- コア写真中で示したイベント堆積物
- 1 イベント堆積物番号

Kt-8のコア写真



窪田1

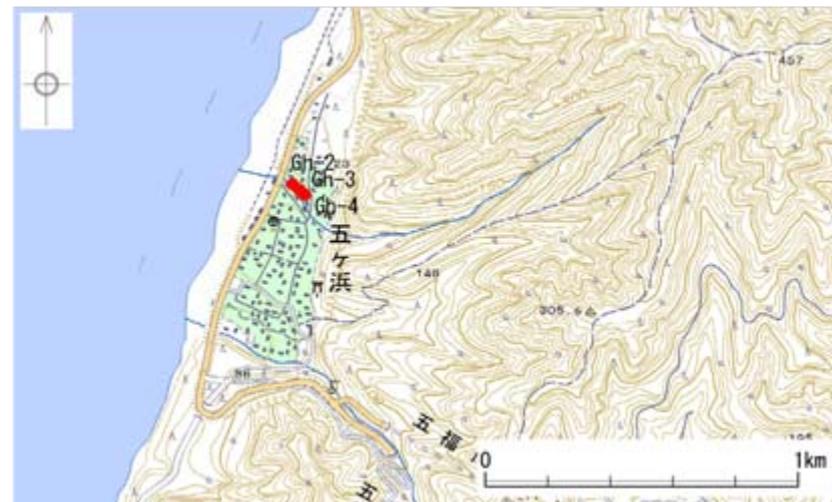
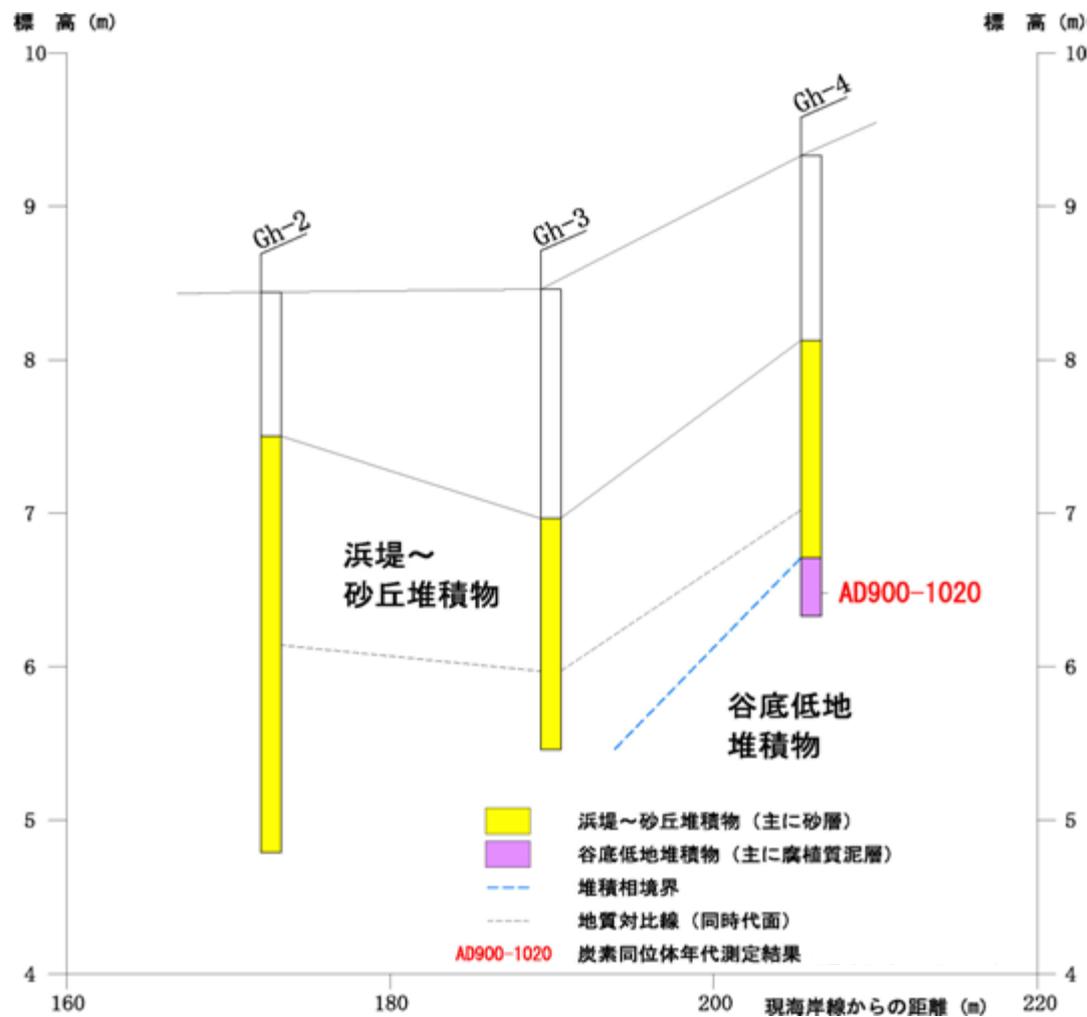
窪田1

## 【評価】

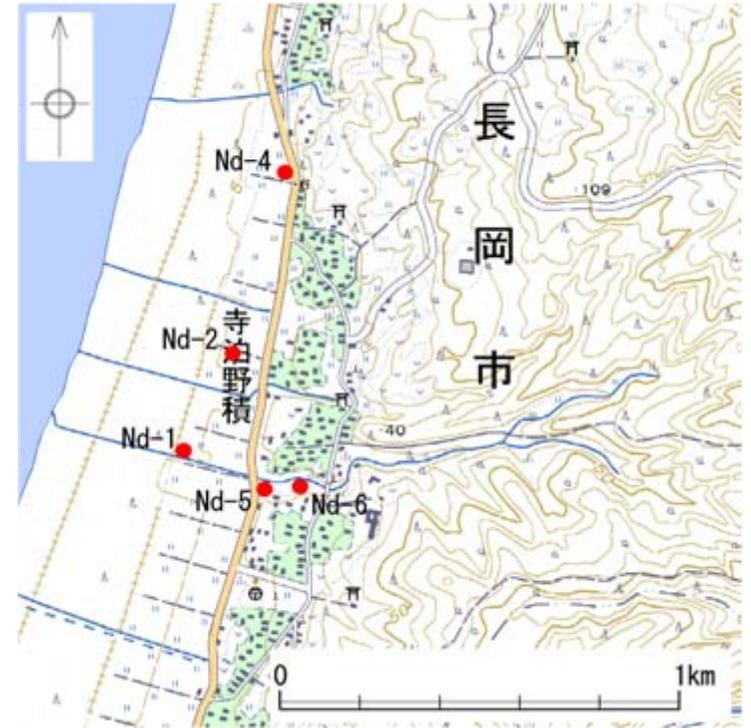
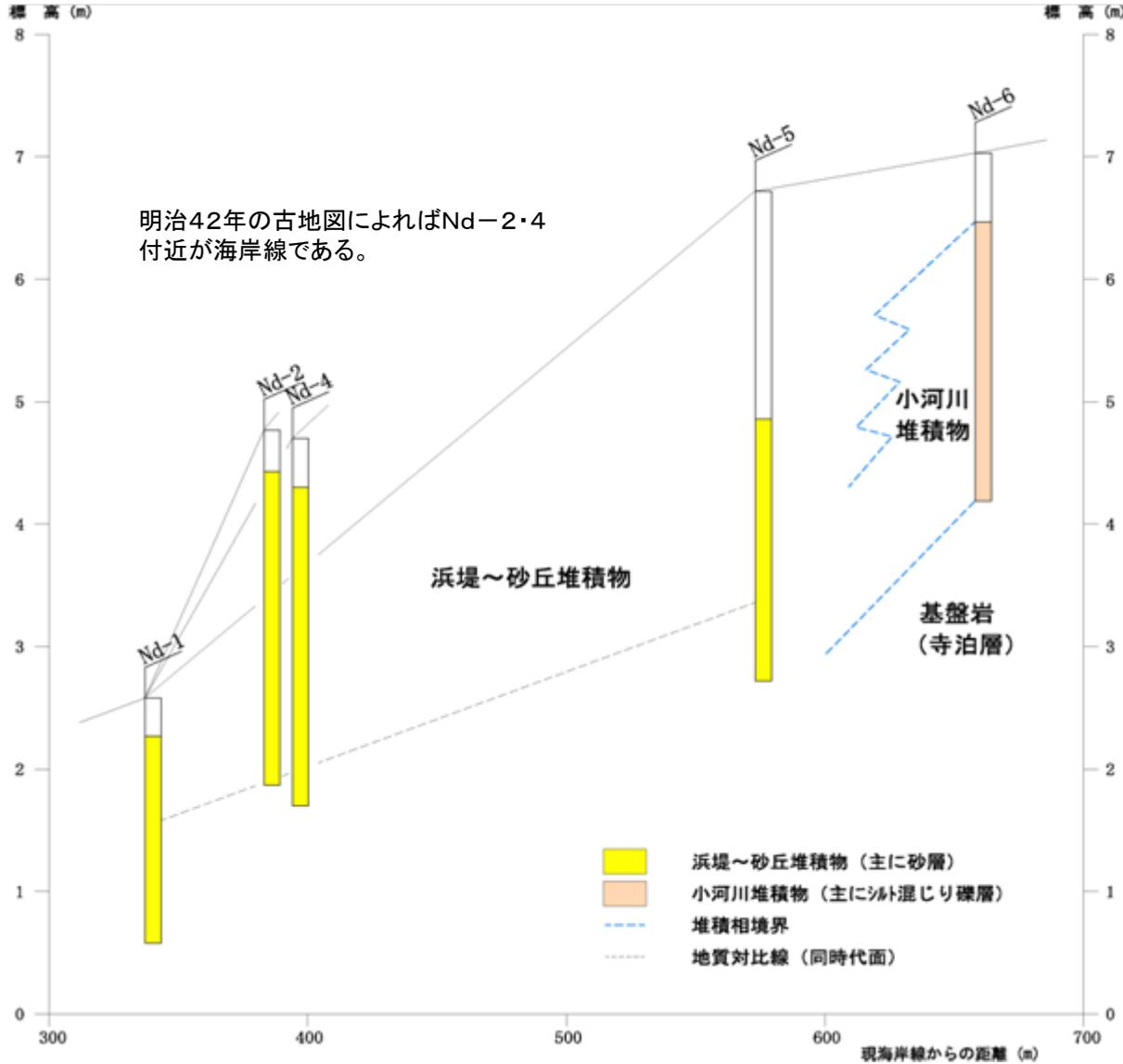
層相は淘汰が不良であるものの、下面境界が明瞭であり、海水生種の珪藻が認められることから、**津波起因の可能性があると評価。**

※イベント堆積物が複数認められるが、津波起因の可能性が高い、あるいは津波起因の可能性があり、と評価されたイベント堆積物より標高の低いイベント堆積物の堆積要因の検討は実施していない。

# 津波堆積物調査結果 【五ヶ浜地点】



評価に適する堆積物が存在しない。



評価に適する堆積物が存在しない。

# 津波堆積物調査結果 【井鼻地点】

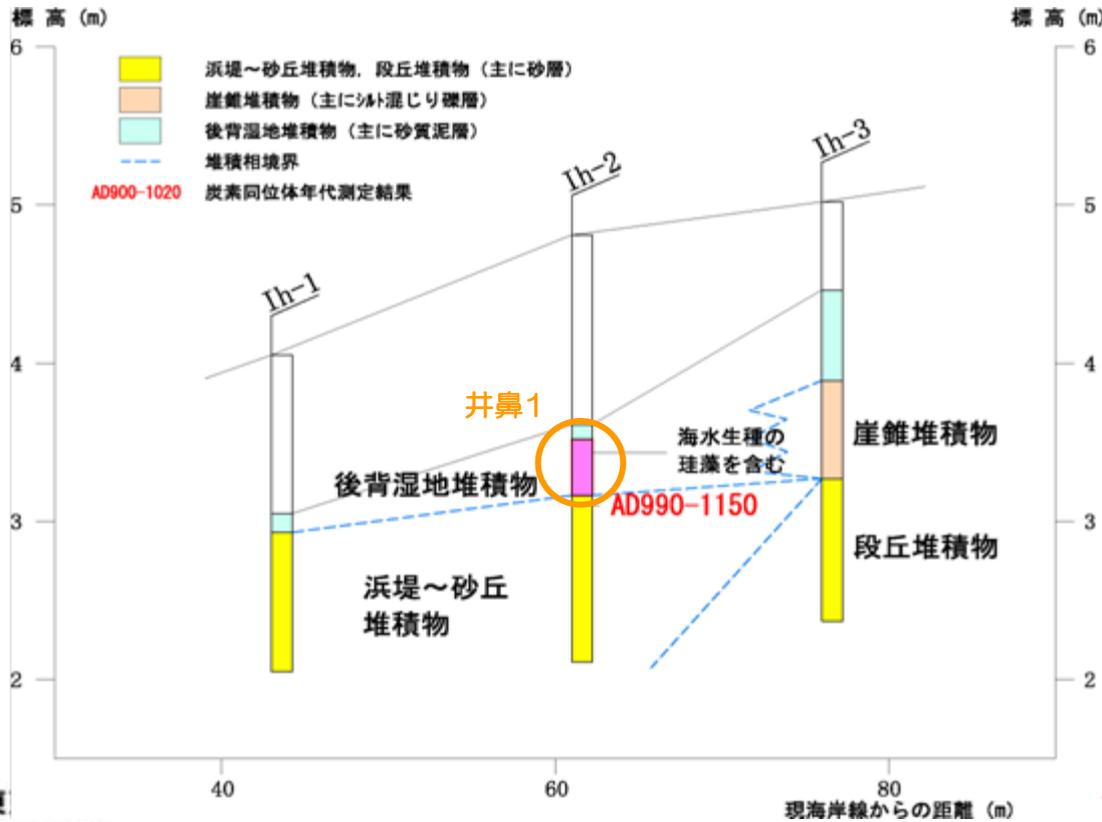


- イベント堆積物
- コア写真中で示したイベント堆積物
- 1** イベント堆積物番号

lh-2のコア写真



井鼻1



【評価】  
層相は、下面境界がやや不明瞭であるものの、砂層の中にシルト塊が取り込まれている。粒度・粒子組成は海浜砂にやや類似している。また、海水生種の珪藻が認められることから、**津波起因の可能性があると評価。**

# 津波堆積物調査結果

## 【宮川地点①】



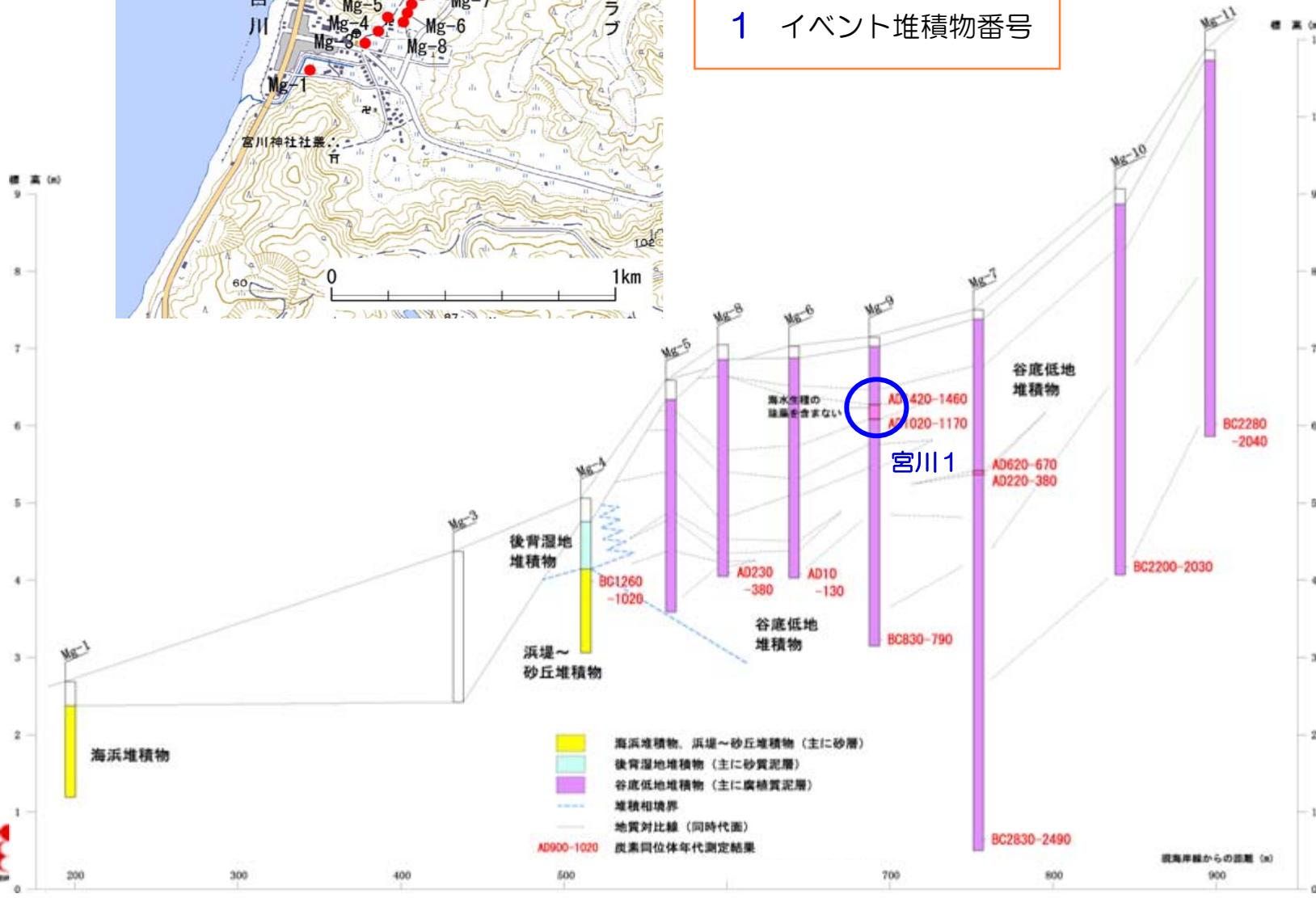
- イベント堆積物
- コア写真中で示したイベント堆積物
- 1 イベント堆積物番号

Mg-9のコア写真

海水生種  
0/101体



宮川1  
標高6.04m  
(深度1.11m)



【評価】  
層相は、下面境界が明瞭であり、粒度・粒子組成は海浜砂にやや類似しているものの、海水生種の珪藻が認められないことから、津波以外の要因の可能性が高いと評価。

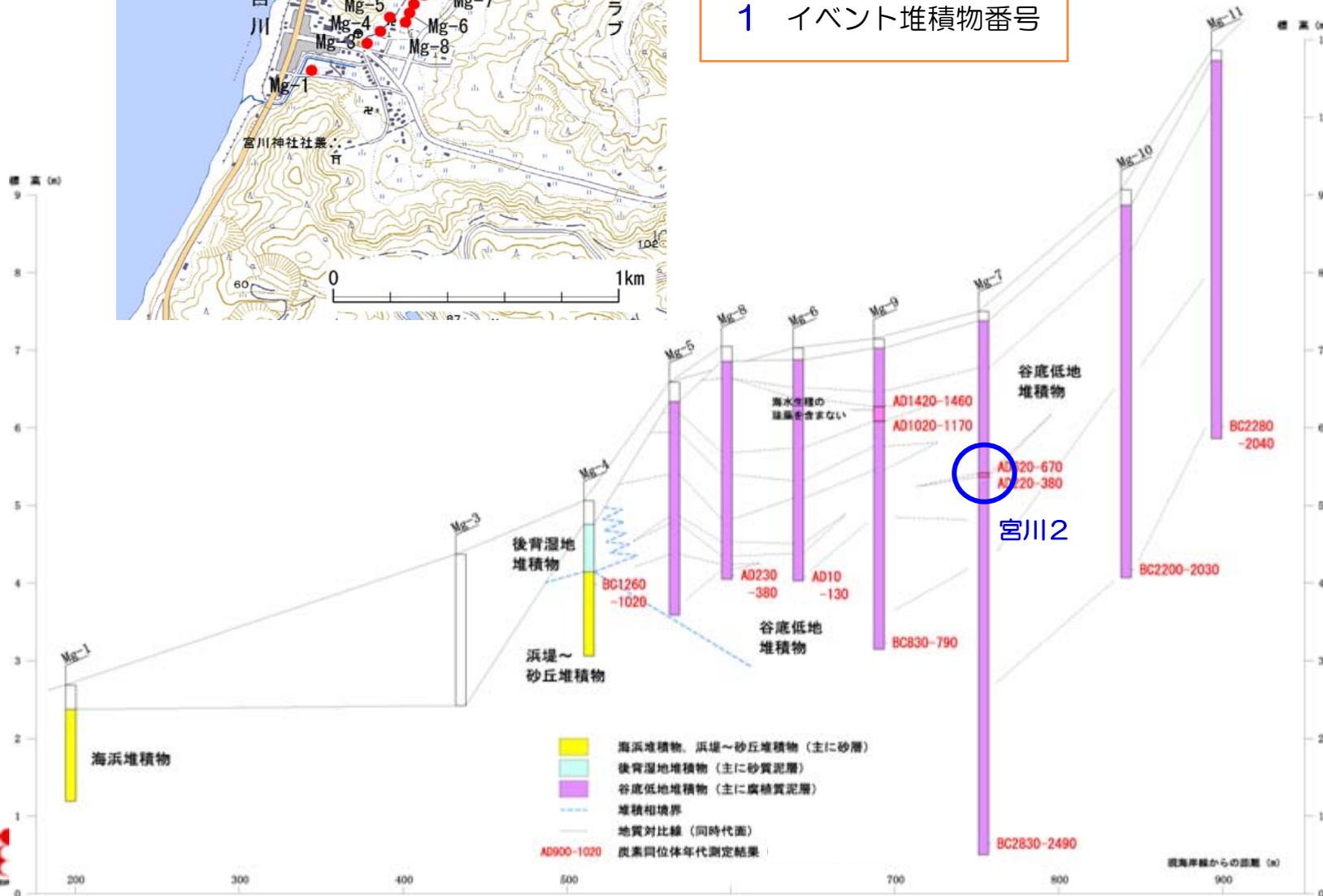
# 津波堆積物調査結果

## 【宮川地点②】

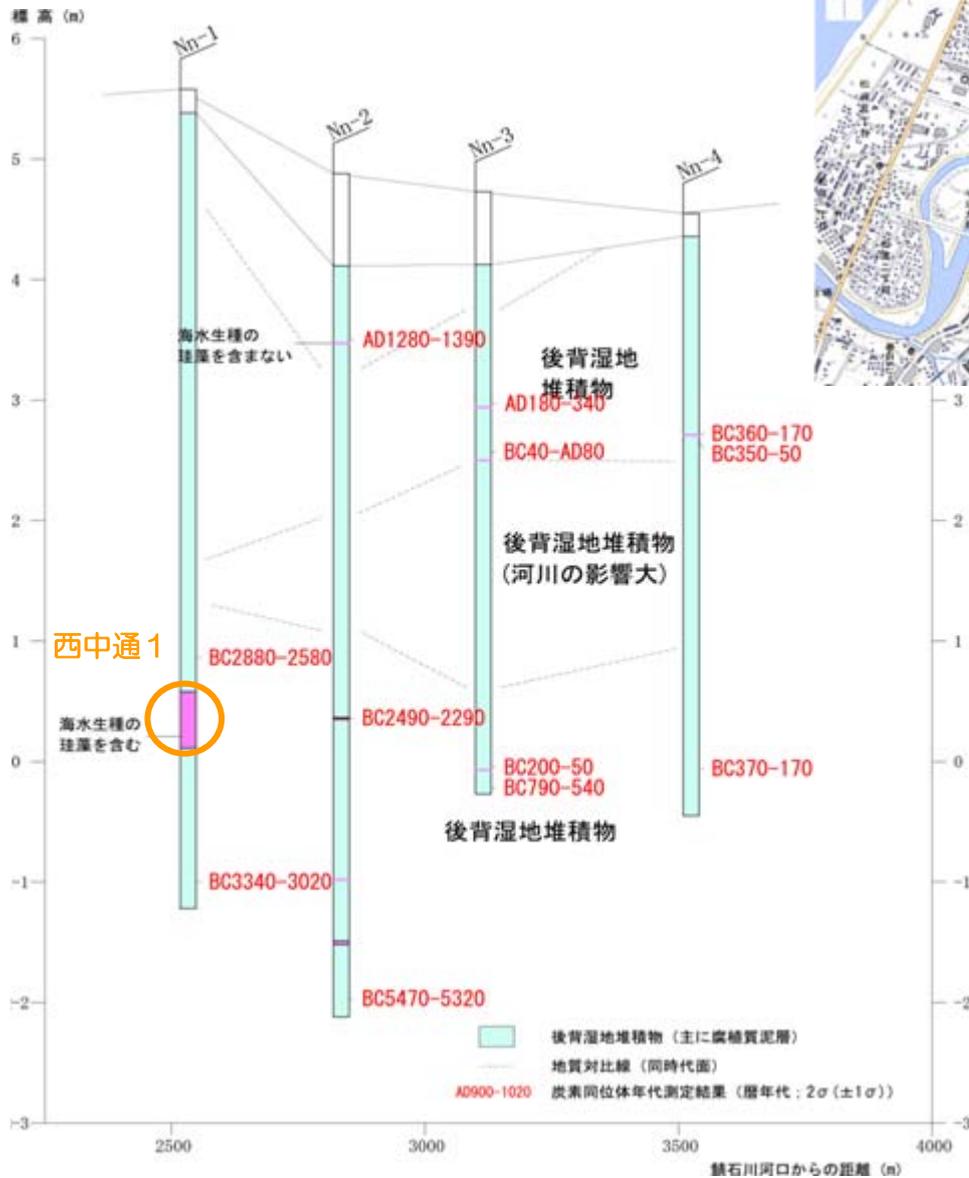


- イベント堆積物
- コア写真中で示したイベント堆積物
- 1 イベント堆積物番号

Mg-7のコア写真



【評価】  
 層相は、下面境界が明瞭であるものの、粒度・粒子組成は、山砂にやや類似していることから、津波以外の要因の可能性が高いと評価。  
 (珪藻分析から判断材料は得られなかった。)



Nn-1のコア写真

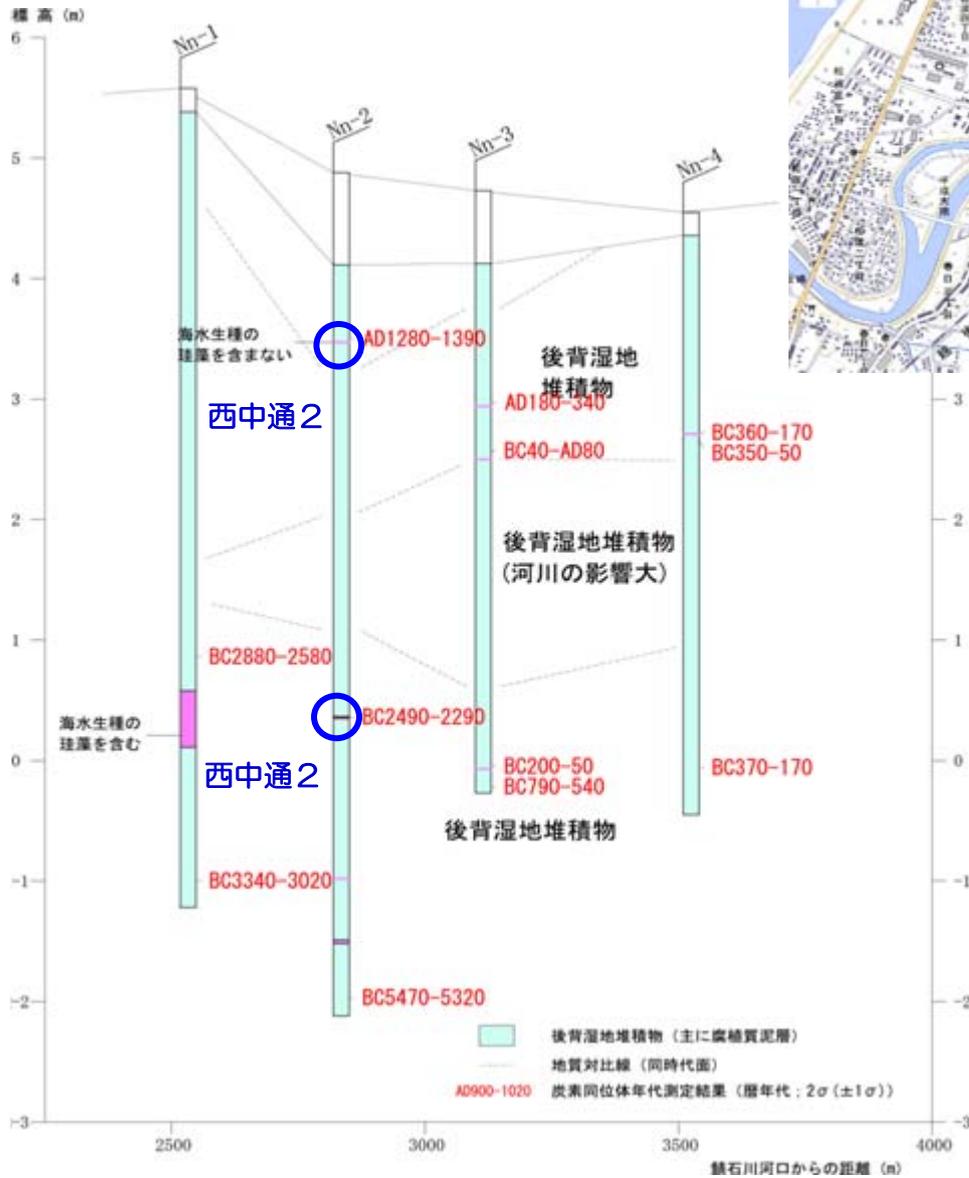


### 【評価】

層相は、砂層の中にシルト塊が取り込まれており、上方細粒化していること、下面境界が明瞭であり、また、珪藻の総産出数が少ないものの少量ながら海水生種の珪藻が認められたことから、**津波起因の可能性があると評価。**

# 津波堆積物調査結果

## 【西中通地点②】



Nn-2のコア写真

西中通2

標高  
3.31m  
(深度1.57m)

海水生種  
0/209体



- イベント堆積物
- コア写真中で示したイベント堆積物
- 1 イベント堆積物番号

西中通2

標高  
0.19m  
(深度4.69m)

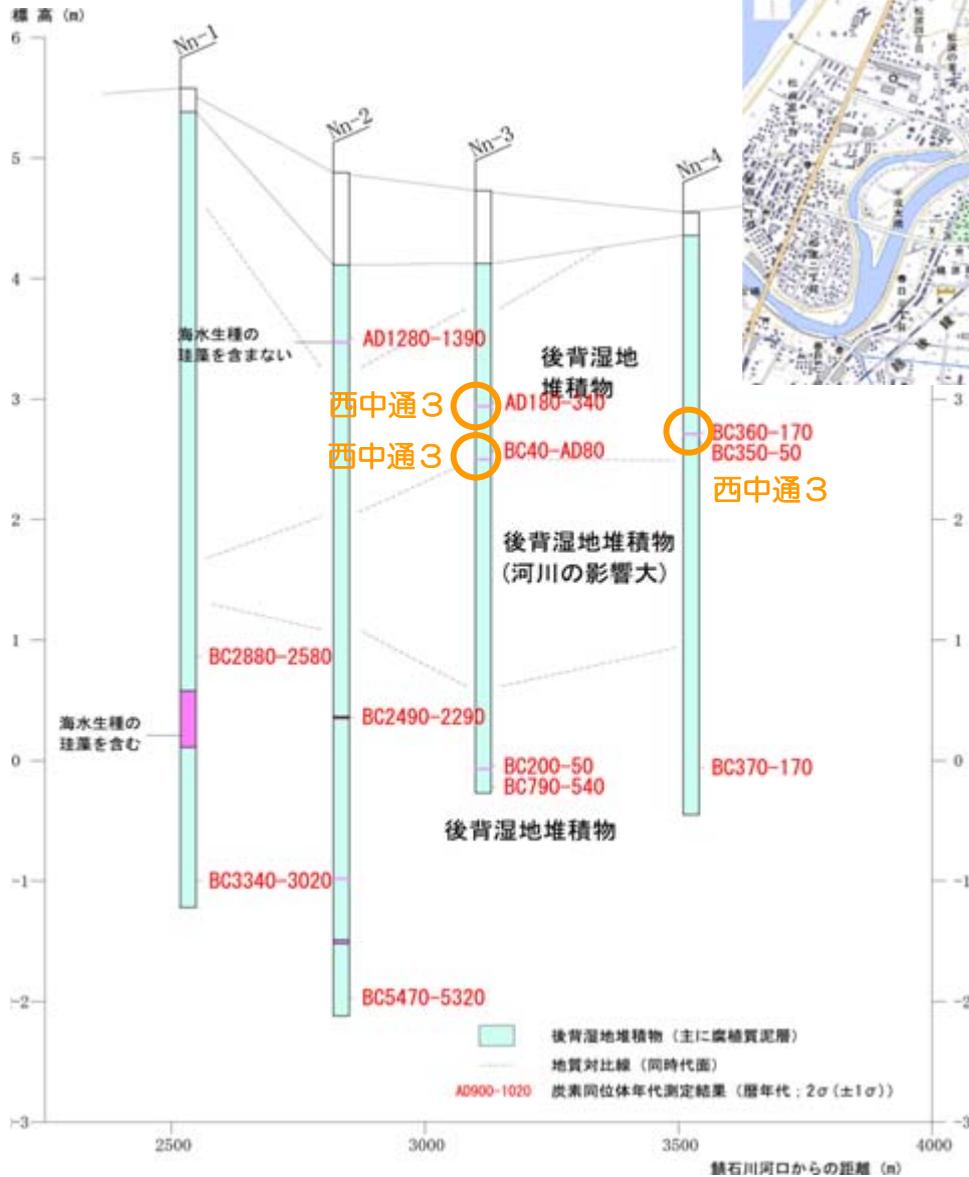
海水生種  
2/116体



【評価】  
粘土薄層であるため、層相は不明であるが、泥炭層に明瞭に挟在する。海水生種の珪藻がほとんど認められないことから、津波以外の要因の可能性が高いと評価。

# 津波堆積物調査結果

## 【西中通地点③】



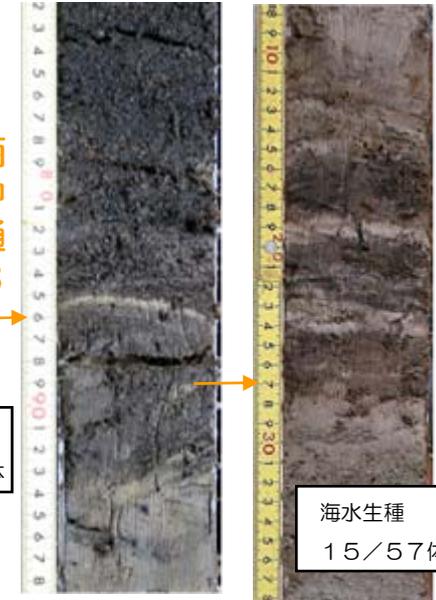
西中通3

- イベント堆積物
- コア写真中で示したイベント堆積物
- 1 イベント堆積物番号

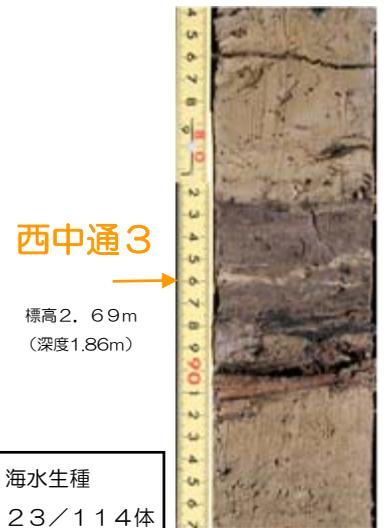
海水生種  
29/139体

### Nn-3のコア写真

標高2.87m (深度1.86m)      標高2.46m (深度2.27m)

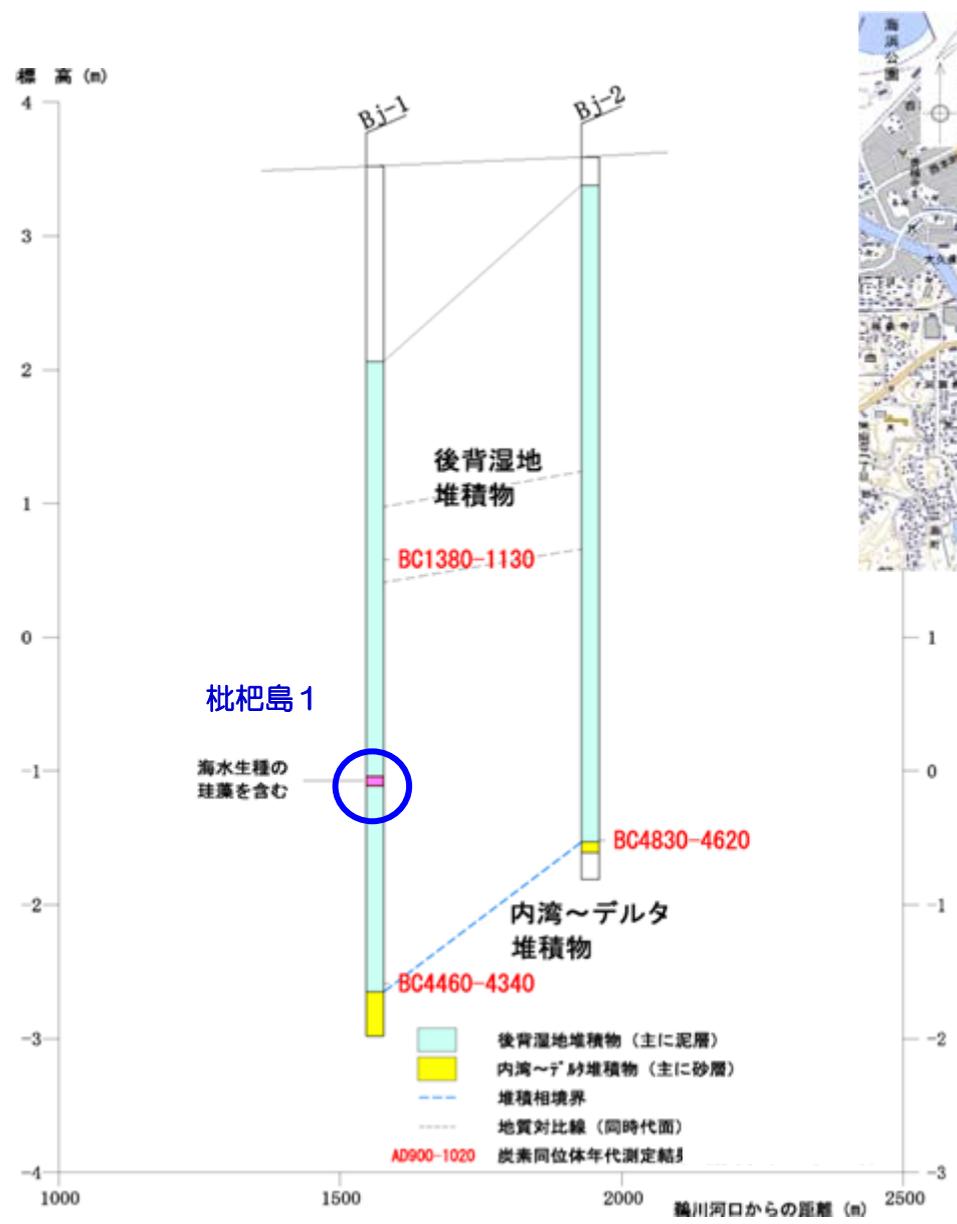


### Nn-4のコア写真

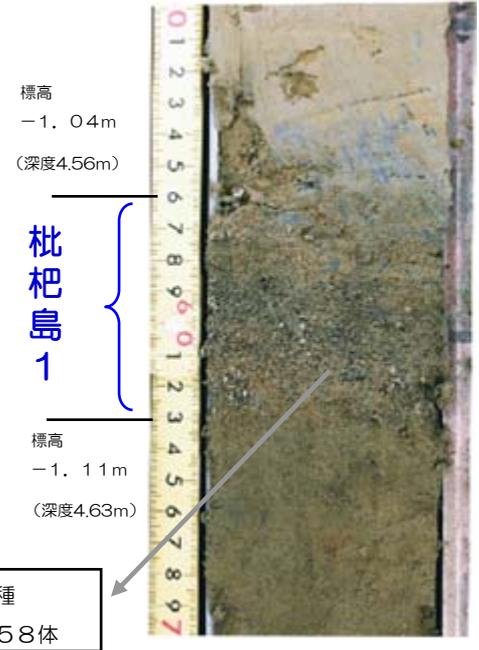


【評価】  
粘土薄層であるため、層相は不明であるが、泥炭層に明瞭に挟在する。海水生種の珪藻が認められることから、津波起因の可能性があると評価。

# 津波堆積物調査結果 枇杷島地点】



Bj-1のコア写真



- イベント堆積物
- コア写真中で示したイベント堆積物
- 1 イベント堆積物番号

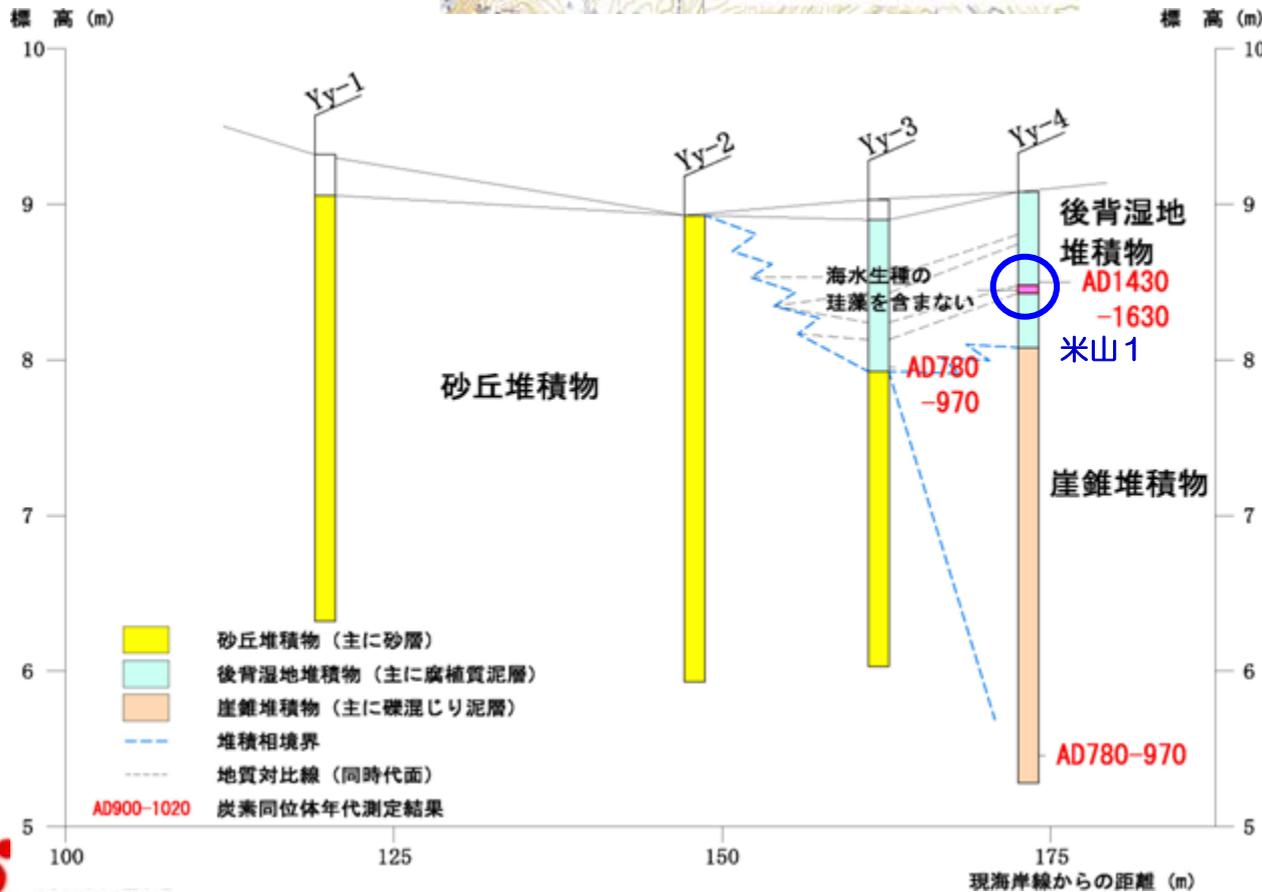
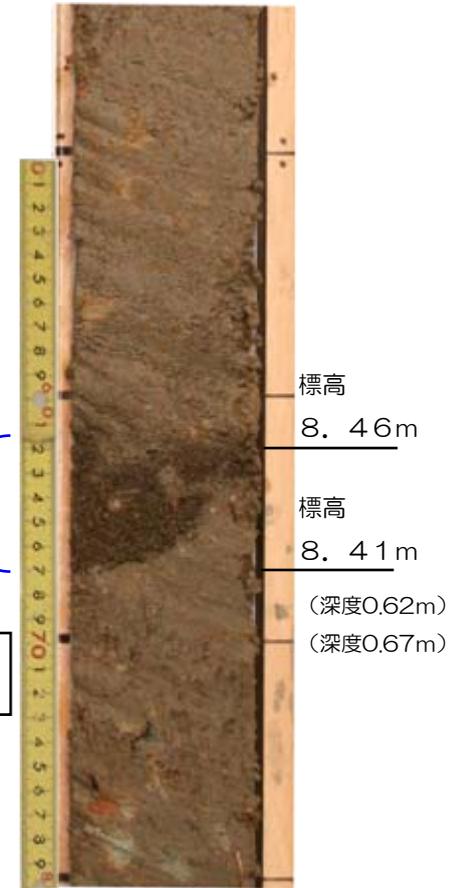
**【評価】**  
 海水生種の珪藻が認められるものの、層相は下面境界が不明瞭、淘汰不良であることから津波以外の要因の可能性が高いと評価。

# 津波堆積物調査結果 【米山地点】



- イベント堆積物
- コア写真中で示したイベント堆積物
- 1 イベント堆積物番号

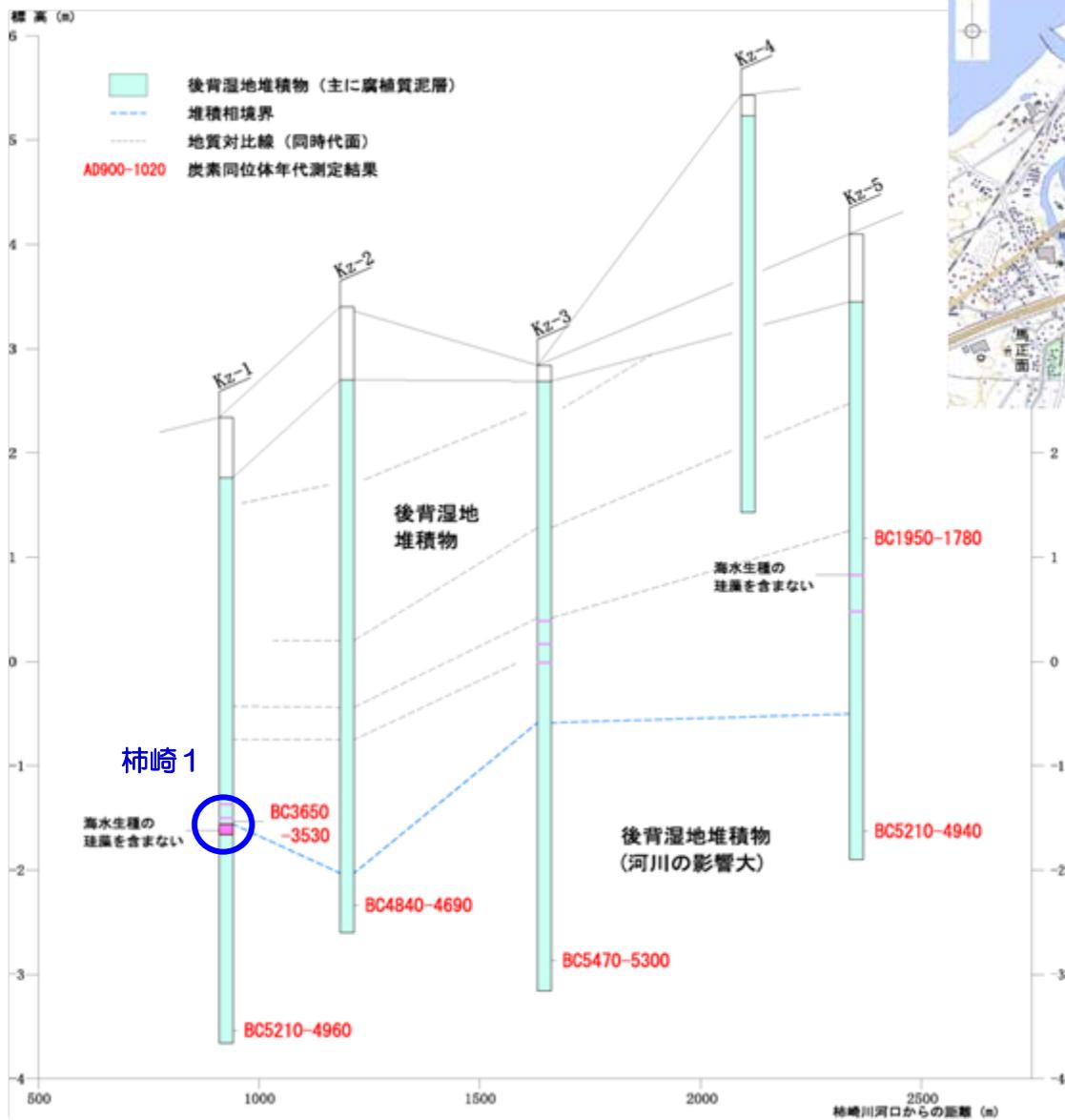
Yy-4のコア写真



【評価】  
 層相は下面境界が明瞭で、シルト塊を含むものの、海水生種の珪藻がほとんど認められないことから、津波以外の要因の可能性が高いと評価。

# 津波堆積物調査結果

## 【柿崎地点①】



- イベント堆積物
- コア写真中で示したイベント堆積物
- 1 イベント堆積物番号

柿崎2

Kz-1のコア写真

標高  
-1.50m  
(深度3.84m)

標高  
-1.56m

柿崎1

標高  
-1.66m  
(深度3.90m)  
(深度4.00m)



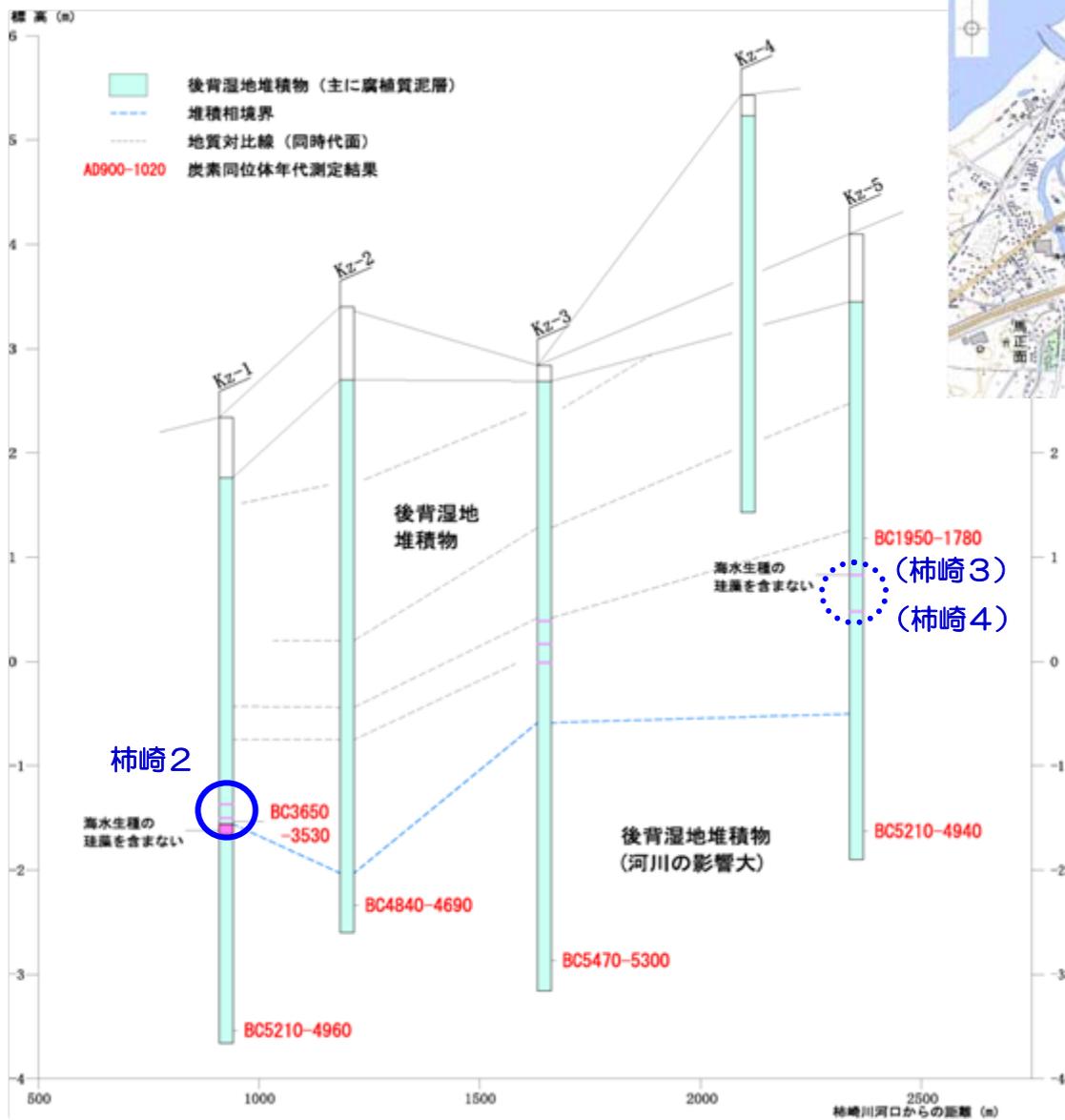
海水生種  
0/38体

### 【評価】

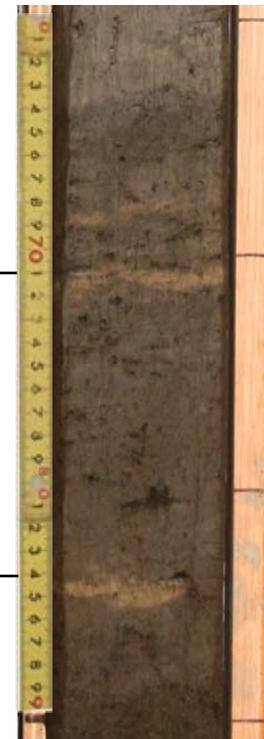
層相は腐植土塊を含むものの、下面境界がやや不明瞭であり、また、海水生種の珪藻が認められないことから、津波以外の要因の可能性が高いと評価。

# 津波堆積物調査結果

## 【柿崎地点②】



Kz-1のコア写真



柿崎2

標高  
-1.37m  
(深度3.71m)

柿崎2

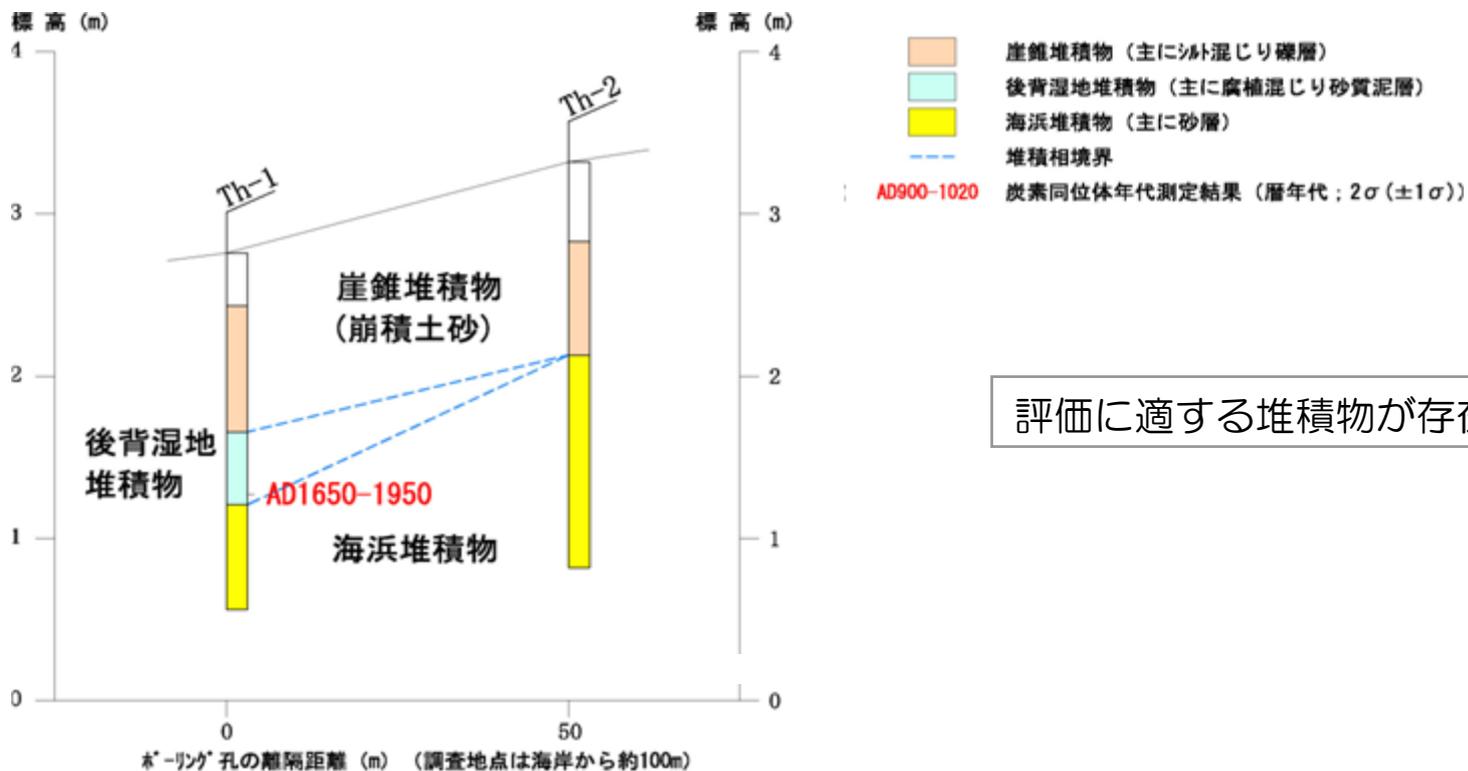
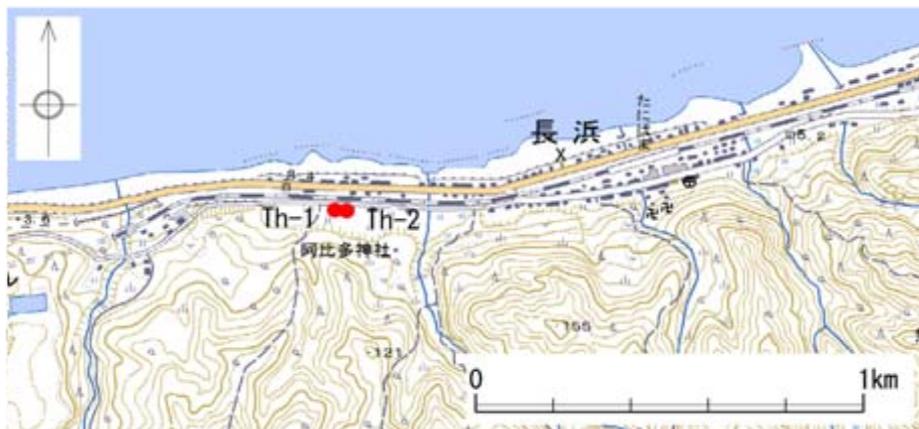
標高  
-1.50m  
(深度3.84m)

- イベント堆積物
- コア写真中で示したイベント堆積物
- 1 イベント堆積物番号

### 【評価】

層相はイベント堆積物が薄層であるため不明であるが、ほぼ同時代に堆積したと考えられる層相の類似した薄層(Kz-5の柿崎3, 4)において海水生種の珪藻が認められないことから、津波以外の要因の可能性が高いと評価。

# 津波堆積物調査結果 【谷浜地点】



評価に適する堆積物が存在しない。

---

## 5. 行政機関による津波評価（資料集）

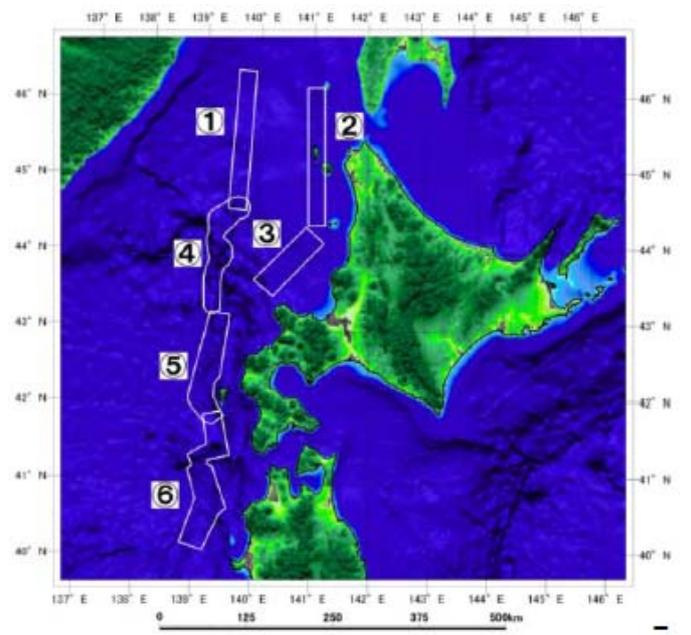


# 地方自治体の例①（北海道，青森県）

## ■北海道（2013）

- 地震調査研究推進本部（2003）等を活用して最大M7.8の地震を想定。

地震モデル	位置づけ	M
①北海道北西沖の地震（沖側）	地震空白域で今後発生する危険性のあるモデル	7.8
②北海道北西沖の地震（沿岸側）	地震空白域で今後発生する危険性のあるモデル	7.8
③留萌沖の地震	地震空白域で今後発生する危険性のあるモデル	7.4
④神威岬沖の地震	既往の地震津波を再現するモデルおよび地震空白域で今後発生する危険性のあるモデル	7.5
⑤北海道南西沖地震	既往の地震津波を再現するモデル	7.8
⑥青森県西方沖の地震	既往の地震津波を再現するモデルおよび地震空白域で今後発生する危険性のあるモデル	7.7

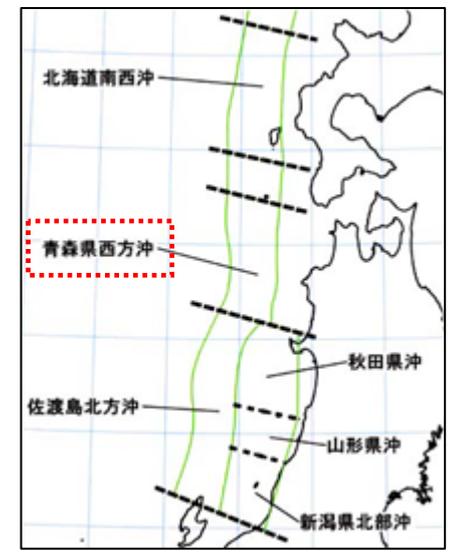


## ■青森県（2013）

- 地震調査研究推進本部（2003）が示す青森県西方沖にMw7.9の地震を想定。



■青森県想定  
青森県西方沖  
  
Mw=7.9



地震調査研究推進本部（2003）を編集

# 地方自治体の例②（秋田県，山形県）

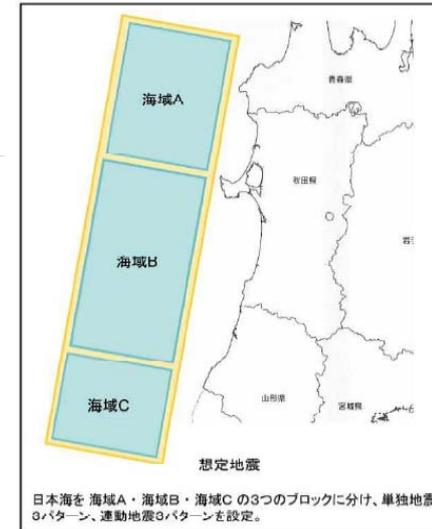
## ■秋田県（2013）

- 単独地震として3領域を設定した上で，さらに連動地震として3領域の同時破壊を想定した断層長さ350km，Mw8.7の地震を想定。

表-2.1.1 津波断層モデル一覧表

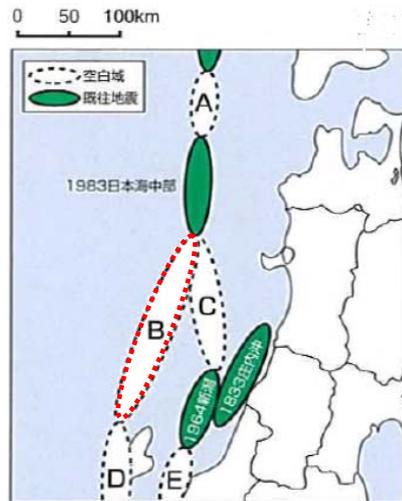
区分	ID	震源、想定地震	想定した地震規模		傾斜角 る(°)	すべり角 A(°)	断層モデル 上破深さ Hs(km)	断層 モデル長さ Ltotal(km)	断層 モデル幅 Wtotal(km)	断層 モデル面積 Stotal(km <sup>2</sup> )	断層モデル 下破深さ Hd(km)	地震モーメント M <sub>0</sub> (Nm)	モーメント 係数 Mw	平均 すべり量 D <sub>aver</sub> (m)	備考	
			断層長さL(km)	モーメント												
単独地震	1	海域A	130	7.9	東傾斜	35	90	0	130	50	6,500	29	6.85E+20	7.82	3.0	小断層を2km×2km でモデル化
	2	海域B	140	7.9	東傾斜	35	90	0	140	54	7,560	31	8.59E+20	7.89	3.2	
	3	海域C	80	7.5	西傾斜	55	90	0	80	32	2,560	26	1.69E+20	7.42	1.9	
連動地震	4	海域A+海域B	270	8.5	東傾斜	20	90	0	270	105	28,350	36	6.24E+21	8.46	6.3	小断層を5km×5km でモデル化
	5	海域B+海域C	220	8.3	東傾斜	20	90	0	220	85	18,700	29	3.34E+21	8.28	5.1	
	6	海域A+海域B+海域C	350	8.7	東傾斜	20	90	0	350	135	47,250	46	1.34E+22	8.69	8.1	

注) 海域Cの単独地震については、津波シミュレーションの概略計算で秋田県への影響が比較的小さいと想定されたため、最終的な詳細計算は省略した。



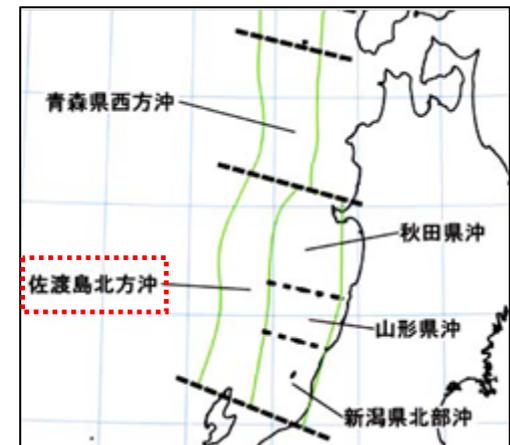
## ■山形県（2012）

- 地震調査研究推進本部（2003）が示す佐渡島北方沖の空白域にマグニチュード8.5の地震を想定。



- 山形県想定  
佐渡島北方沖  
マグニチュード8.5

【想定震源域及び想定地震規模】	
想定震源域	想定地震規模
「長期評価佐渡島北方沖」の空白域（下部「B」）	マグニチュード8.5
「長期評価秋田県沖」の空白域（下部「C」）	マグニチュード8.0

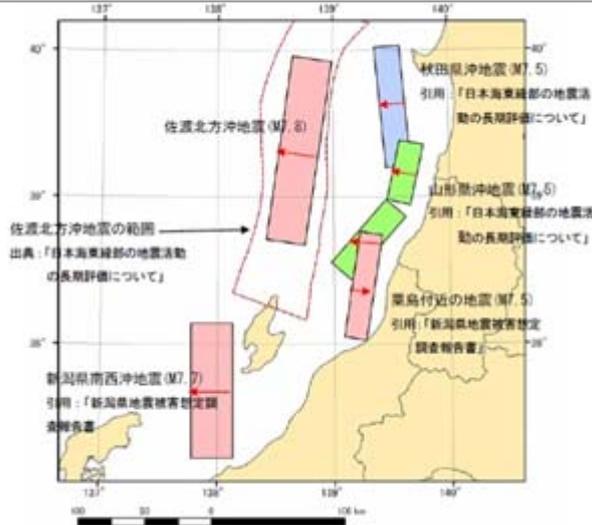


地震調査研究推進本部（2003）を編集

# 地方自治体の例③（新潟県，富山県）

## ■新潟県（2014）

- 地質調査研究推進本部（2003）を参照し，佐渡島北方沖地震として最大Mw7.80を設定。さらに，3連動地震としてMw8.09の地震を想定。



### 【想定6地震】

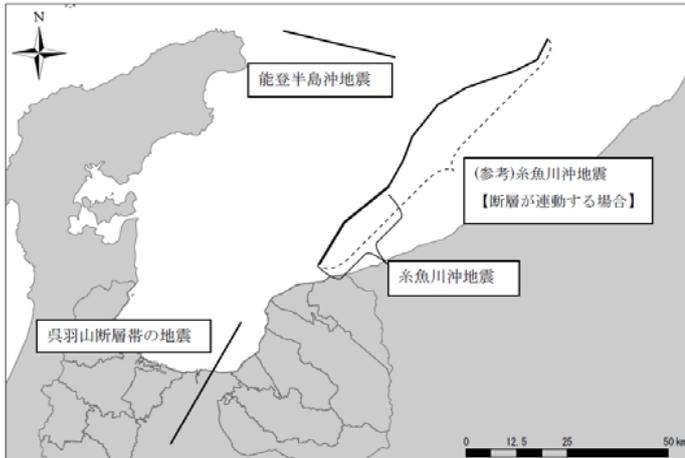
- ①佐渡北方沖地震（Aパターン）（Mw7.80）
- ②佐渡北方沖地震（Bパターン）（Mw7.80）
- ③新潟県南西沖地震【想定域D】（Mw7.75）
- ④粟島付近の地震（新潟県北部沖地震）（Mw7.56）
- ⑤長岡平野西縁断層帯地震（Mw7.63）
- ⑥高田平野西縁断層帯地震（Mw7.10）

### 【参考2地震】

- ⑦3連動地震（秋田県沖，山形県沖，新潟県北部沖）同時発生（Mw8.09）
- ⑧3連動地震（秋田県沖，山形県沖，新潟県北部沖）時間差発生（Mw8.09）

## ■富山県（2012）

- 海域活断層による津波のみ想定しており，日本海東縁部の地震による津波は想定していない。



名称	規模 (M)	原点	走向 (度)	傾斜角 (度)	滑り角 (度)	断層上端 長さ (km)	断層下端 長さ (km)	幅 (km)	滑り量 (m)
呉羽山断層帯の地震	7.4	北緯 36.872° 東経 137.343°	210	45	90	0.1	35	22	2.9m (実測値)
糸魚川沖地震	7.2	北緯 37.002° 東経 137.556°	約 41 度 (平均走向)	30	90	0.1	28	44	2.2m (標準算式)
能登半島沖地震	7.2	北緯 37.531° 東経 137.463°	約 103 度 (平均走向)	30	90	0.1	28	44	2.2m (標準算式)
(参考) 糸魚川沖地震 【断層が連動する場合】	8.0	北緯 37.002° 東経 137.556°	約 58 度 (平均走向)	30	90	0.1	84	44	6.6m (標準算式)
(参考) 呉羽山断層帯 の地震 【滑り量標準算式】	7.4	北緯 36.872° 東経 137.343°	210	45	90	0.1	35	22	1.4m (標準算式)

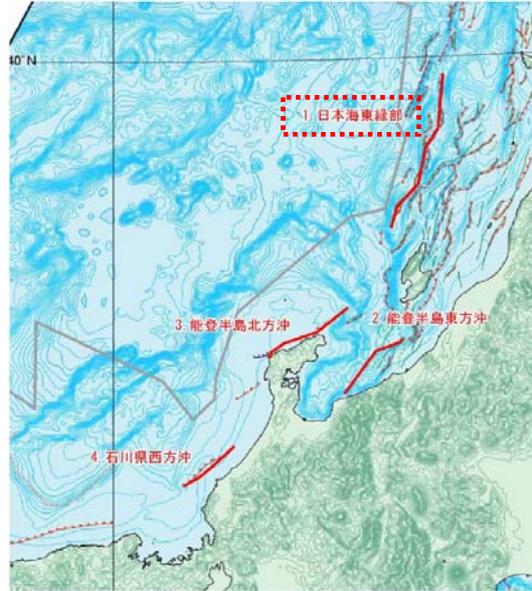
注1：滑り量の「標準算式」は，地震調査研究推進本部等で使用されている方法で，地震のモーメント（規模）と断層面積から求めるものである。

注2：呉羽山断層帯の滑り量の「実測値」は，平成7、8年度に実施した富山県の活断層調査結果より設定した。

# 地方自治体の例④（石川県，福井県）

## ■石川県（2012）

- 徳山ほか「日本周辺海域の第四紀地質構造図」（2001）が示す活断層を基に，Mw7.99の地震を想定。

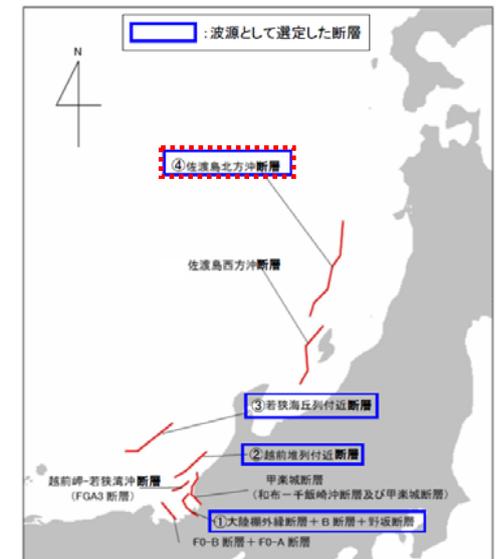


断層名		1 日本海東縁部	2 能登半島 東方沖	3 能登半島 北方沖	4 石川県西方沖
想定 マグニチュード	Mw	7.99	7.58	7.66	7.44
気象庁 マグニチュード	Mj	8.54	8.03	8.13	7.85
気象庁 マグニチュード	Mj	8.54	8.02	8.13	7.85
断層長 (km)	L	167	82	95	65
幅 (km)	W	17.32	17.32	17.32	17.32
地震モーメント (N・m)	M <sub>0</sub>	1.22E+21	2.95E+20	3.89E+20	1.82E+20
すべり量 (m)	D	12.01	5.94	6.76	4.62
上縁深さ (km)	d	0	0	0	0
傾斜角	δ	60	60	60	60
すべり角	λ	90	90	90	90

## ■福井県（2012）

- 徳山ほか「日本周辺海域の第四紀地質構造図」（2001）が示す活断層等を参考に，Mw7.99の地震を想定。

選定波源	マグニチュード Mw	地震により隆起する地盤	
		すべり量	長さ、幅
①野坂,B 及び大陸棚外縁断層	7.28	3.73m	長さ 49km 幅 17.32km
②越前堆列付近断層	7.44	4.62m	長さ 65km 幅 17.32km
③若狭海丘列付近断層	7.63	6.43m	長さ 90km 幅 17.32km
④佐渡島北方沖断層	7.99	12.01m	長さ 167km 幅 17.32km



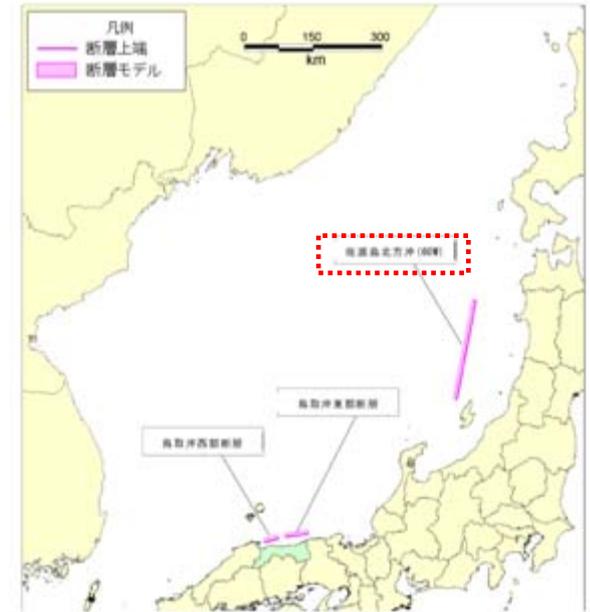
# 地方自治体の例⑤（鳥取県，島根県）

## ■鳥取県（2012）

- 地震調査研究推進本部（2003）を参照し，佐渡島北方沖の領域に最大Mw8.16の地震を想定。

断層パラメータ

想定断層	Mw	緯度 (度)	経度 (度)	深さ (km)	走向 (度)	傾斜 (度)	すべり角 (度)	長さ(運動) (km)	幅 (km)	すべり量 (m)	
佐渡島北方沖(パターン2)	W(西落ち)	8.16	40.31	138.73	0	193.3	60	90	222.2	17.32	16.00
鳥取沖東部断層		7.30	35.75	134.46	0	262.0	90	40	51.0	15.00	4.24
鳥取沖西部断層		7.05	35.65	133.75	0	255.0	90	40	33.0	15.00	2.74



## ■島根県（2012）

- 地震調査研究推進本部（2003）を参照し，佐渡島北方沖の領域に最大Mw8.01の地震を想定。

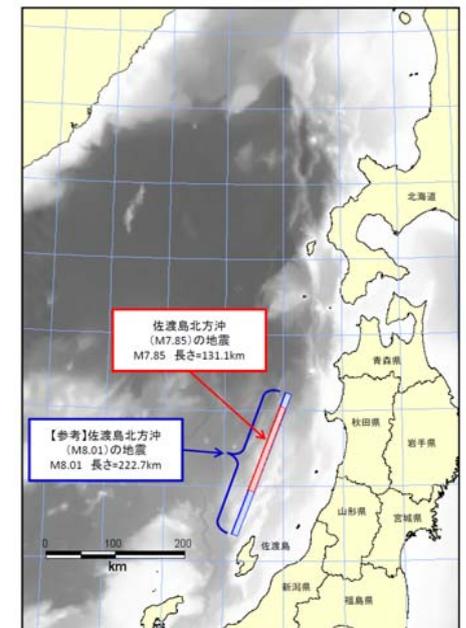
想定断層	M <sub>j</sub>	M <sub>w</sub> ※4	緯度 (度)	経度 (度)	深さ (km)	走向 (度)	傾斜 (度)	すべり角 (度)	長さ (km)	幅 (km)	すべり量 (m)
佐渡島北方沖の地震※2	7.85	7.85	38.9498	138.4131	0.0	20	60	90	131.1	17.3	9.4
【参考】佐渡島北方沖の地震 (M8.01) ※3	8.01	8.01	38.3584	138.1383	0.0	20	60	90	222.7	17.3	9.5
出雲市沖合の地震 (断層北傾斜)	7.5	6.9	35.5879	132.8784	3.0	267	45	90	38.4	17.0	3.2※1
出雲市沖合の地震 (断層南傾斜)	7.5	6.9	35.5690	132.4544	3.0	87	45	90	38.4	17.0	3.2※1
浜田市沖合の地震	7.3	6.8	35.1888	132.2491	3.0	232	45	90	27.0	17.0	2.4※1
隠岐北西沖の地震	7.4	6.9	36.9606	132.5336	3.0	154	45	-90	36.0	17.0	2.8※1

※1：すべり量(D)は、M<sub>j</sub>から松田式により算出 (log D=0.6M<sub>j</sub>-4.0)

※2：中国電力想定モデル(2008)に基づき設定

※3：佐渡島北方沖の最大規模の地震として設定

※4：津波震源としてのM<sub>w</sub> (武村式M<sub>w</sub>=0.78+M<sub>j</sub>+1.08により算出)

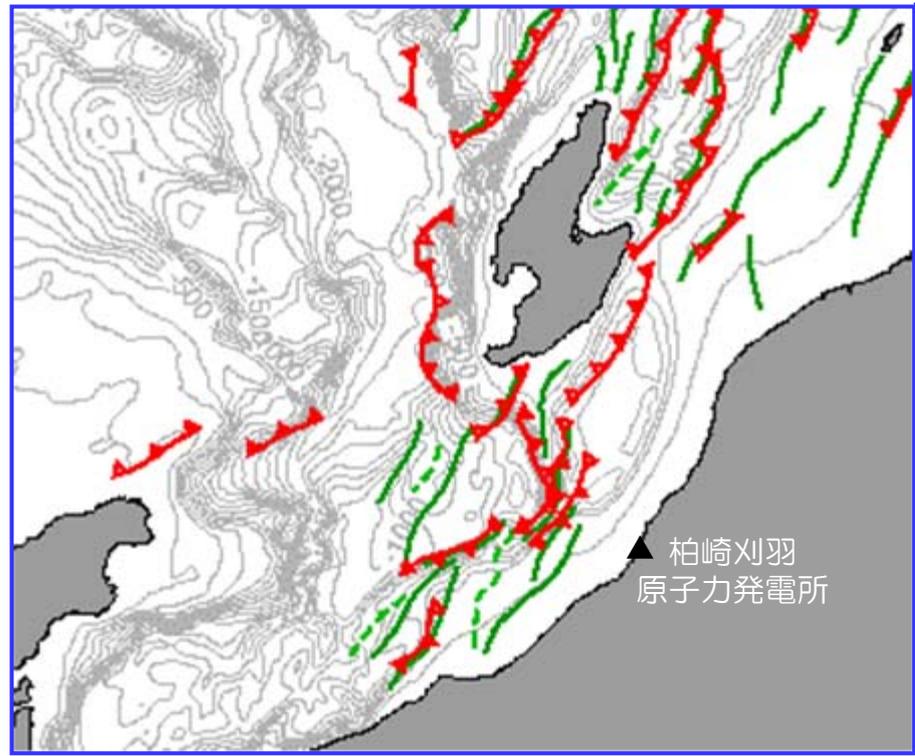
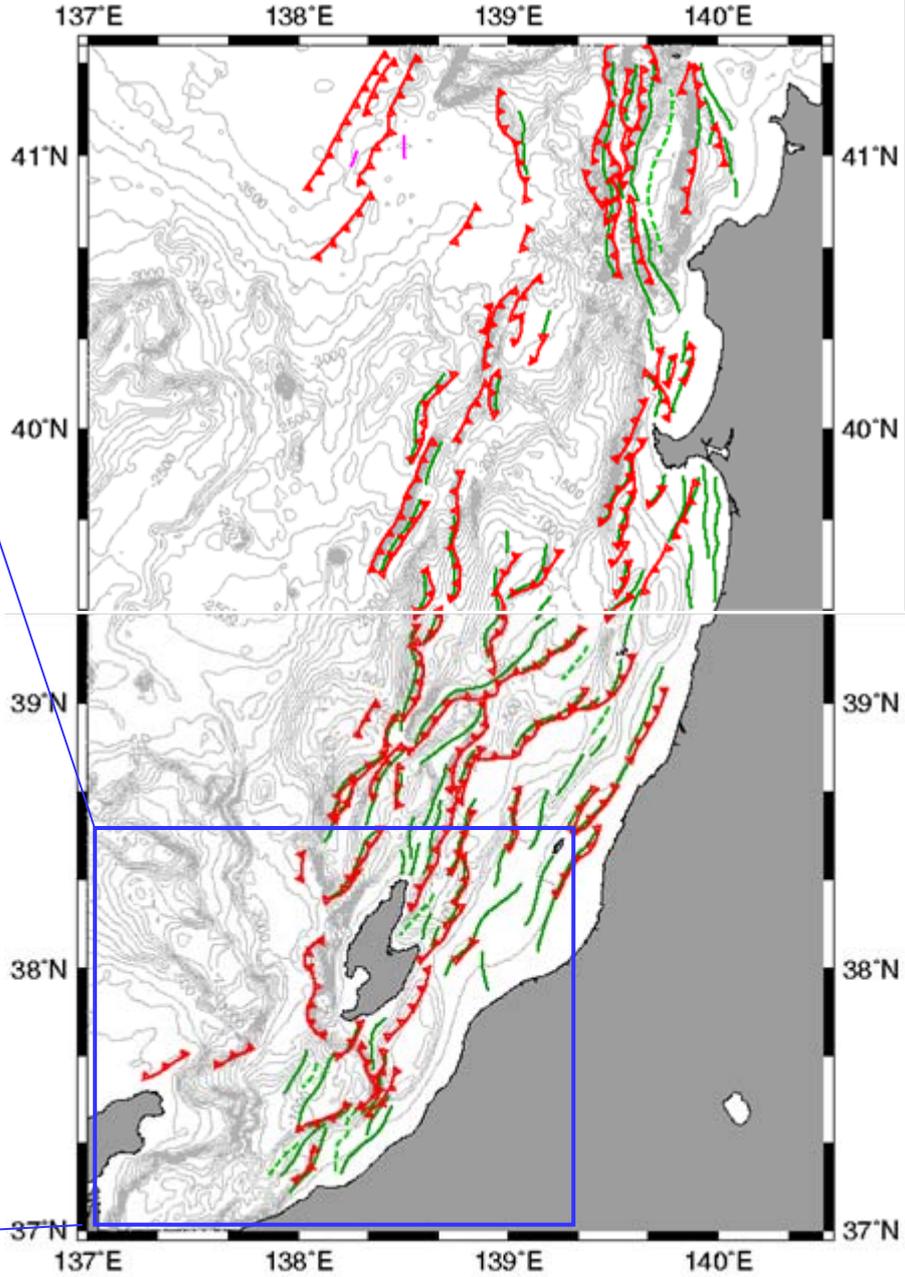


---

## 6. 海底地すべりに関する文献調査

# 6. 文献調査 ①日本周辺海域の中新世最末期以降の地質構造発達史

● 徳山ほかによる「日本周辺海域の中新世最末期以降の地質構造発達史（2001）」では，敷地周辺海域に海底地すべりは示されていない。



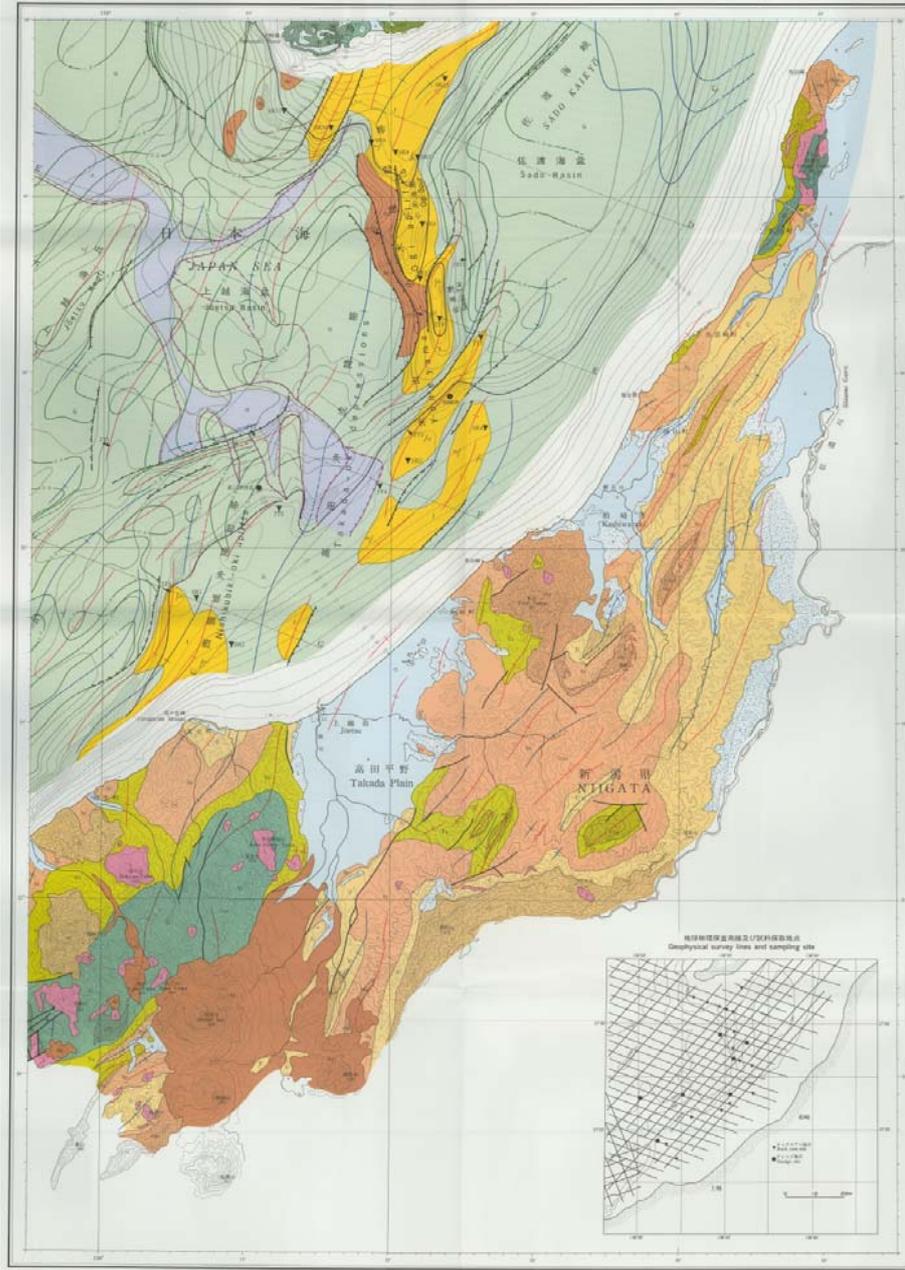
- 構造図 凡例
- 正断層
  - 逆断層
  - 断層(その他)
  - 背斜
  - 向斜
  - 地滑り

徳山ほか（2001）を編集



# 6. 文献調査 ③佐渡島南方海底地質図

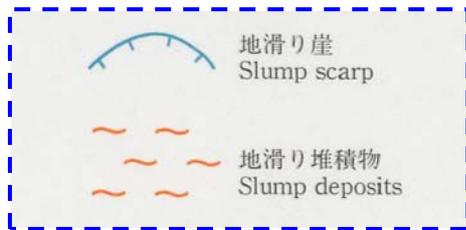
● 岡村ほかによる「20万分の1 佐渡島南方海底地質図 (1994)」では、海底地すべり地形は示されていない。



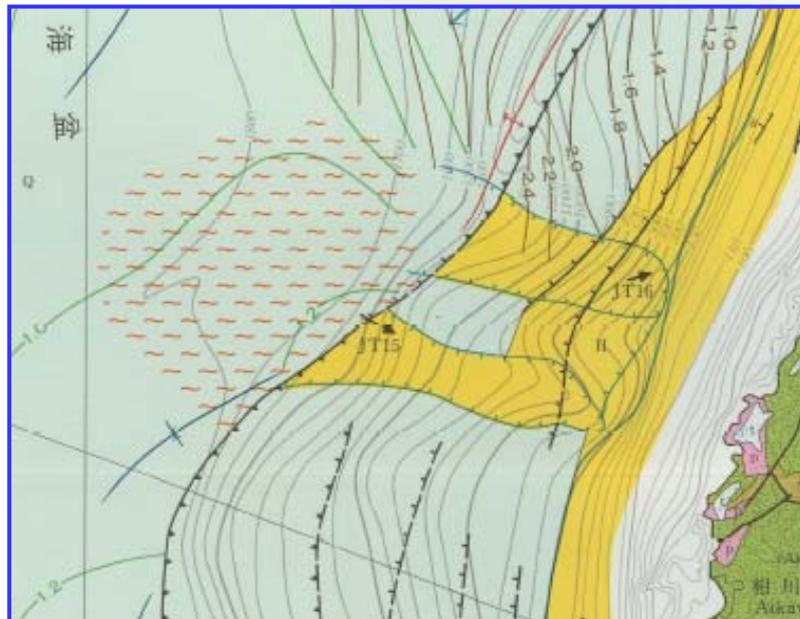
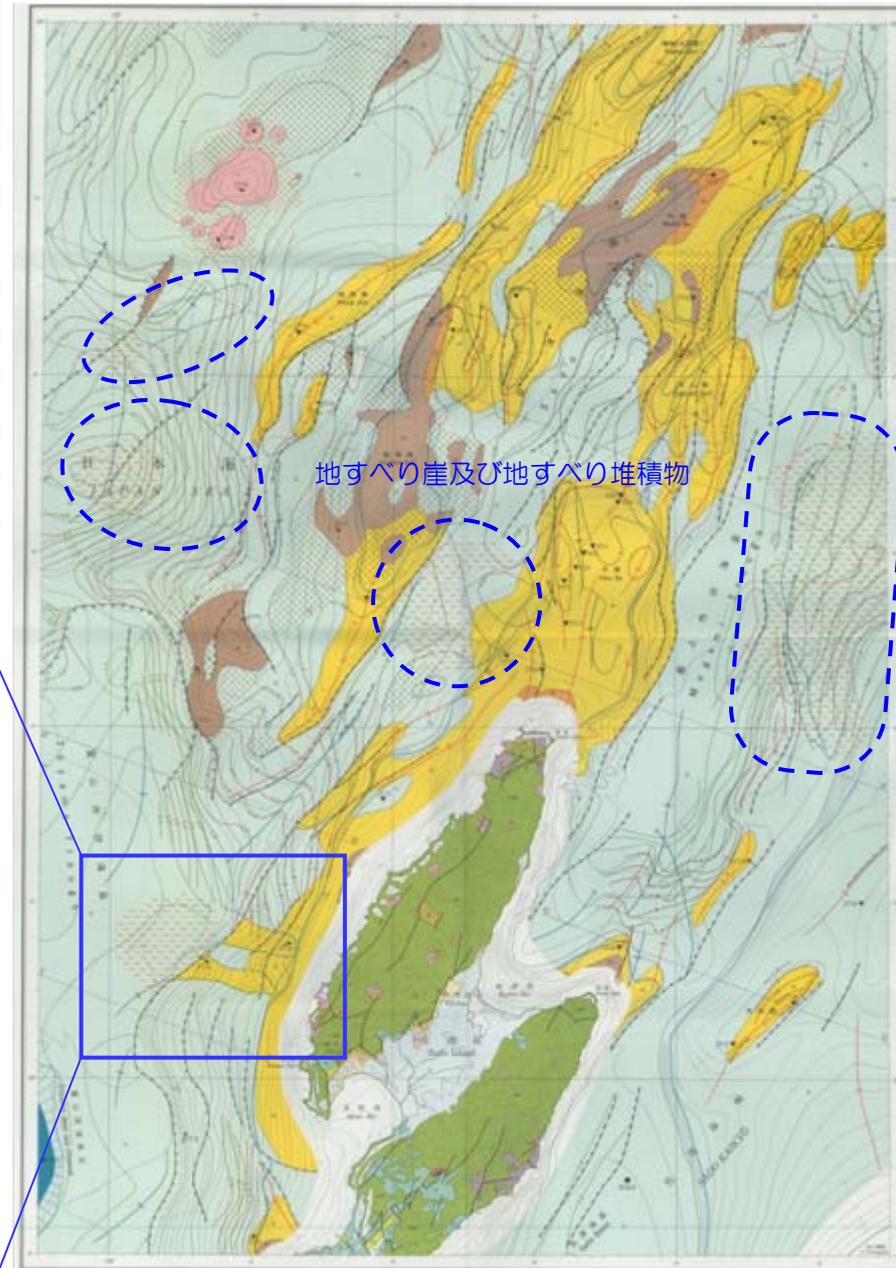
岡村ほか (1994) より抜粋

# 6. 文献調査 ④佐渡島北方海底地質図

- 岡村ほかによる「20万分の1 佐渡島北方海底地質図（1995）」では、佐渡島の西方沖などに地滑り崖・地滑り堆積物が示されている。



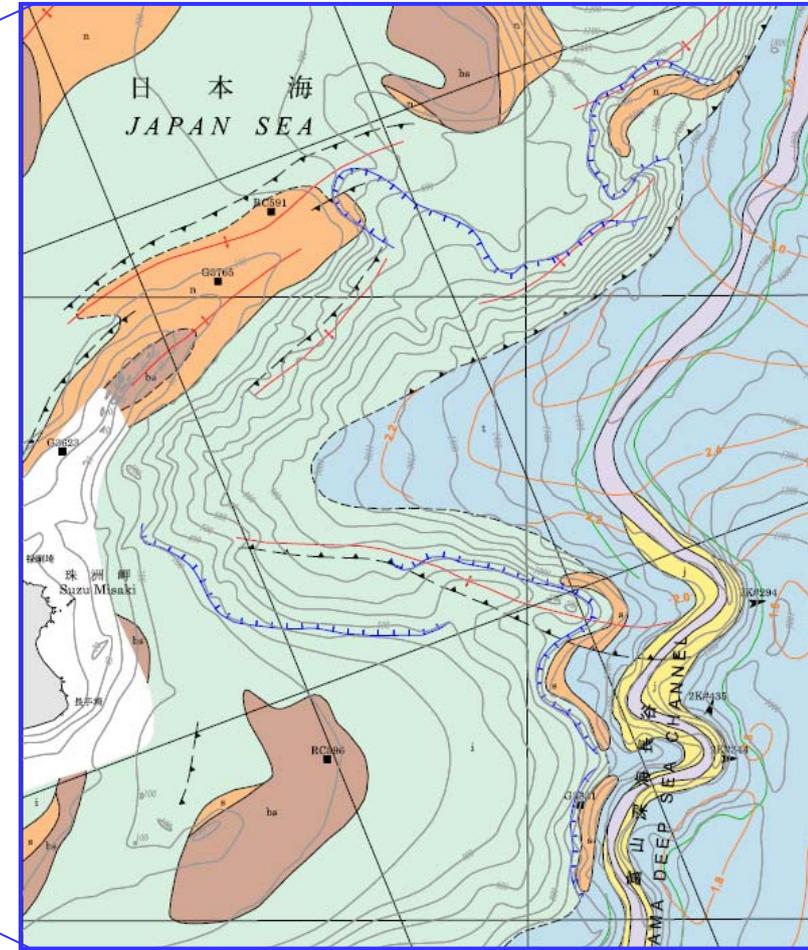
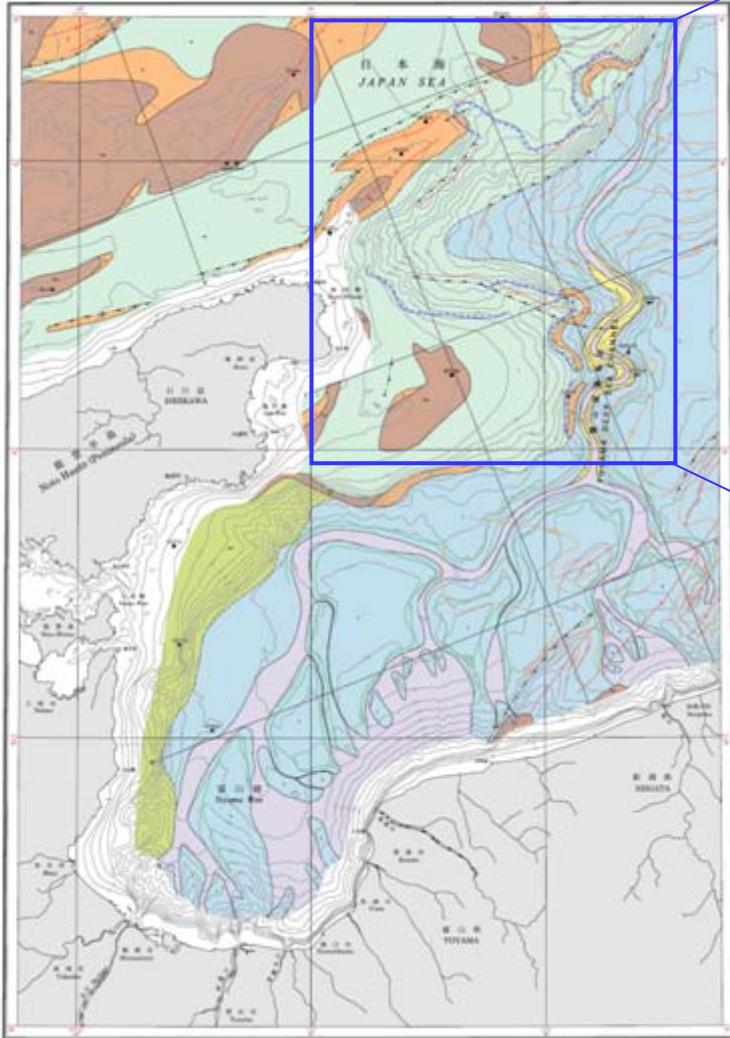
海域凡例 Offshore Legend			
最新期—第四紀 Late Pleocene— Quaternary	四洋沖積群、佐渡島沖積群 および近海沖積群など Ryūgasaki, Sadohakiyō, Takada-oki Groups and others	Q	砂・礫・泥 Sand, gravel and mud
中期中新世—鮮新世 Middle Miocene—Pliocene	平原層群および上越の層群 Hirane and Joetsu-oki Groups	H	泥質・砂質 Mudstone and sandstone
前期中新世 Early Miocene	向斜層群 Maibue Group	M1, M2, M3	泥質・礫石・礫層・火砕性 Mudstone, sandstone, conglomerate and pyroclastic rock
中新世—第四紀 Miocene—Quaternary	火山 Volcanos	V	火山岩、火砕岩 Volcanic rock, pyroclastic rock
前中新世—白垩紀 Pre-Middle Miocene	音響基底 Acoustic basement	Ba	ジュラ紀地塊、白垩紀花崗岩 断層群—前期中新世火山岩帯 Jurassic accretionary complex, Cretaceous granite, Oligocene— Early Miocene volcanic rock
	逆断層（破綻は伏在） Reverse fault (broken where concealed)		背斜軸（破綻は伏在） Anticlinal axis (broken where concealed)
	正断層（破綻は伏在） Normal fault (broken where concealed)		向斜軸（破綻は伏在） Synclinal axis (broken where concealed)
	未区分層（クマ）は急下断、破綻は伏在 Undifferentiated fault (barbs on downthrown side, broken where concealed)		歪行傾斜 Dip and strike
	地滑り崖 Slump scarp		ロックコア採取地点 Rock core site
	地滑り堆積物 Slump deposits		ドレッジ試料採取地点 Dredge site
	海峽谷 Canyon		基礎試探 Drilling site
	高山深海水谷の壁と床 Wall and floor of Toyama deep sea channel		
	大陸棚外縁 Shelf edge		
	火山の噴出下の伏在 Concealed volcano		
	基礎の高まり（厚さ0.2秒以下の堆積物に覆われている部分） Basement high (covered by sediments thinner than 0.2 sec)		
	両洋沖積群、佐渡島沖積群および近海沖積群の等時群（往復走時、秒） Isopach of the Ryūgasaki, Sadohakiyō and Takada-oki Groups (two-way travel time in second)		
	音響基底あるいは向斜層群下層の深さ（往復走時、秒） Depth contour of acoustic basement or lower part of the Maibue Group (two-way travel time in second)		



岡村ほか（1995）に加筆

# 6. 文献調査 ⑤能登半島東方海底地質図

- 岡村による「20万分の1 能都半島東方海底地質図（2002）」では、能登半島の東方沖・北東沖に崩落崖上端が示されている。



岡村（2002）に加筆

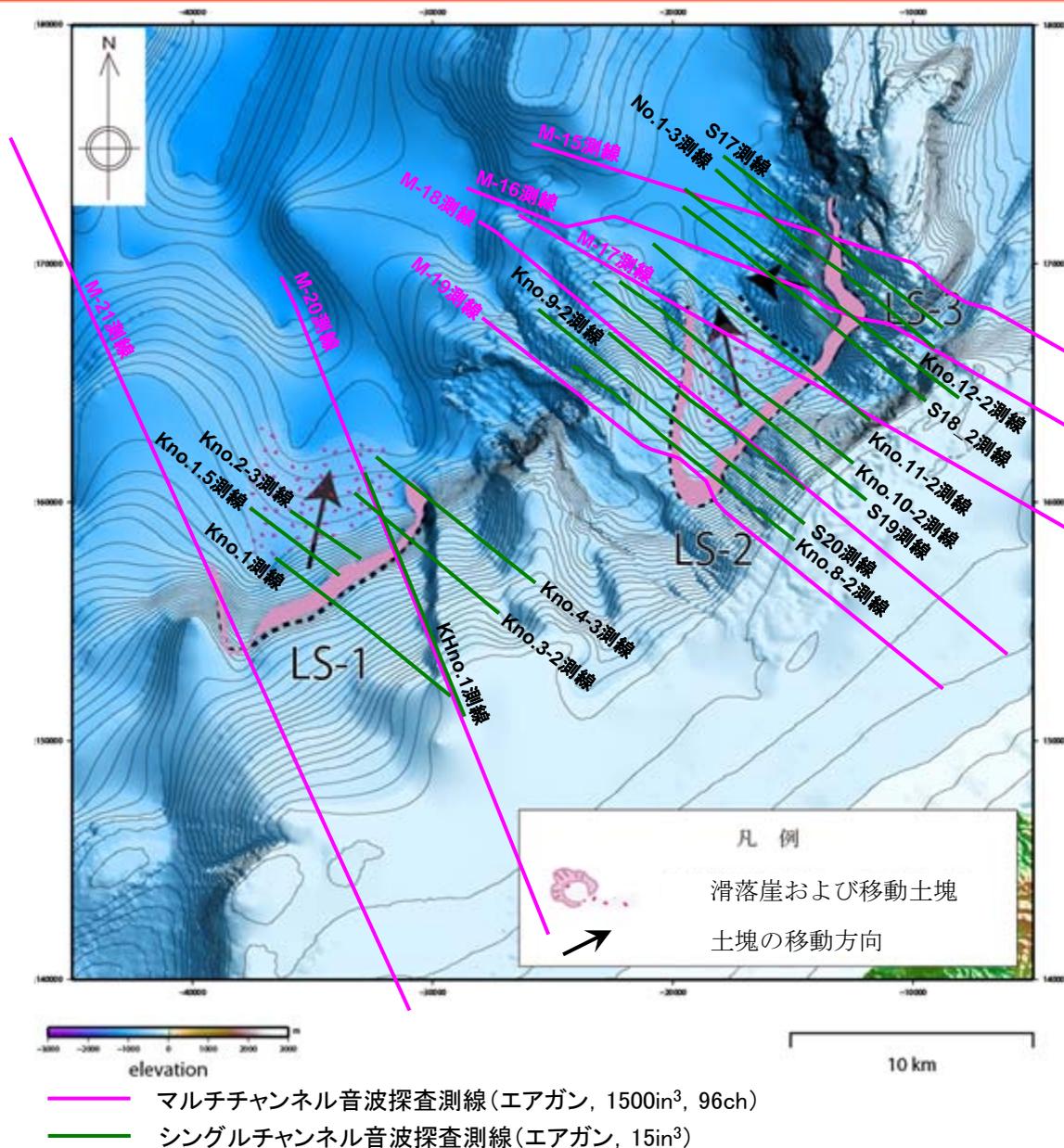
---

## 7. 海上音波探査記録の参照

# 7. 海上音波探査記録の参照

- 敷地周辺海域では、マルチチャンネル及びシングルチャンネルの海上音波探査を実施している。
- 海底地形判読結果から抽出した海底地すべりLS-1, LS-2, LS-3について、海上音波探査の測線位置との位置関係を示す。
- また、海底地すべりLS-1, LS-2, LS-3と、音波探査記録及び海底地質断面との関係を次ページ以降に整理した。

LS-1, LS-2, LS-3の音波探査記録（海底地形及び反射面）は、海底地形判読の結果と整合的であることを確認した。



音波探査測線位置図

# 7. 海上音波探査記録の参照

## ■ LS-1

測線	海底地形	反射面
M21	凹地形	乱れは認められない
Kno.1	凹凸地形	乱れが認められる
Kno.1.5	凹凸地形	表層下部に堆積層の乱れが認められる
Kno2-3	凹凸地形	斜面基部付近では反射面の乱れが認められない
M20	特記事項なし	斜面基部に地層の不連続及び地層の欠如が認められる
KHno.1	特記事項なし	斜面基部の記録が不明瞭
Kno3-2	凹凸地形	乱れは認められない
Kno4-3	特記事項なし	斜面基部に反射面の不連続が認められる

↑  
南

北  
↓

LS-1は、海底地形及び反射面から、地すべりの可能性が認められた。

## ■ LS-2

測線	海底地形	反射面
M19	凹状の地形	乱れは認められない
S20	凹状の地形	乱れは認められない
Kno.8-2	凹状の地形	乱れは認められない
Kno.9-2	凹状の地形	乱れは認められない
M18	凹状の地形	乱れは認められない
S19	凹状の地形	乱れは認められない
Kno.10-2	凹凸地形	乱れは認められない
M17	凹状の地形	乱れは認められない
Kno.11-2	凹凸地形	乱れは認められない

↑  
南

北  
↓

LS-2は、海底地形から地すべりの可能性が認められたが、反射面からは地すべりの可能性は認められない。

## ■ LS-3

測線	海底地形	反射面
Kno.12-2	凹凸地形	乱れが認められる
S18_2	凹凸地形	乱れが認められる
M16	凹凸地形	乱れは認められない
Kno.1-3	凹凸地形	斜面基部では記録が不明瞭
M15	凹凸地形	堆積層の乱れがやや認められる
S17	凹凸地形	斜面から基部にかけて記録が不明瞭

↑  
南

北  
↓

LS-3は、海底地形及び反射面から、地すべりの可能性が認められた。

## ■ LS-1南方

測線	海底地形	反射面
M21	特記事項なし	乱れは認められない
Kno.1	特記事項なし	乱れは認められない
M20	特記事項なし	乱れは認められない
KHno.1	特記事項なし	乱れは認められない

↑  
南

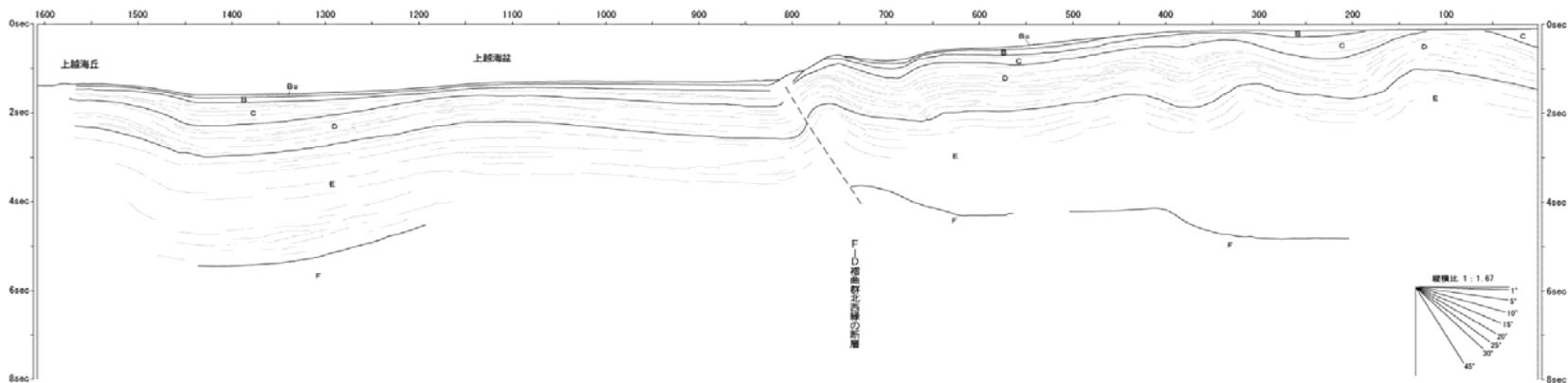
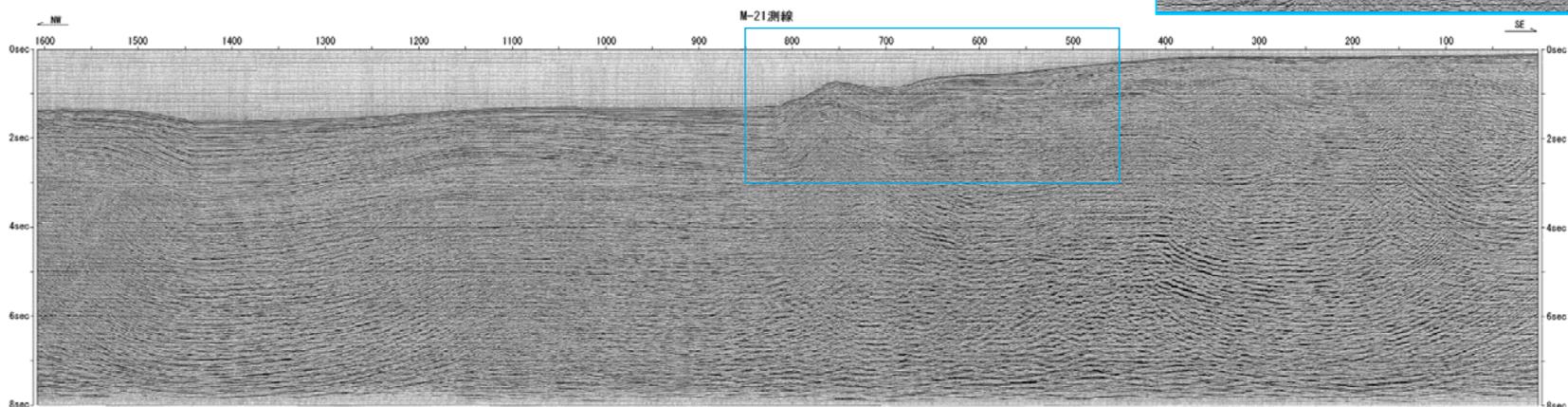
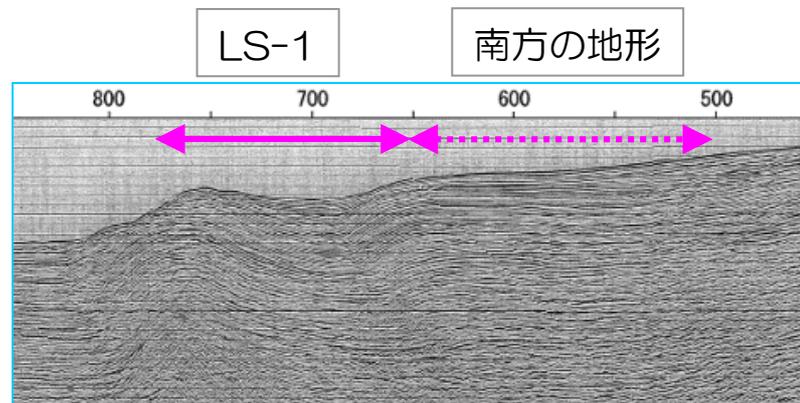
北  
↓

LS-1南方は、海底地形及び反射面から、地すべりの可能性は認められない。

# 7. 海上音波探査記録の参照

## ■ M-21測線 (マルチチャンネル)

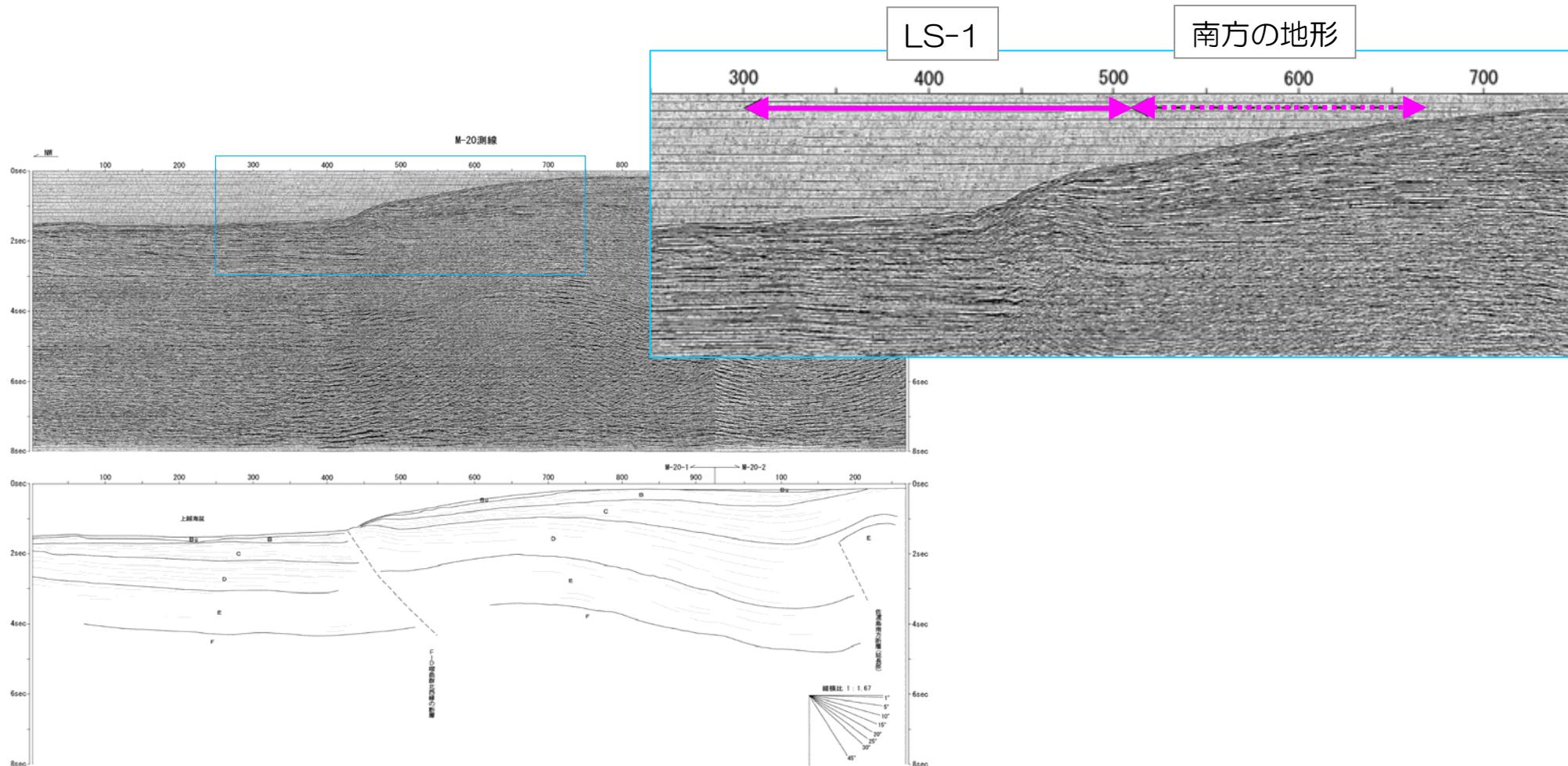
- LS-1に対応する海底面に凹状の地形が認められるが、堆積層に乱れは認められない。
- LS-1南方斜面において、堆積層は成層しており、乱れは認められない。



# 7. 海上音波探査記録の参照

## ■ M-20測線 (マルチチャンネル)

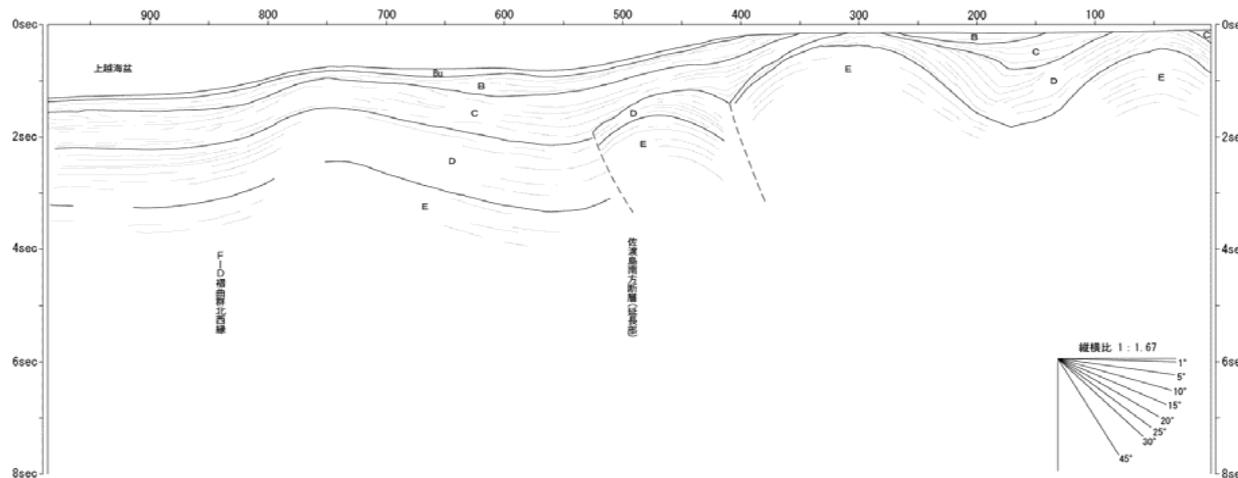
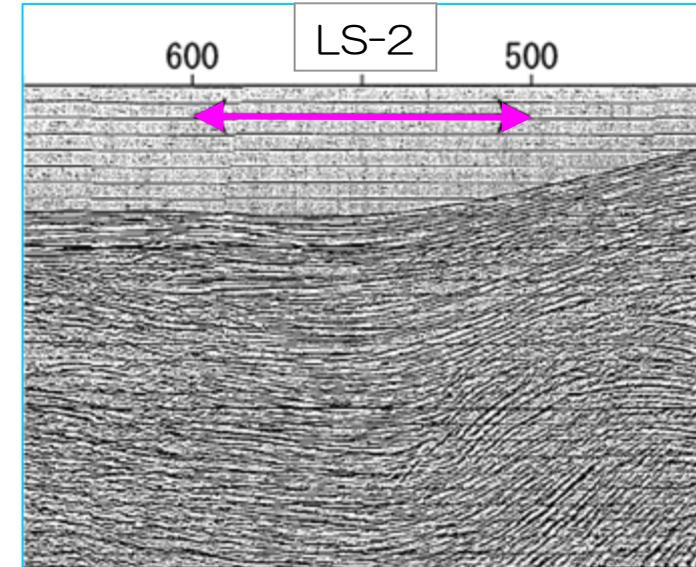
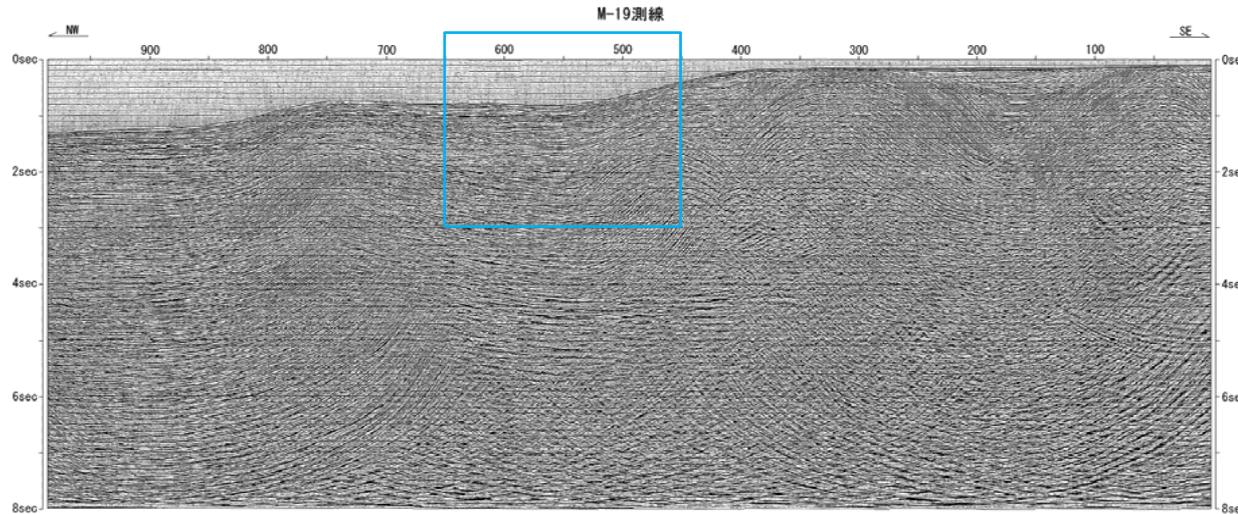
- LS-1に対応する斜面基部付近に、地層の不連続及び地層の欠如が認められる。
- LS-1南方斜面において、堆積層は成層しており、乱れは認められない。



# 7. 海上音波探査記録の参照

## ■ M-19測線 (マルチチャンネル)

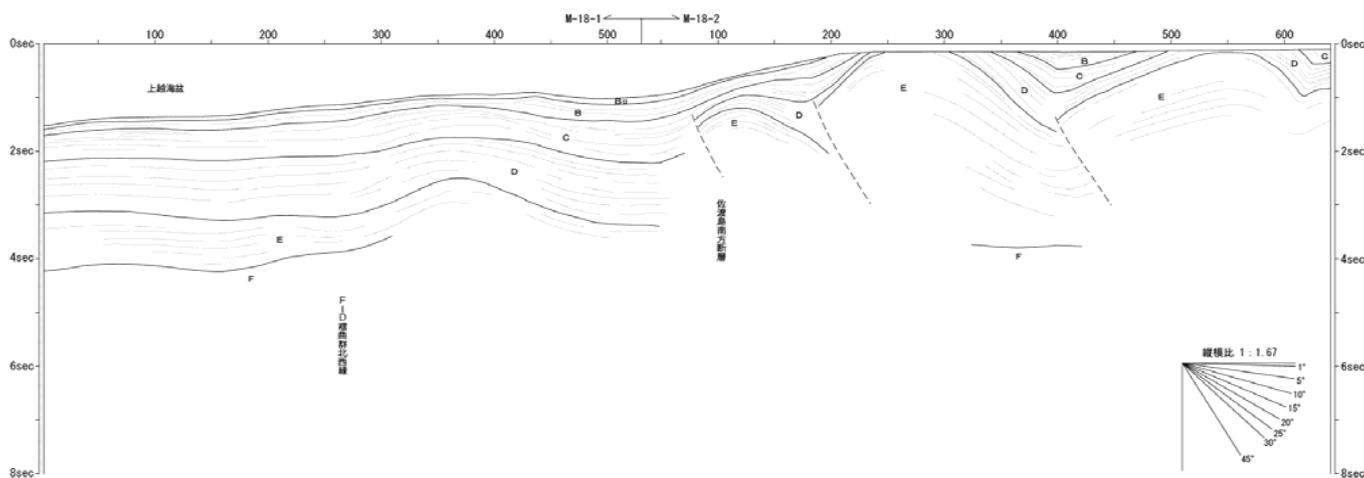
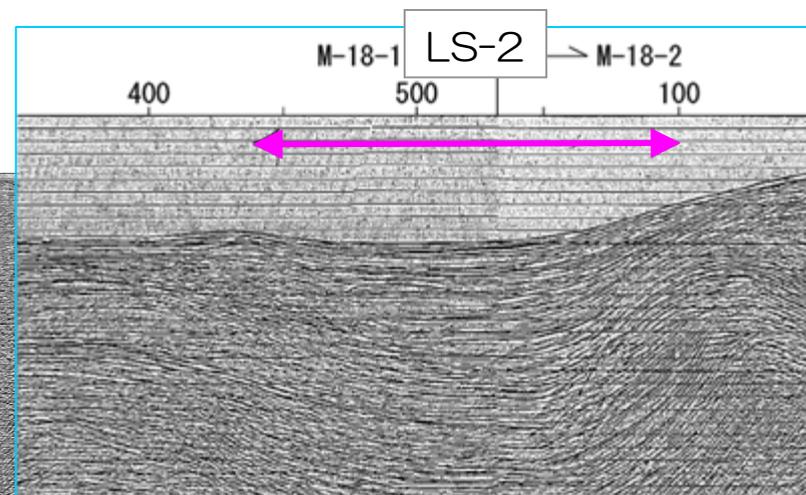
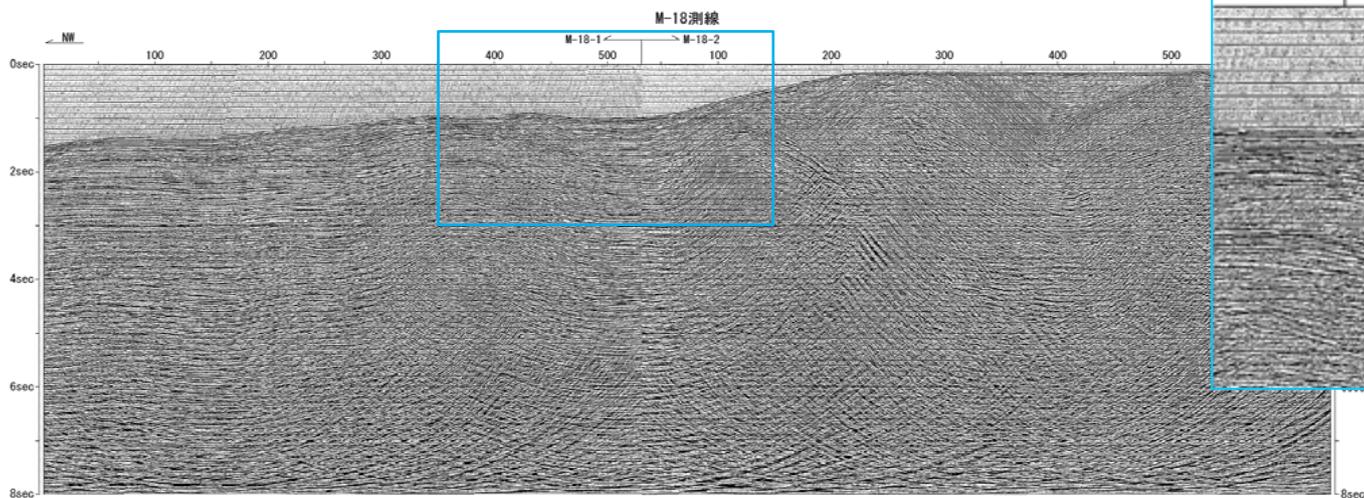
- LS-2に対応する海底面に凹状の地形が認められるが、堆積層は成層しており、乱れは認められない。



# 7. 海上音波探査記録の参照

## ■ M-18測線 (マルチチャンネル)

- LS-2に対応する海底面に凹状の地形が認められるが、堆積層は成層しており、乱れは認められない。

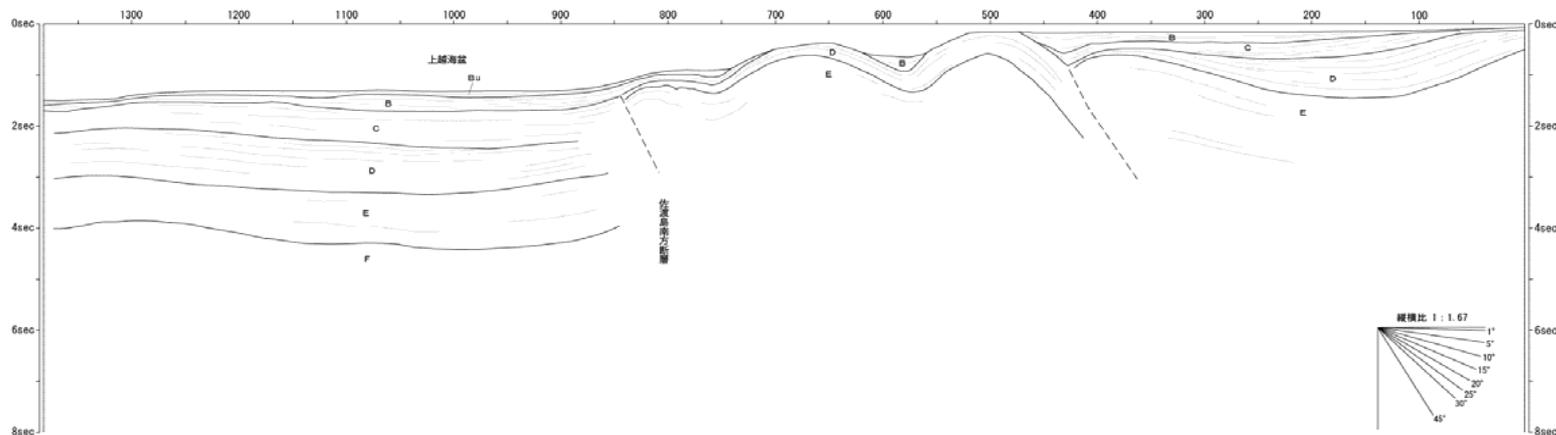
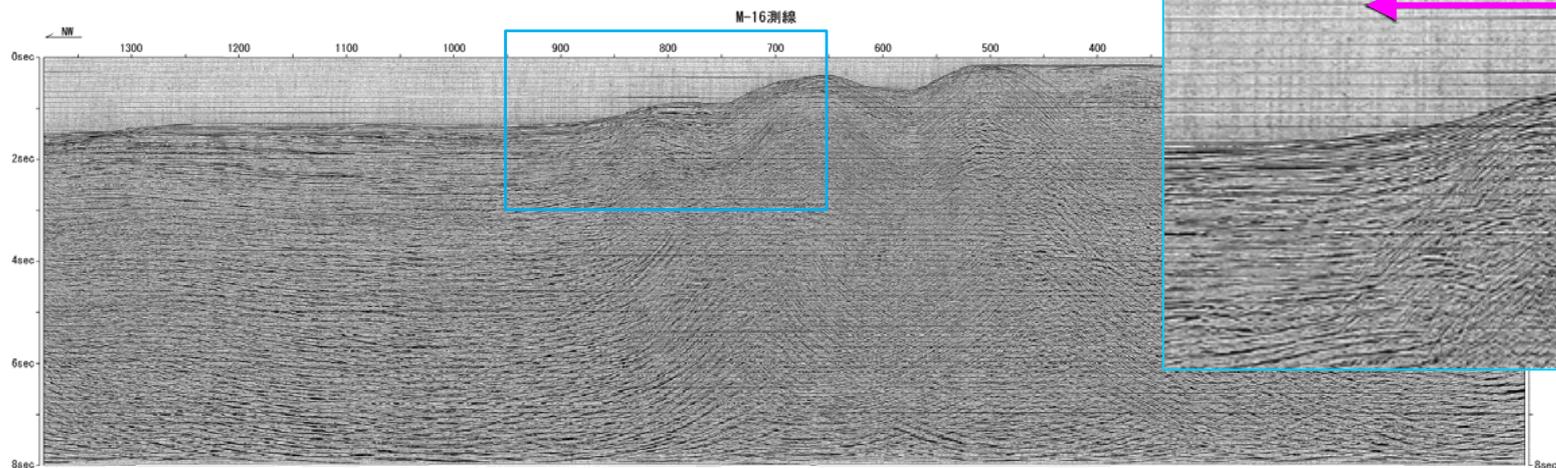




# 7. 海上音波探査記録の参照

## ■ M-16測線 (マルチチャンネル)

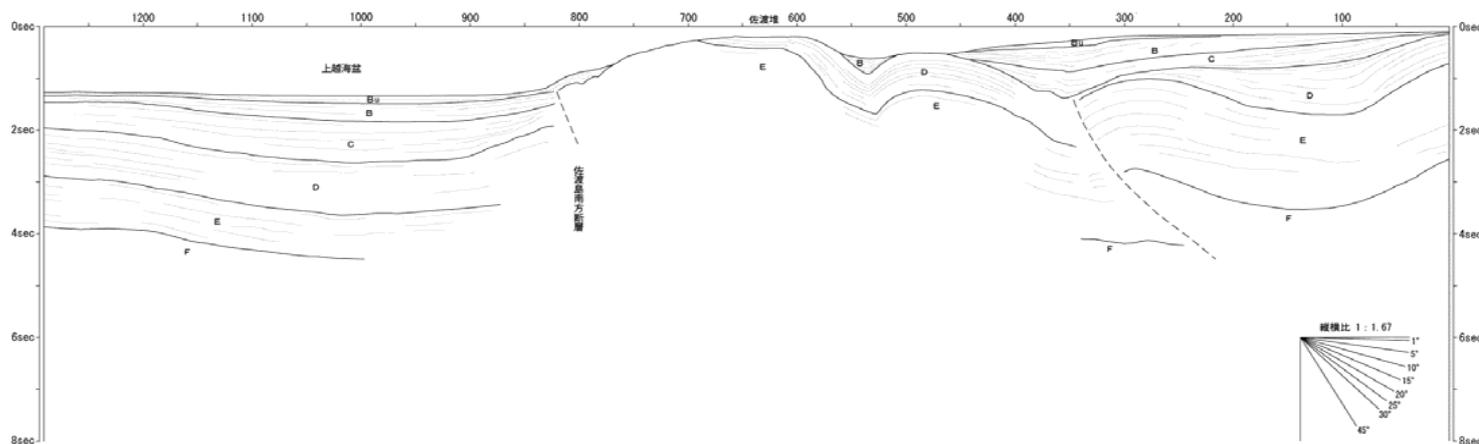
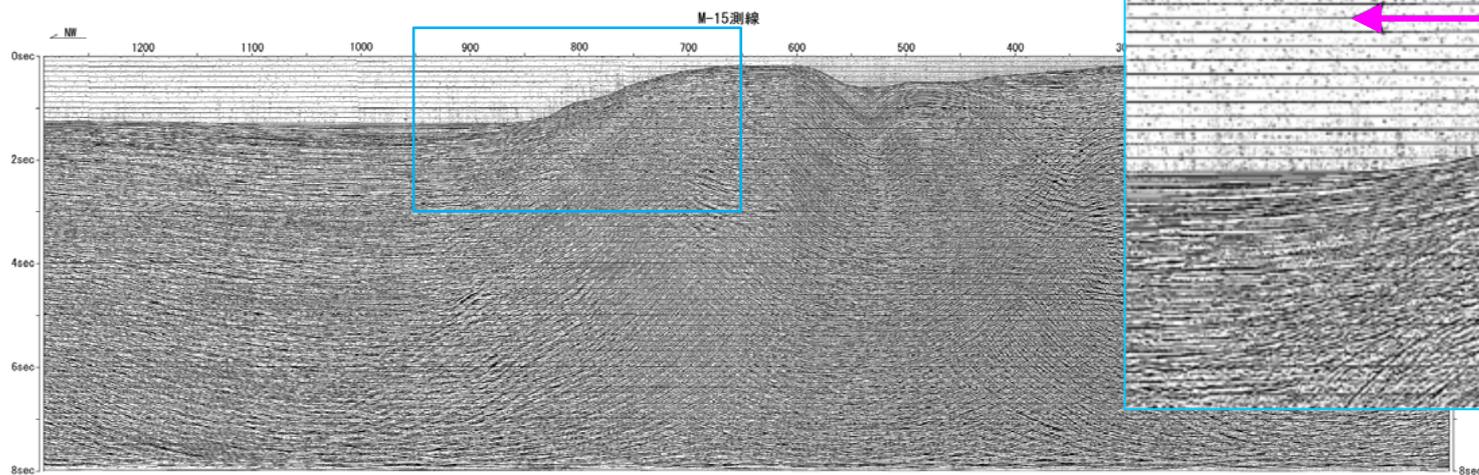
- LS-3に対応する斜面に地形の凹凸が認められるが、堆積層は成層しており、乱れは認められない。



# 7. 海上音波探査記録の参照

## ■ M-15測線 (マルチチャンネル)

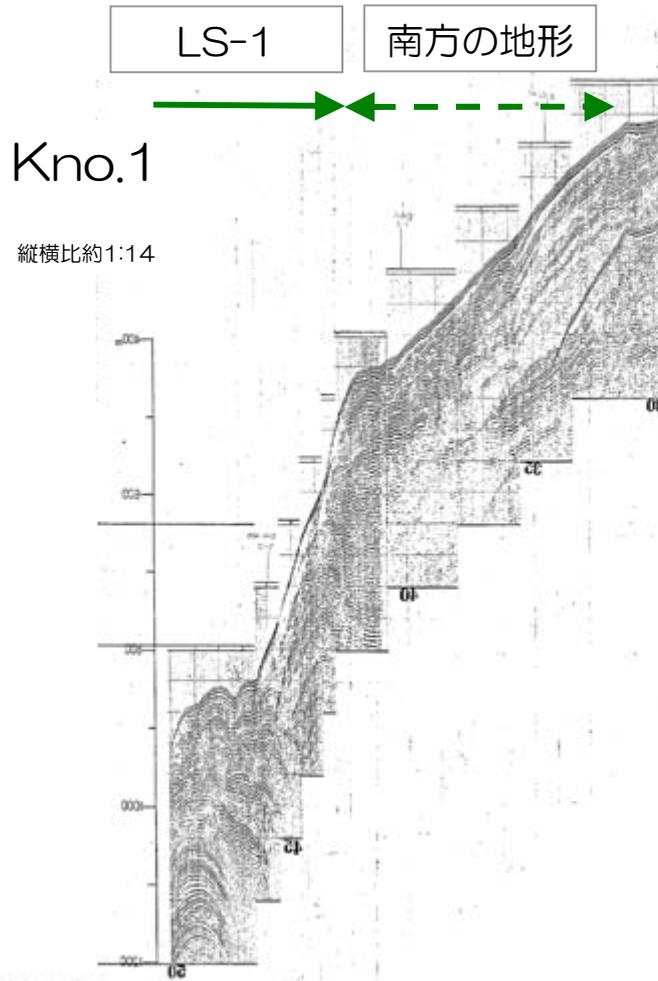
- LS-3に対応する斜面に地形の凹凸が認められるとともに、堆積層の乱れがやや認められる。



# 7. 海上音波探査記録の参照

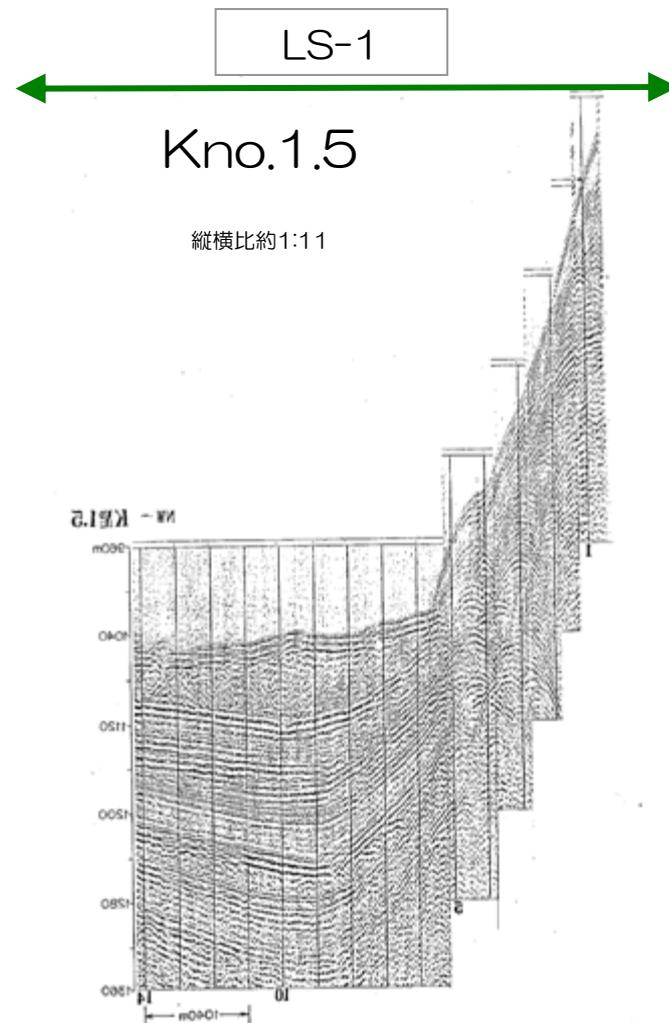
## ■ Kno.1測線 (シングルチャンネル)

- LS-1に対応する斜面に地形の凹凸が認められるとともに、反射面の乱れが認められる。
- LS-1南方斜面において、反射面はほぼ連続しており、顕著な乱れは認められない。



## ■ Kno.1.5測線 (シングルチャンネル)

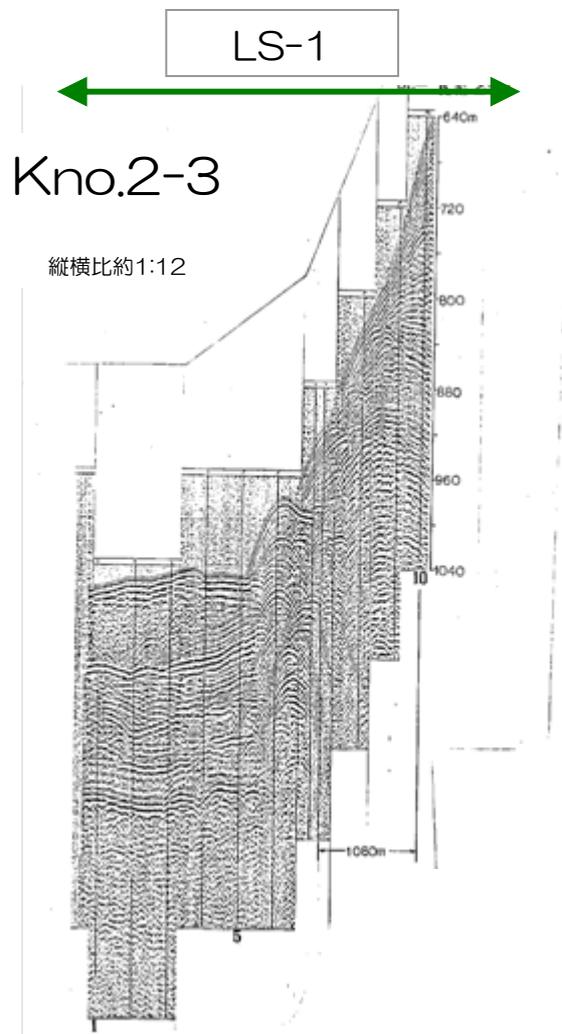
- LS-1に対応する斜面に地形の凹凸が認められるとともに、海底盆の表層下部に堆積層の乱れが認められる。



# 7. 海上音波探査記録の参照

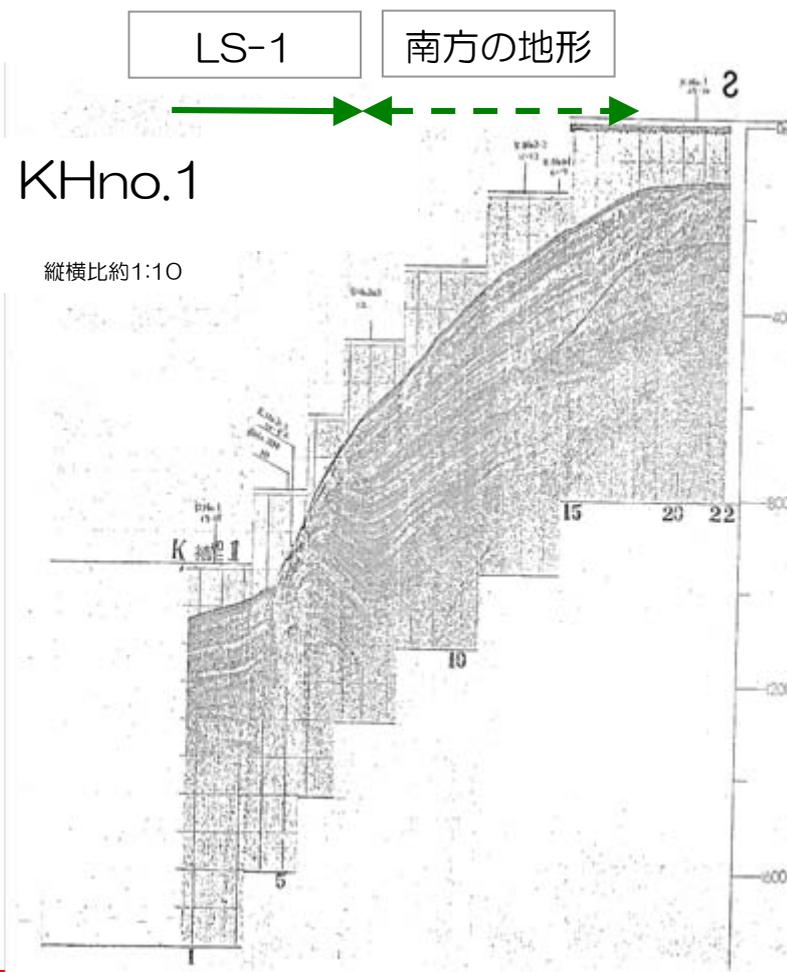
## ■ Kno.2-3測線 (シングルチャンネル)

- LS-1に対応する斜面に地形の凹凸が認められるとともに、斜面基部付近では反射面の乱れが認められる。



## ■ KHno.1測線 (シングルチャンネル)

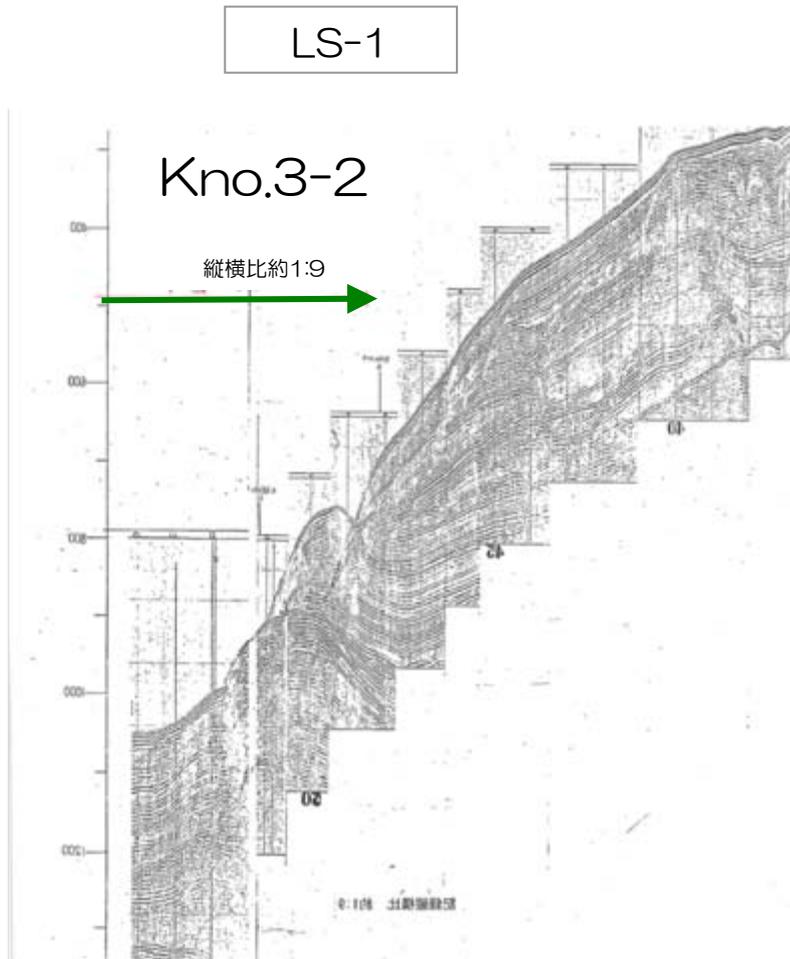
- LS-1に対応する斜面の基部付近では記録が不明瞭である。
- 海盆底の堆積層は成層しており、乱れは認められない。
- LS-1南方斜面において、反射面はほぼ連続しており、顕著な乱れは認められない。



# 7. 海上音波探査記録の参照

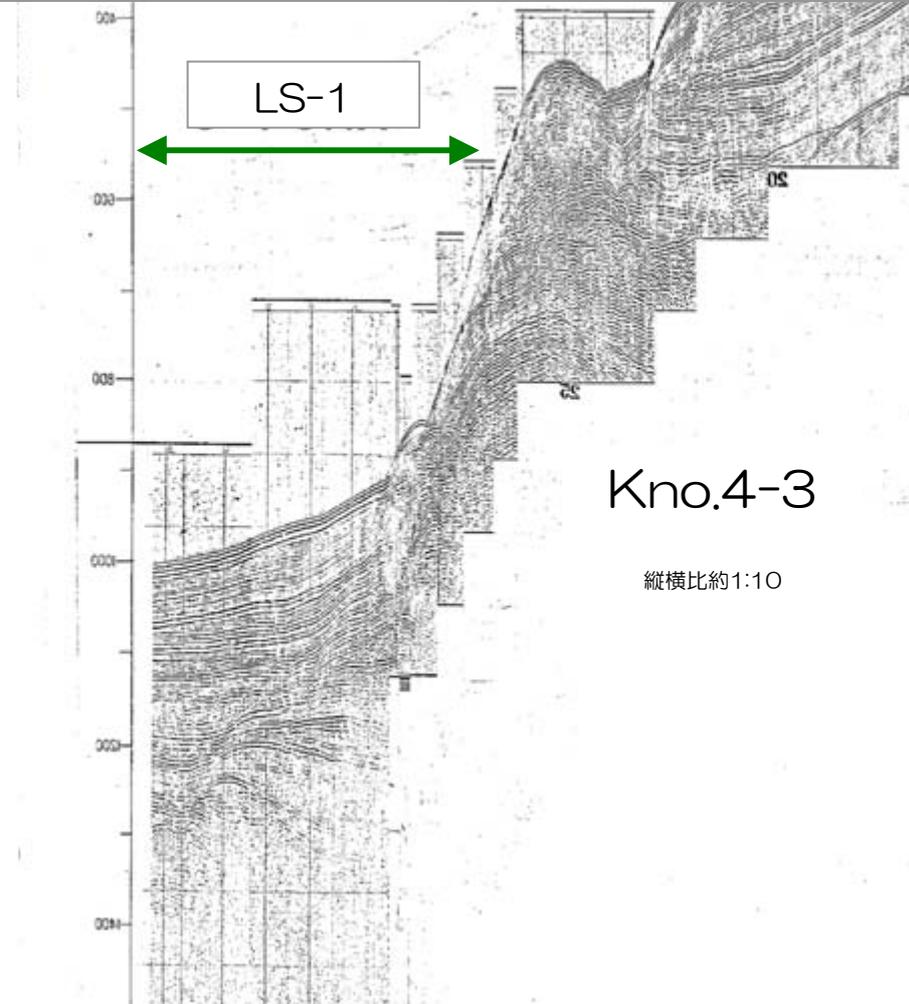
## ■ Kno.3-2測線 (シングルチャンネル)

- LS-1に対応する斜面に地形の凹凸が認められるが、堆積層は成層しており、乱れは認められない。



## ■ Kno.4-3測線 (シングルチャンネル)

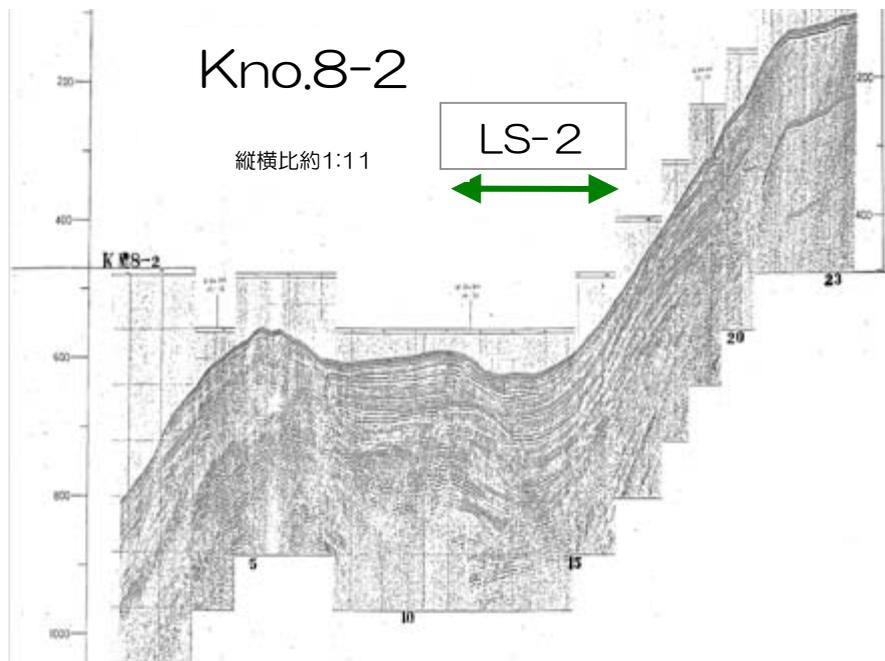
- LS-1に対応する斜面の基部付近では反射面に不連続が認められる。
- 海盆底の堆積層は成層しており、乱れは認められない。



# 7. 海上音波探査記録の参照

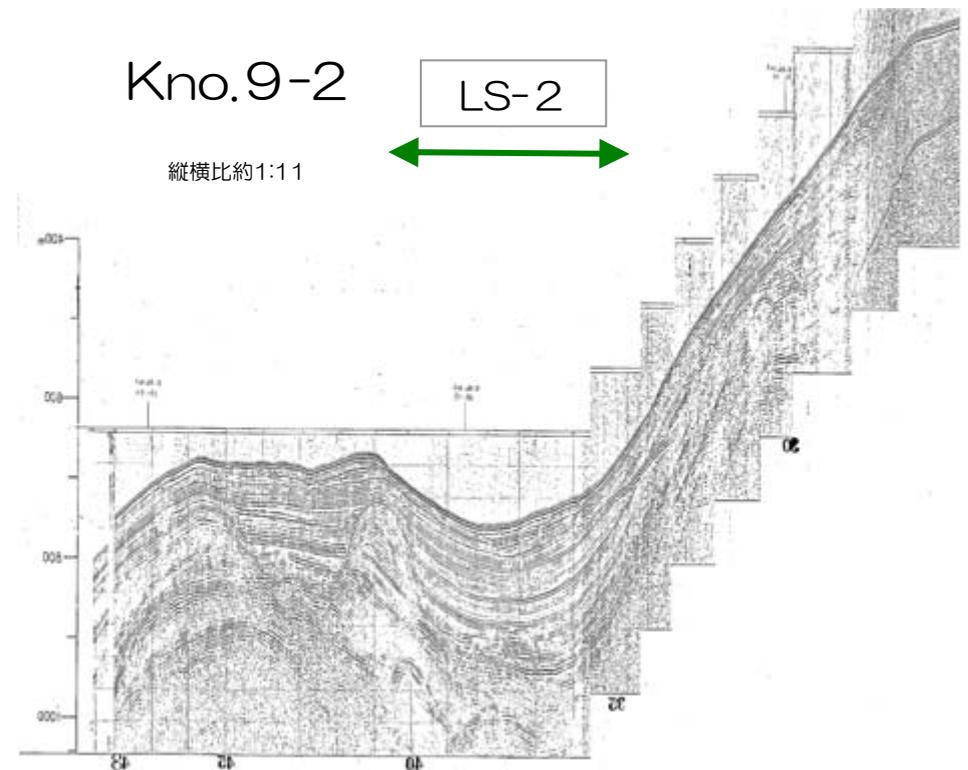
## ■ Kno.8-2測線 (シングルチャンネル)

- LS-2に対応する海底面に凹状の地形が認められるが、堆積層は成層しており、乱れは認められない。



## ■ Kno.9-2測線 (シングルチャンネル)

- LS-2に対応する海底面に凹状の地形が認められるが、堆積層は成層しており、乱れは認められない。



# 7. 海上音波探査記録の参照

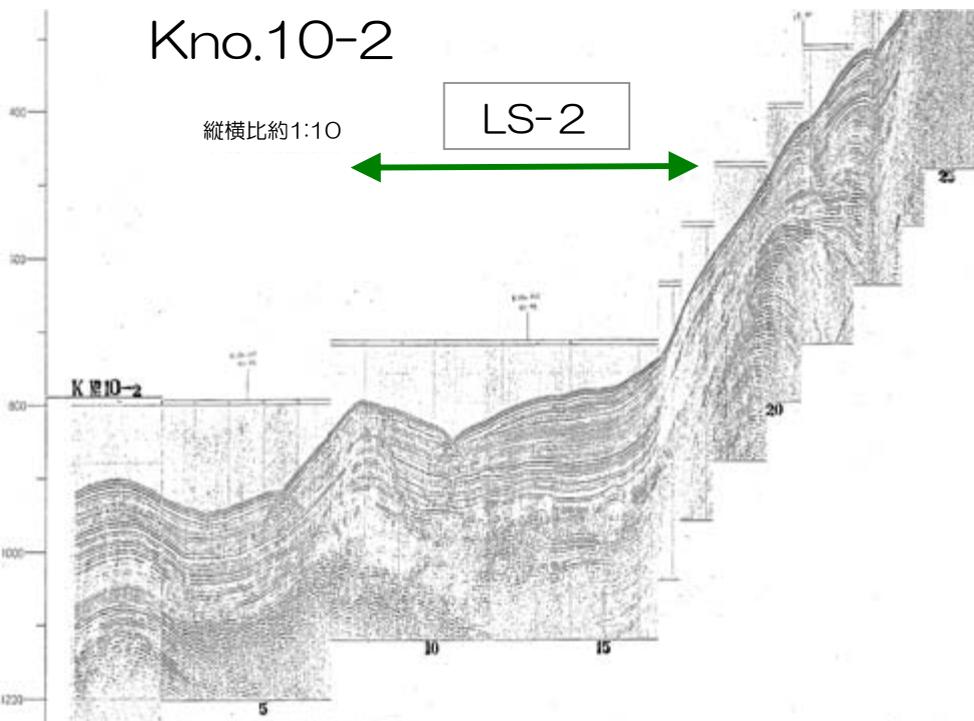
## ■ Kno.10-2測線 (シングルチャンネル)

- LS-2に対応する海底面に地形の凹凸が認められるが、堆積層は成層しており、乱れは認められない。

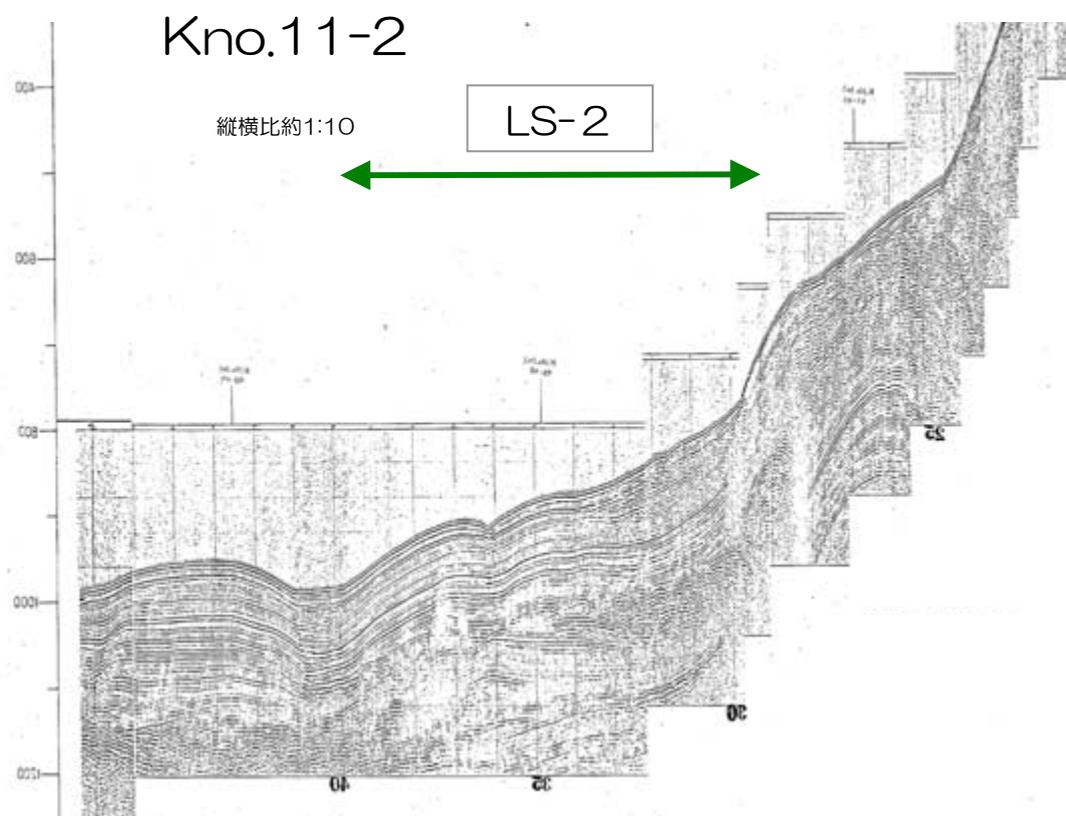
## ■ Kno.11-2測線 (シングルチャンネル)

- LS-2に対応する海底面に地形の凹凸が認められるが、堆積層は成層しており、乱れは認められない。

Kno.10-2



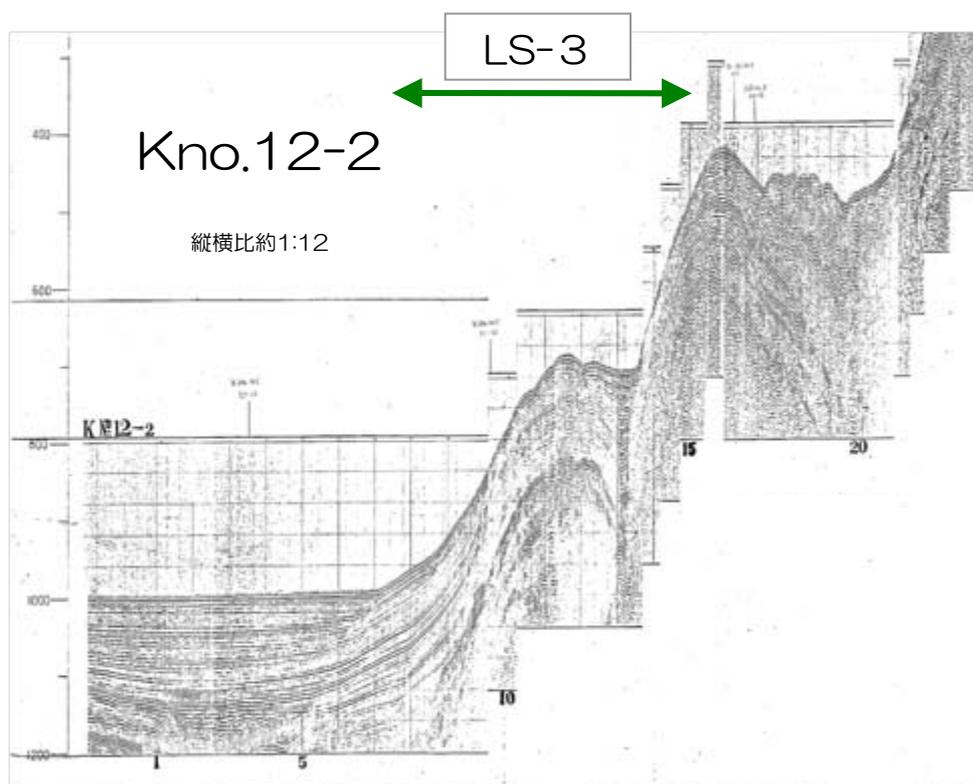
Kno.11-2



# 7. 海上音波探査記録の参照

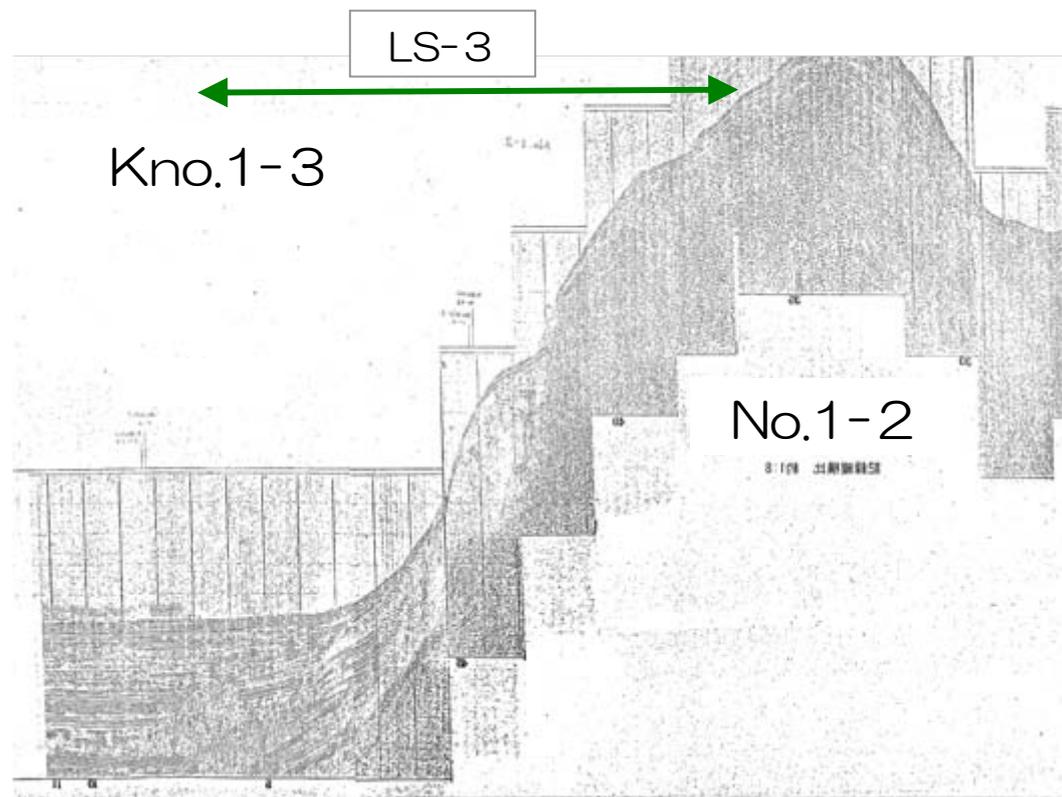
## ■ Kno.12-2測線 (シングルチャンネル)

- LS-3に対応する斜面に，地形の凹凸が認められるとともに，反射面の乱れが認められる。



## ■ Kno.1-3測線 (シングルチャンネル)

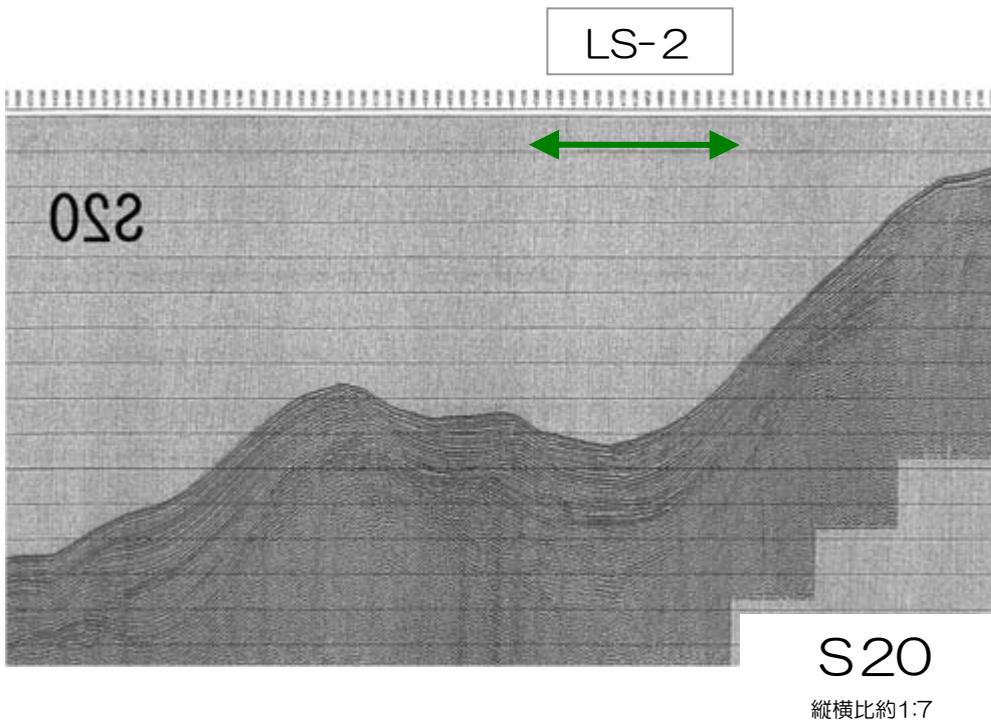
- LS-3に対応する斜面に，地形の凹凸が認められるとともに，一部では記録が不明瞭である。
- 海盆底の堆積層は成層しており，乱れは認められない。



# 7. 海上音波探査記録の参照

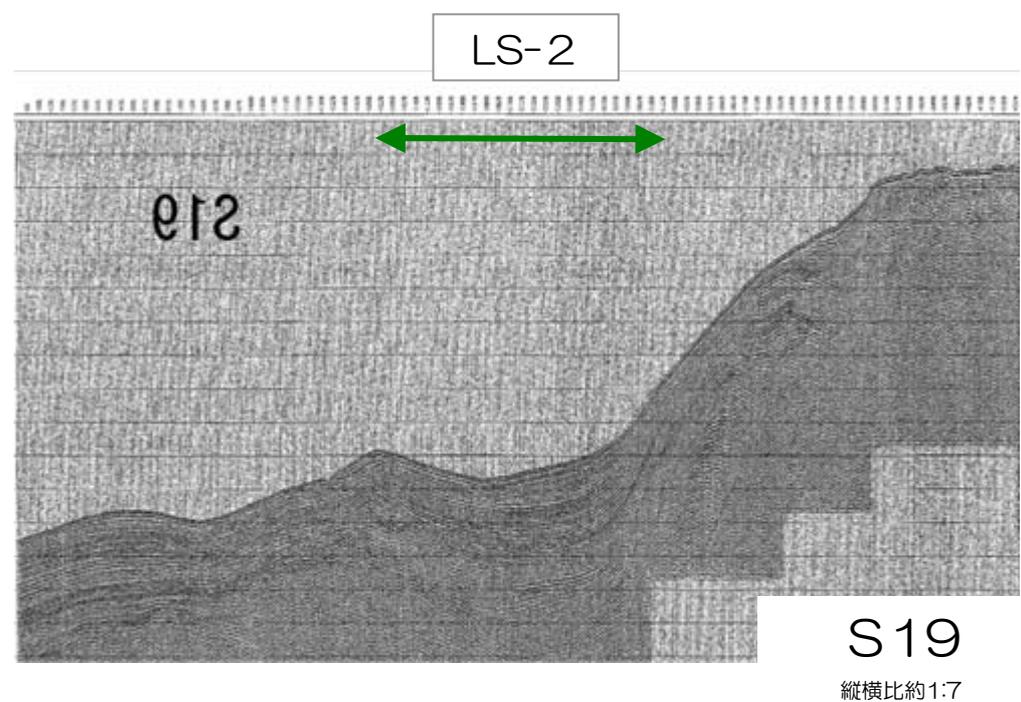
## ■ S20測線 (シングルチャンネル)

- LS-2に対応する海底面に凹状の地形が認められるが、斜面から基部にかけて堆積層は成層しており、乱れは認められない。



## ■ S19測線 (シングルチャンネル)

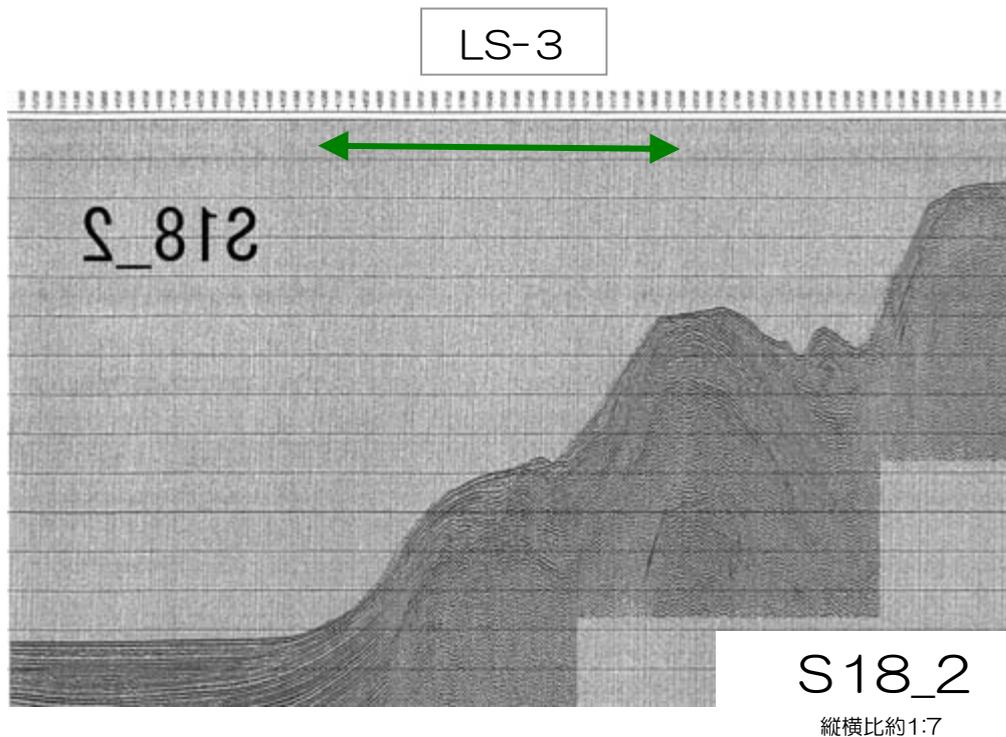
- LS-2に対応する海底面に凹状の地形が認められるが、斜面から基部にかけて堆積層は成層しており、乱れは認められない。



# 7. 海上音波探査記録の参照

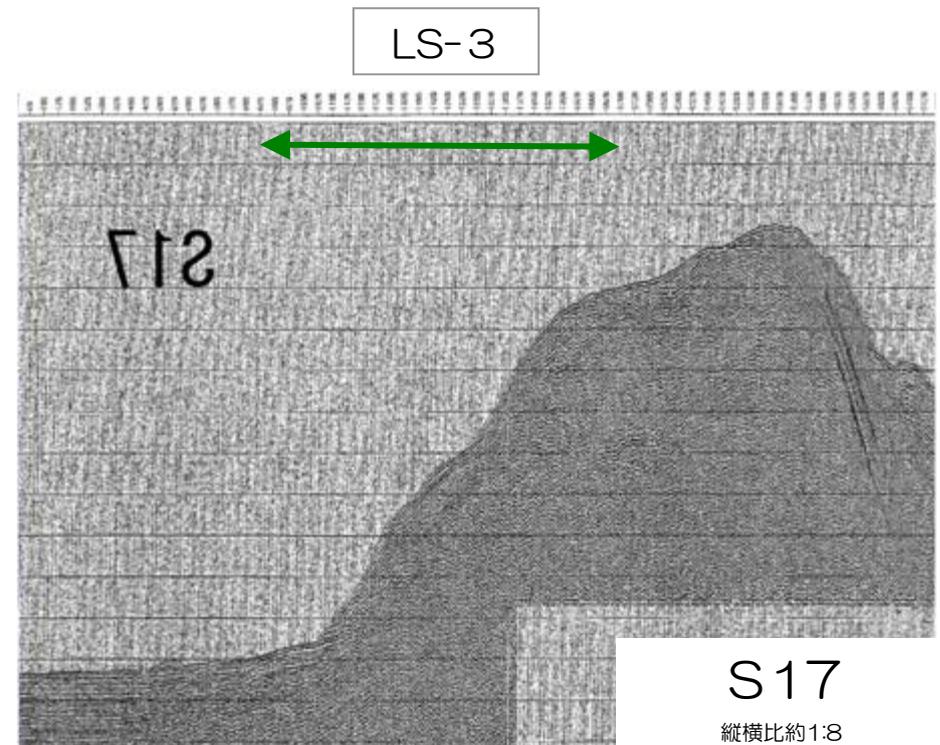
## ■ S18 2測線 (シングルチャンネル)

- LS-3に対応する斜面に地形の凹凸が認められるとともに、堆積層の乱れが認められる。



## ■ S17測線 (シングルチャンネル)

- LS-3に対応する斜面に地形の凹凸が認められるとともに、斜面から基部にかけて記録が不明瞭である。



---

## 8. 海底地すべり地形の設定の検討

# 8. 海底地すべり地形の設定の検討

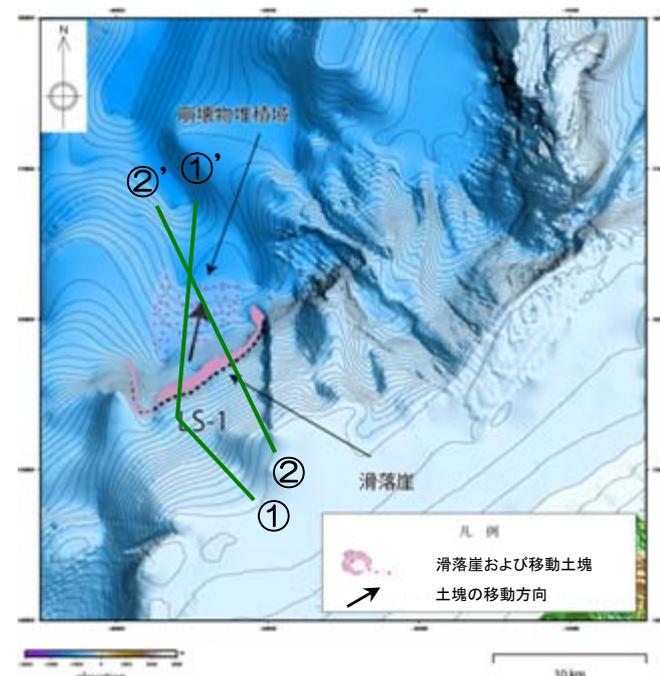
## ■ LS-1とその南側の海底地形についての検討

### 【海底地形判読】

- LS-1とその南側の海底地形では、東側の側方崖が連続しているようにも見える。
- 滑落崖ならびにすべり面の傾斜は、LS-1とその南側とでは大きく異なる。
- 仮に南側に地すべりを想定した場合にも、崩壊堆積物の痕跡がほとんど認められない。

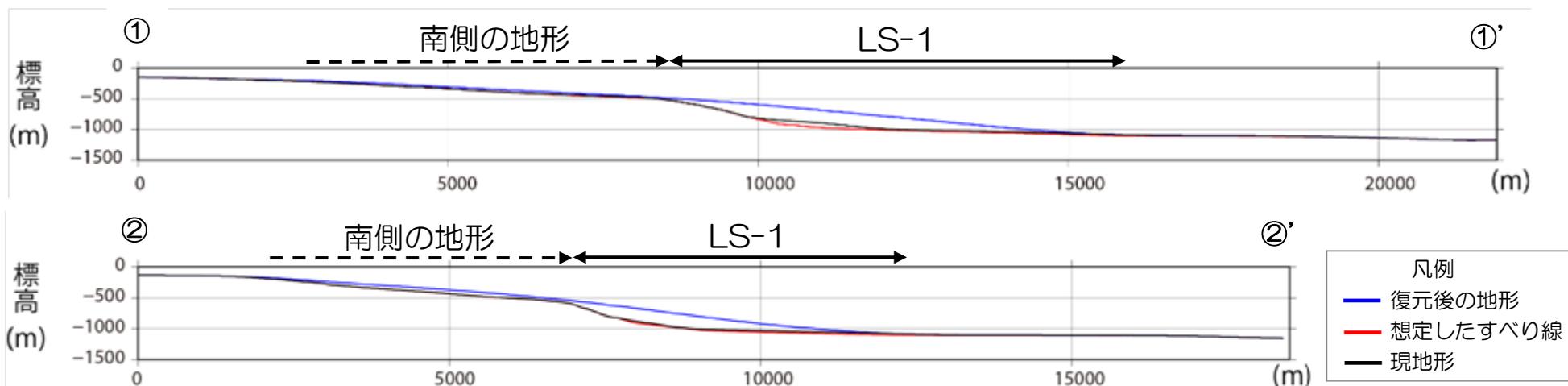
### 【海上音波探査記録】

- 海底地形及び反射面について、地すべりの特徴は認められない。



復元前の地形

LS-1とその南側の全体が同時に崩壊したとは考えにくい。



地形断面図

縦横比 1 : 1

# 8. 海底地すべり地形の設定の検討

## ■ LS-2とLS-3の同時発生についての検討

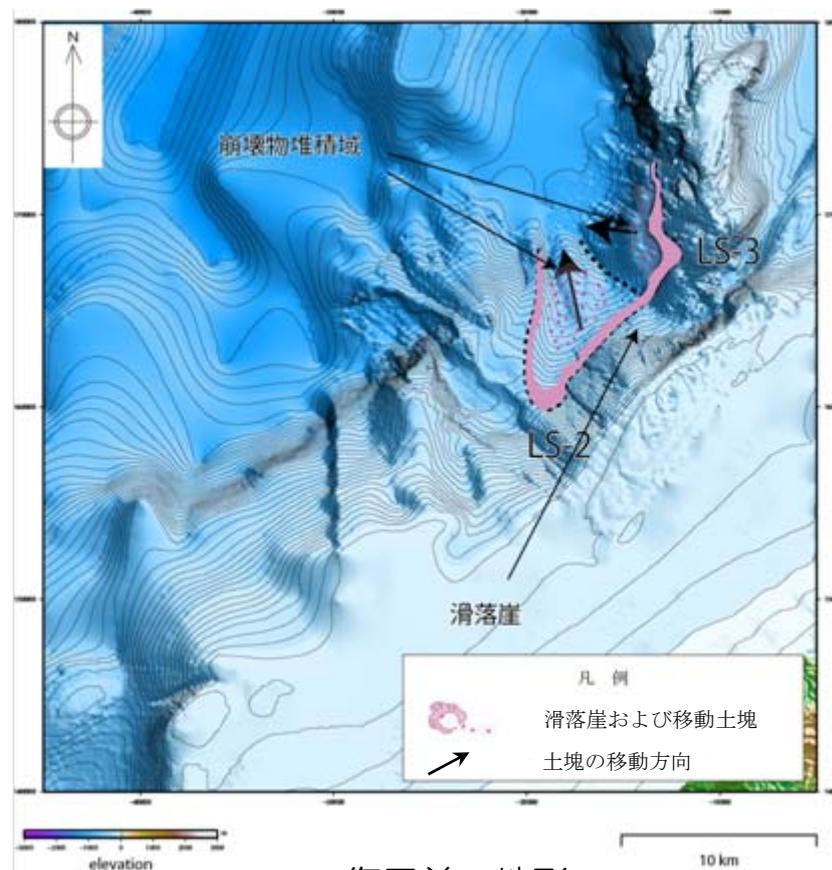
### 【海底地形判読】

- 崩壊物堆積域で異なる特徴が認められる。
  - ・ LS-2崩壊物堆積域では、舌状の緩傾斜面上に浅い開析谷が認められ固結の緩い移動土砂体である可能性を示している。
  - ・ LS-3崩壊物堆積域では、移動土塊が階段状に分布し複雑な形状を示している。
- 移動土塊の向きが異なる。
- LS-2の緩傾斜面をLS-3の緩傾斜面が覆っている。

### 【海上音波探査記録】

- 海底地形及び反射面について、以下の相違が認められる。
  - ・ LS-2は、凹状の海底地形が認められるものの、反射の乱れは認められない。
  - ・ LS-3は、海底地形の凹凸が認められるとともに、反射の乱れも認められる。

以上の相違が認められることから、LS-2とLS-3は別の土塊と考えられる。



復元前の地形

# 8. 海底地すべり地形の設定の検討

## ■ LS-2とLS-3が同時発生した場合の影響検討

- 念のための影響検討として、LS-2とLS-3の同時発生を仮定した場合について、二層流モデル（Maeno and Imamura, 2007）に基づく数値シミュレーションを実施した。
- 数値シミュレーションの検討条件は、現実的パラメータ設定（崩壊物密度 $1.8\text{g}/\text{cm}^3$ 、海底摩擦係数（下層）0.40）とした。
- 計算開始潮位は、上昇側は朔望平均満潮位（T.M.S.L.+0.48m）、下降側は朔望平均干潮位（T.M.S.L.-0.02m）とした。

### LS-2とLS-3の同時発生

単位：T.M.S.L. [m]

	取水口前面水位							遡上域水位	
	1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	5号炉	6号炉	7号炉	荒浜側	大湊側
最高水位	2.75	2.72	2.63	2.64	3.36	3.13	2.84	4.99	4.27
最低水位	-2.87	-2.67	-2.49	-2.40	-1.94	-1.88	-1.75	—	—



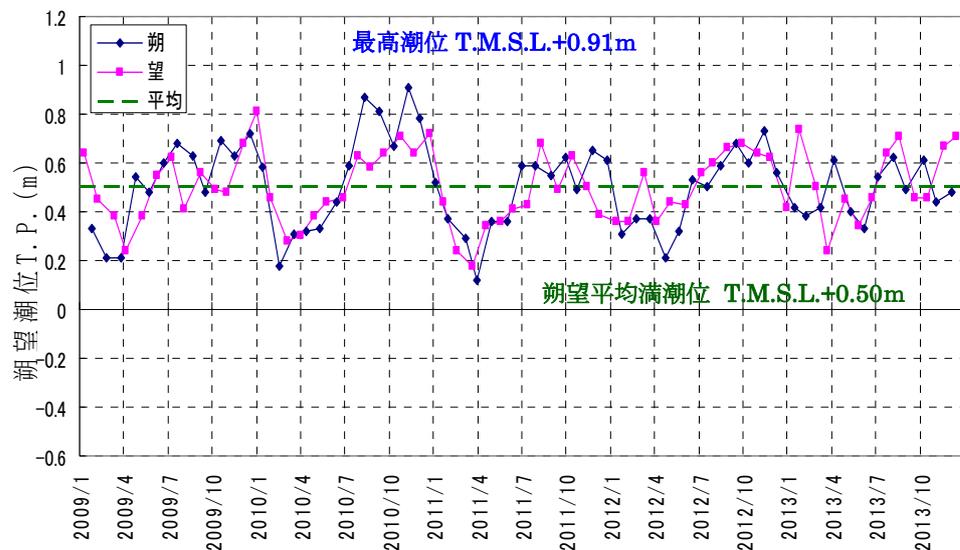
- 海底地形判読ならびに海上音波探査記録の検討から、LS-2とLS-3は別の土塊と考えられるものの、同時発生を仮定した検討を実施した。
- その結果、最高水位・最低水位は（7）における評価結果とほぼ同等であることを確認した。

---

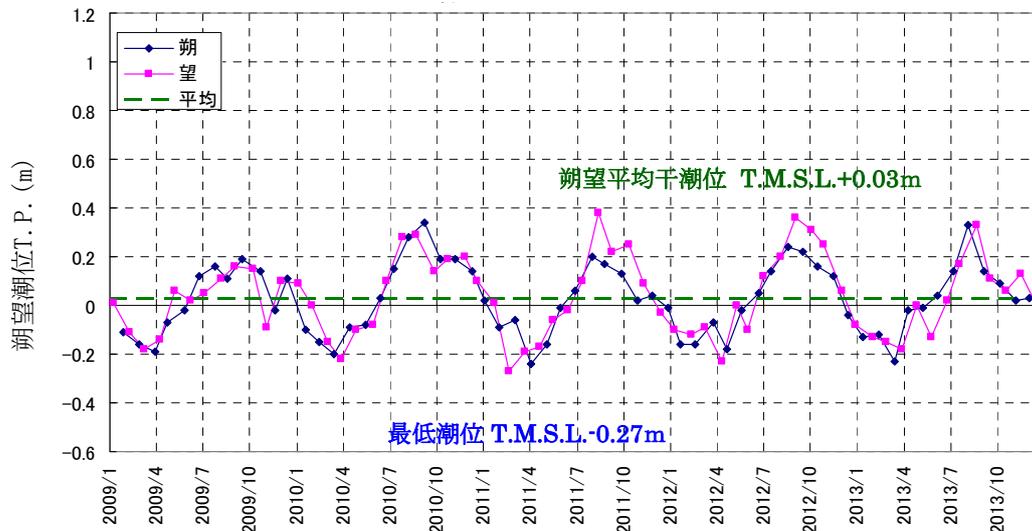
## 9. 最新の潮位データ整理

# 9. 最新潮位条件

## ■最新の潮位データの整理（平成21年1月～平成25年12月）



各月の朔望満潮位の推移



各月の朔望干潮位の推移

( ) 内は今回の適合性申請に使用した数値

● 最高潮位	T.M.S.L.+0. 91m (+1. 05m)
● 朔望平均満潮位	T.M.S.L.+0. 50m (+0. 48m)
● 平均潮位	T.M.S.L.+0. 27m (+0. 24m)
● 朔望平均干潮位	T.M.S.L.+0. 03m (-0. 02m)
● 最低潮位	T.M.S.L.-0. 27m (-0. 43m)

津波の数値シミュレーションで  
計算開始潮位に使用した潮位条件

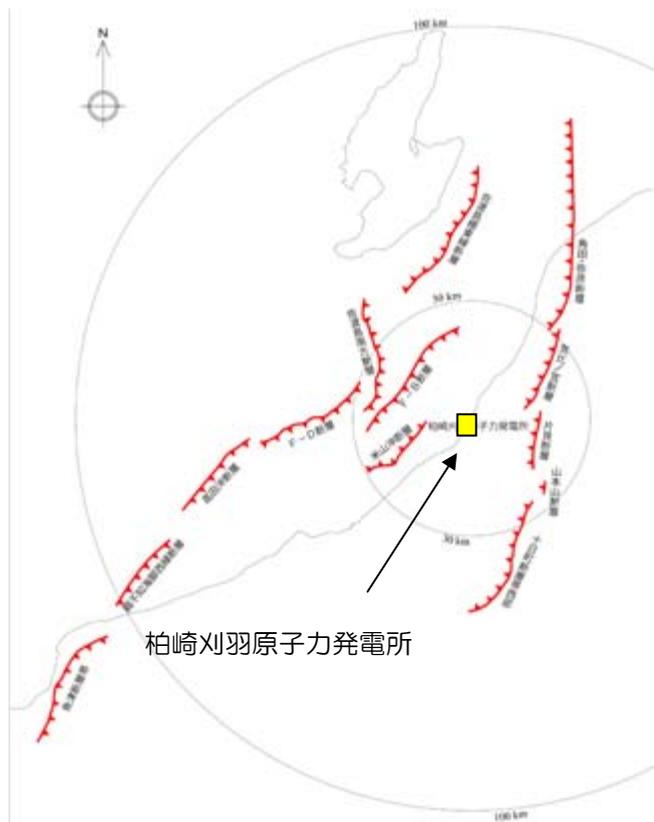
津波の数値シミュレーションで計算開始潮位に使用した潮位条件は、最新のデータとほぼ同等であることを確認した。

---

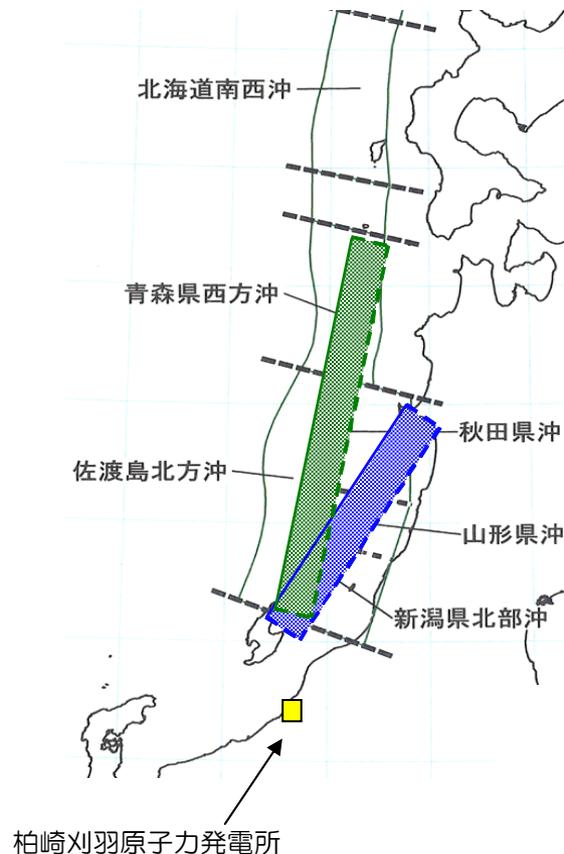
## 10. 津波の伝播特性について

# 10. 津波の伝播特性について

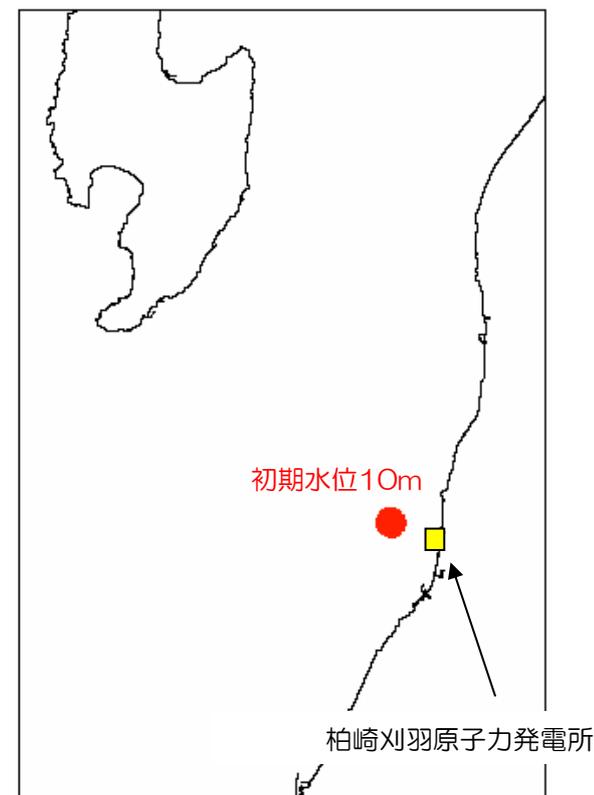
- 敷地前面海域（基準津波策定位置）を中心に半径2kmの範囲に一律に10mの初期水位を与え、津波計算を実施した。



敷地周辺海域の活断層分布図

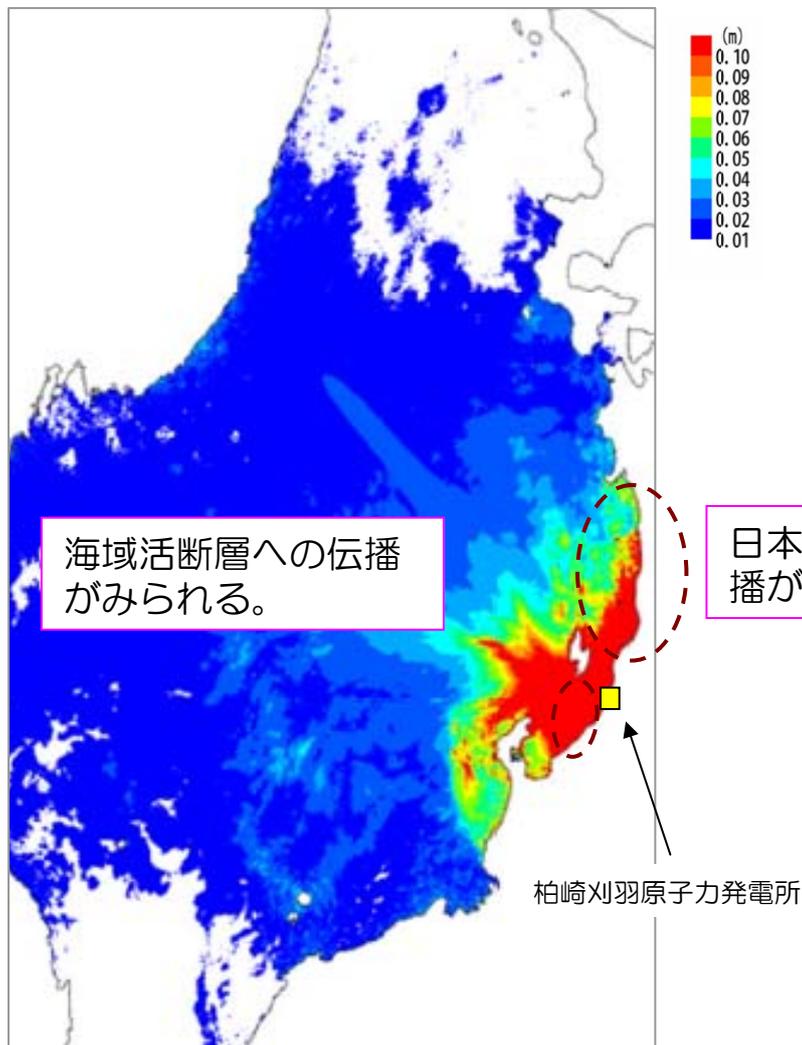


日本海東縁部の想定波源図

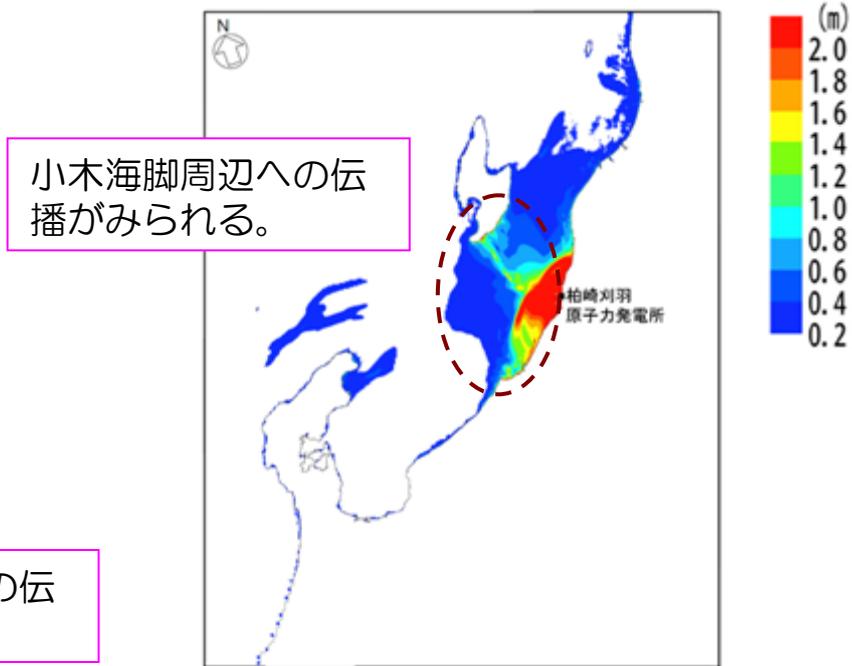


初期水位分布

# 10. 津波の伝播特性について（最大水位上昇量分布）



最大水位上昇量分布（広域）



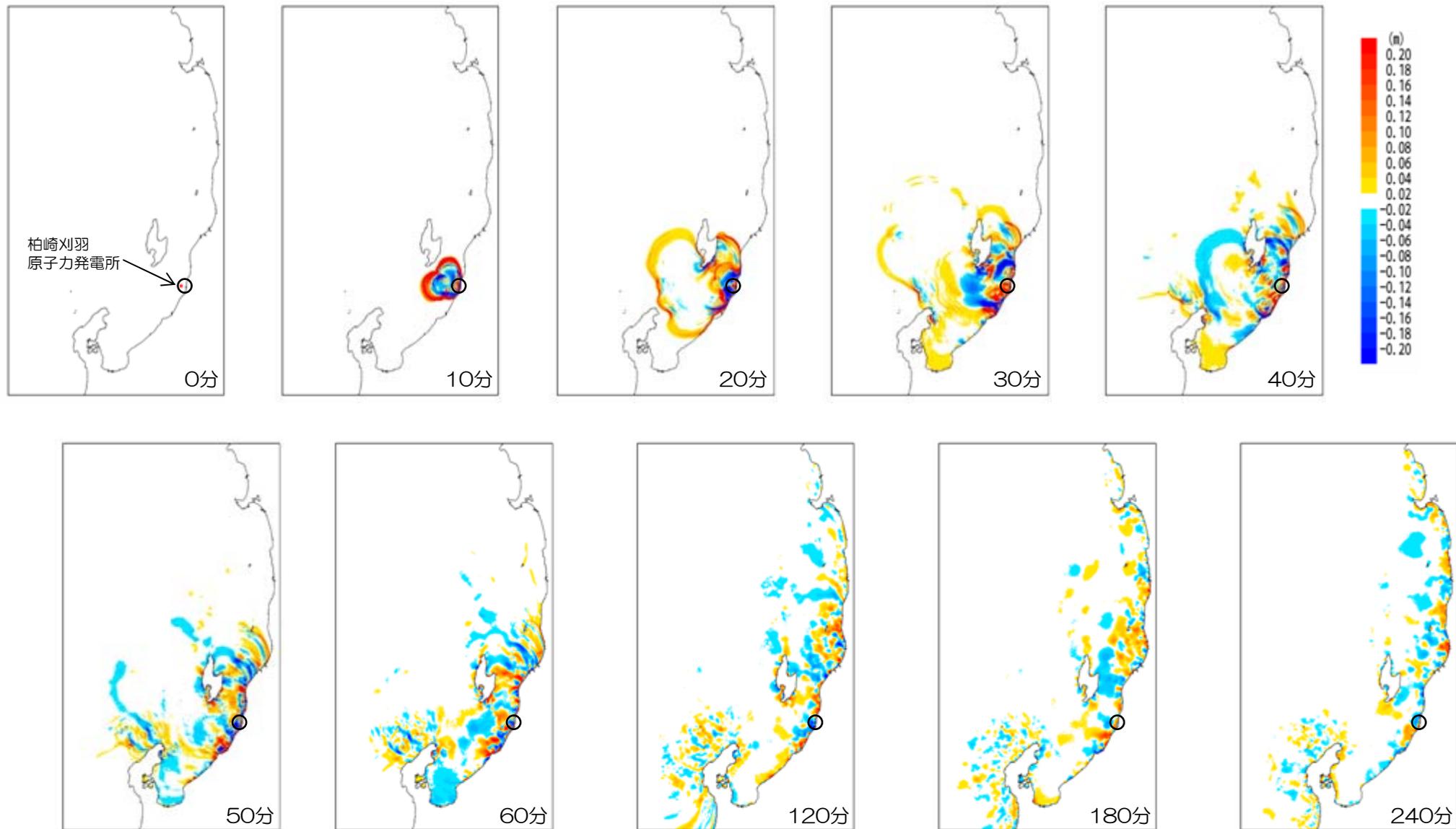
発電所周辺拡大図

■ 日本海東縁部および海城活断層の分布領域への伝播が確認され、当該領域からの津波を基準津波、入力津波としたことと整合的である。

※水深による津波振幅への影響を軽減するため、「グリーンの法則」を用いて補正  
 波源位置水深 ( $h_0=100\text{m}$ )、沖合地点の水深を $h$ として、最大水位上昇量を $(h_0/h)^{1/4}$ で除することで水位を補正

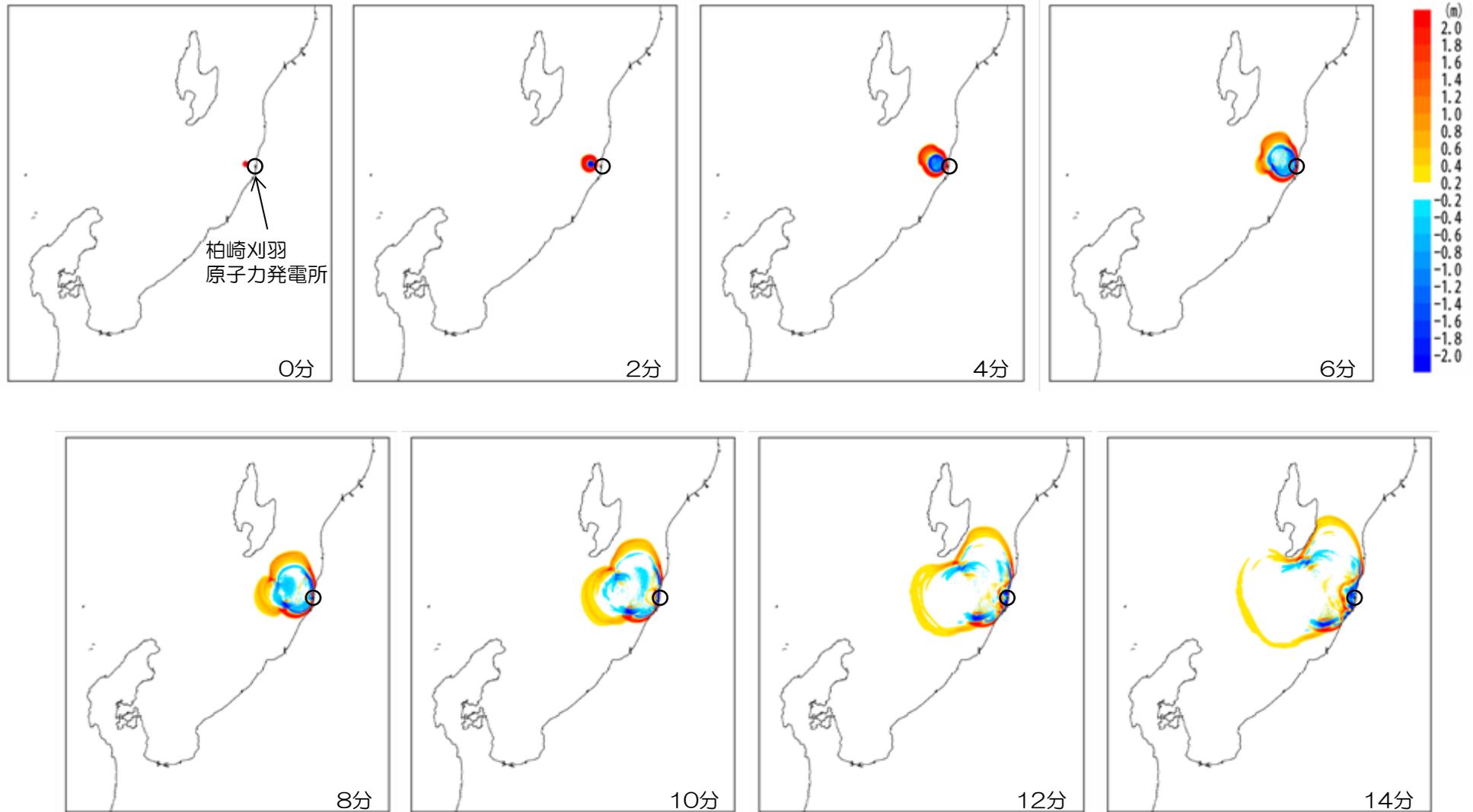
# 10. 津波の伝播特性について

## 伝播状況（広域）



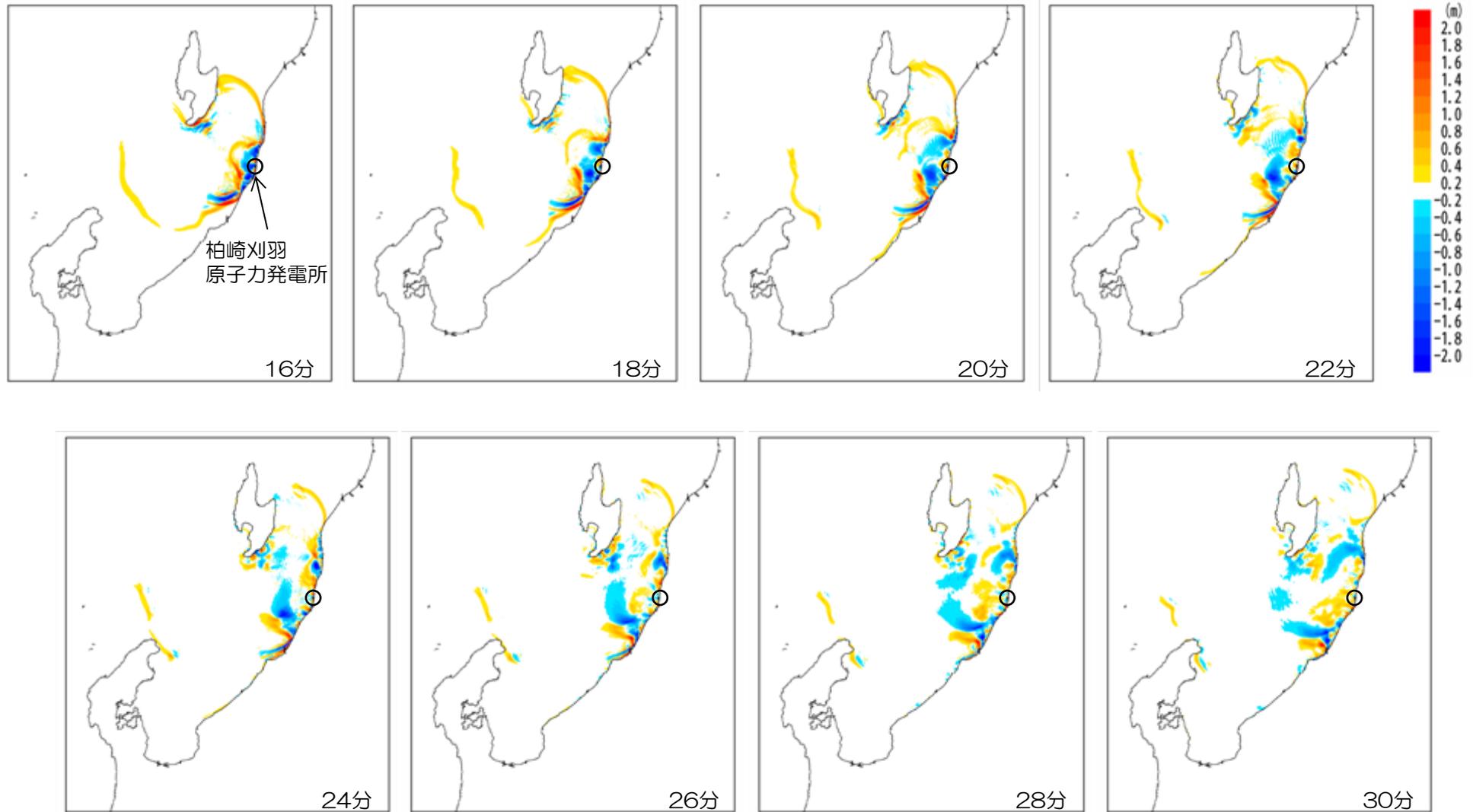
# 10. 津波の伝播特性について

## 伝播状況（発電所周辺）



# 10. 津波の伝播特性について

## 伝播状況（発電所周辺）

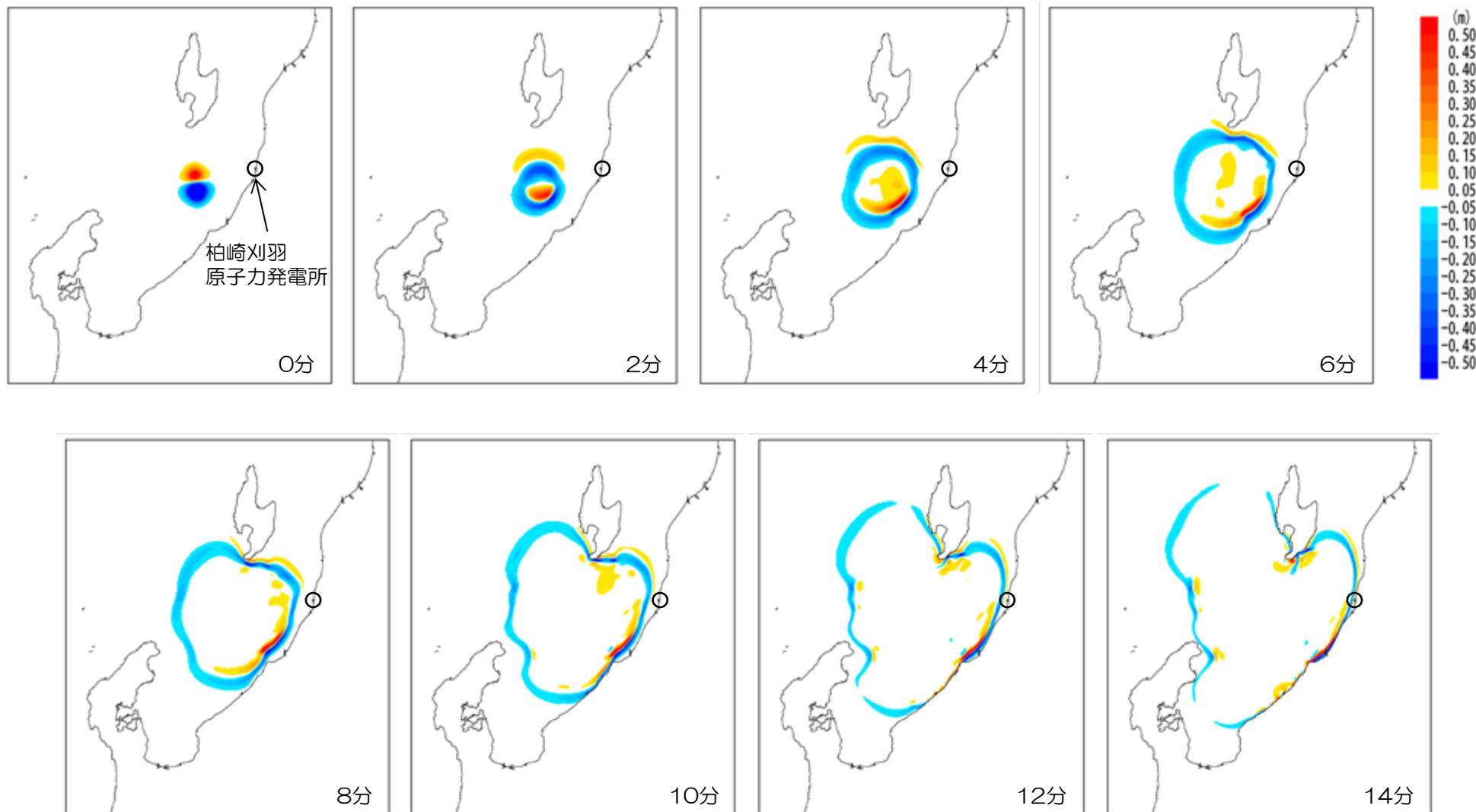


## 1.1. 伝播状況

(Wattsらによる手法, 二層流モデルによる手法)

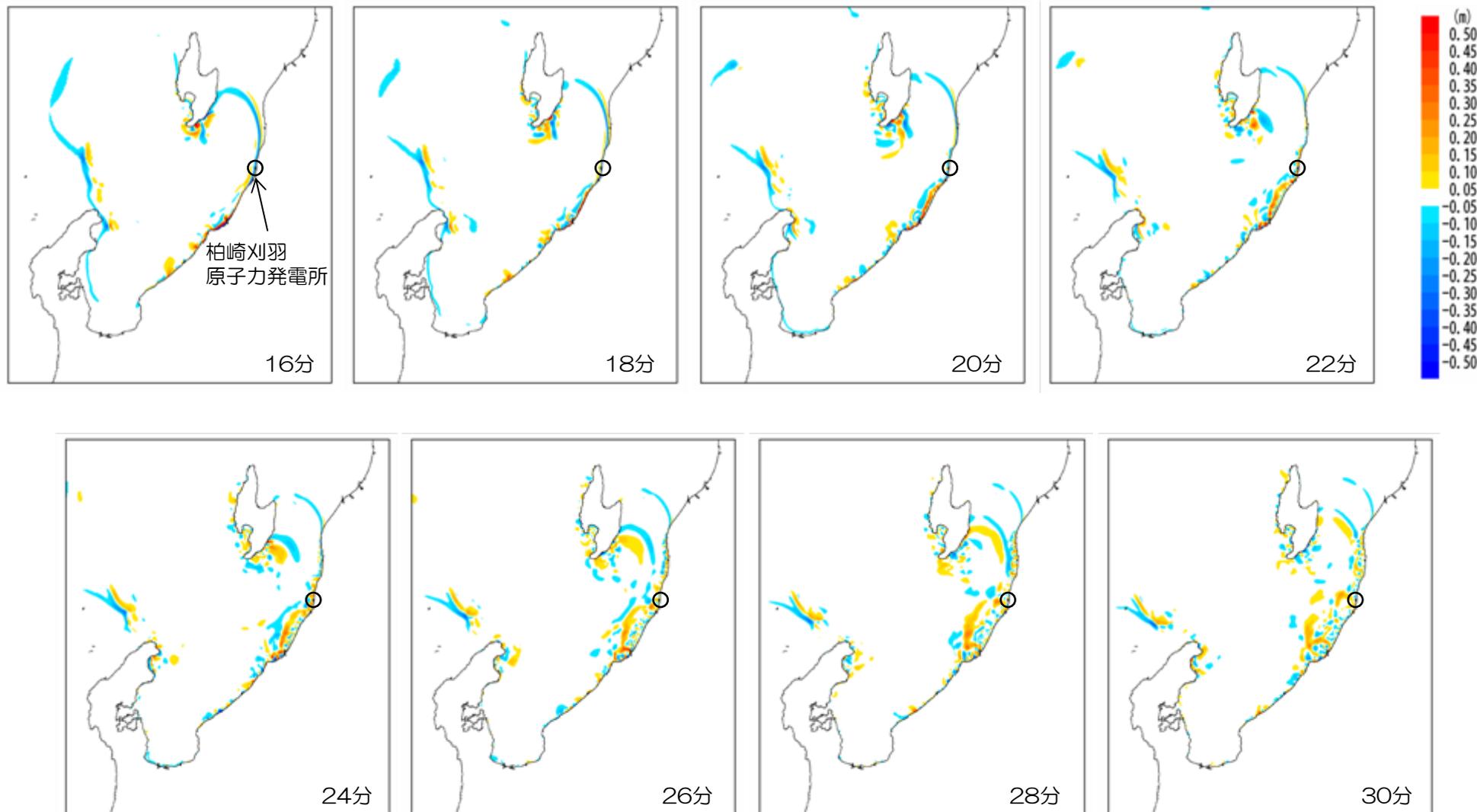
# 1 1. 伝播状況 (Watts らの予測式に基づく手法)

## ■海底地すべりによる津波 LS-1 (0分~14分)



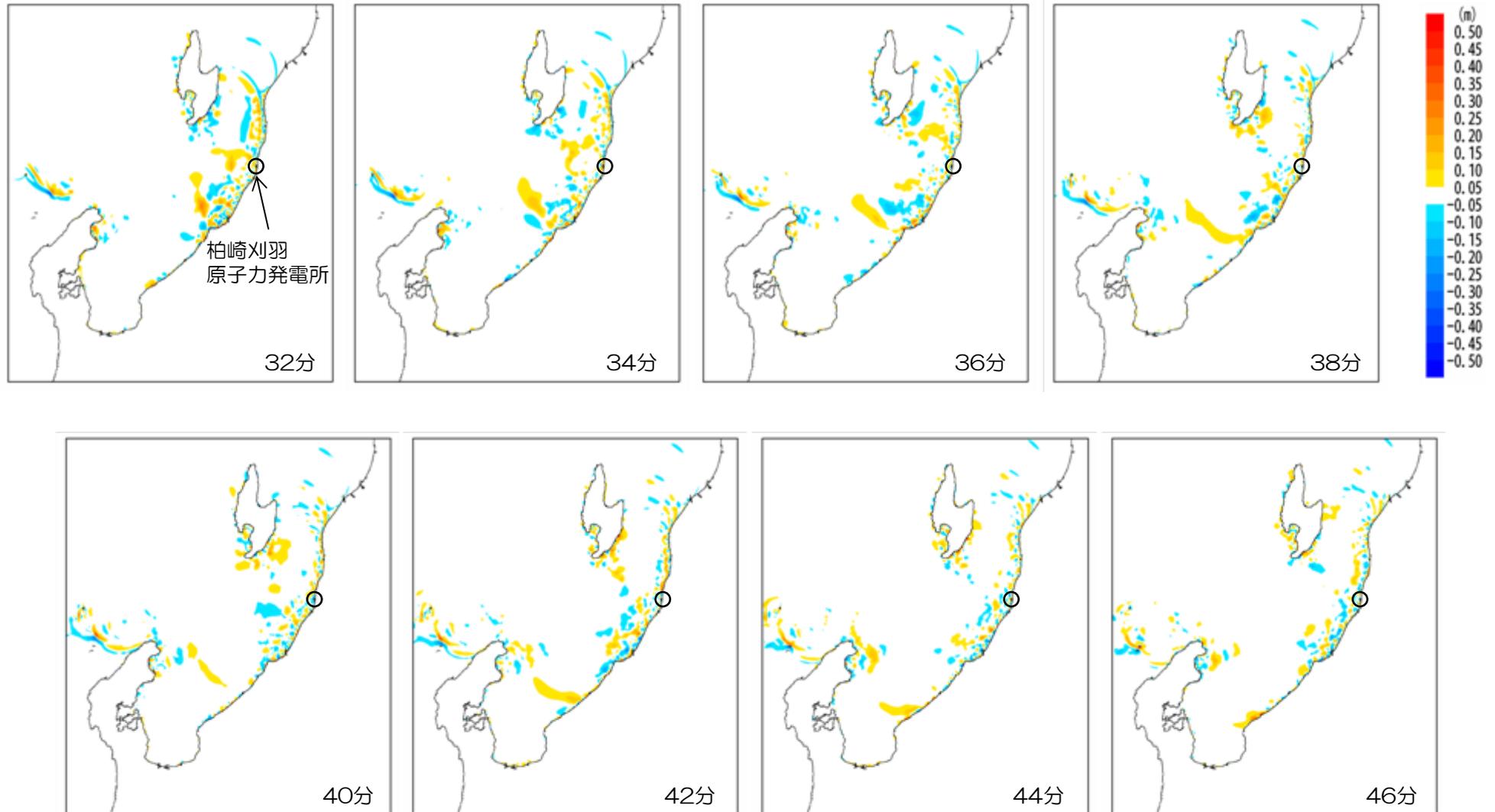
# 1 1. 伝播状況 (Watts らの予測式に基づく手法)

## ■海底地すべりによる津波 LS-1 (16分~30分)



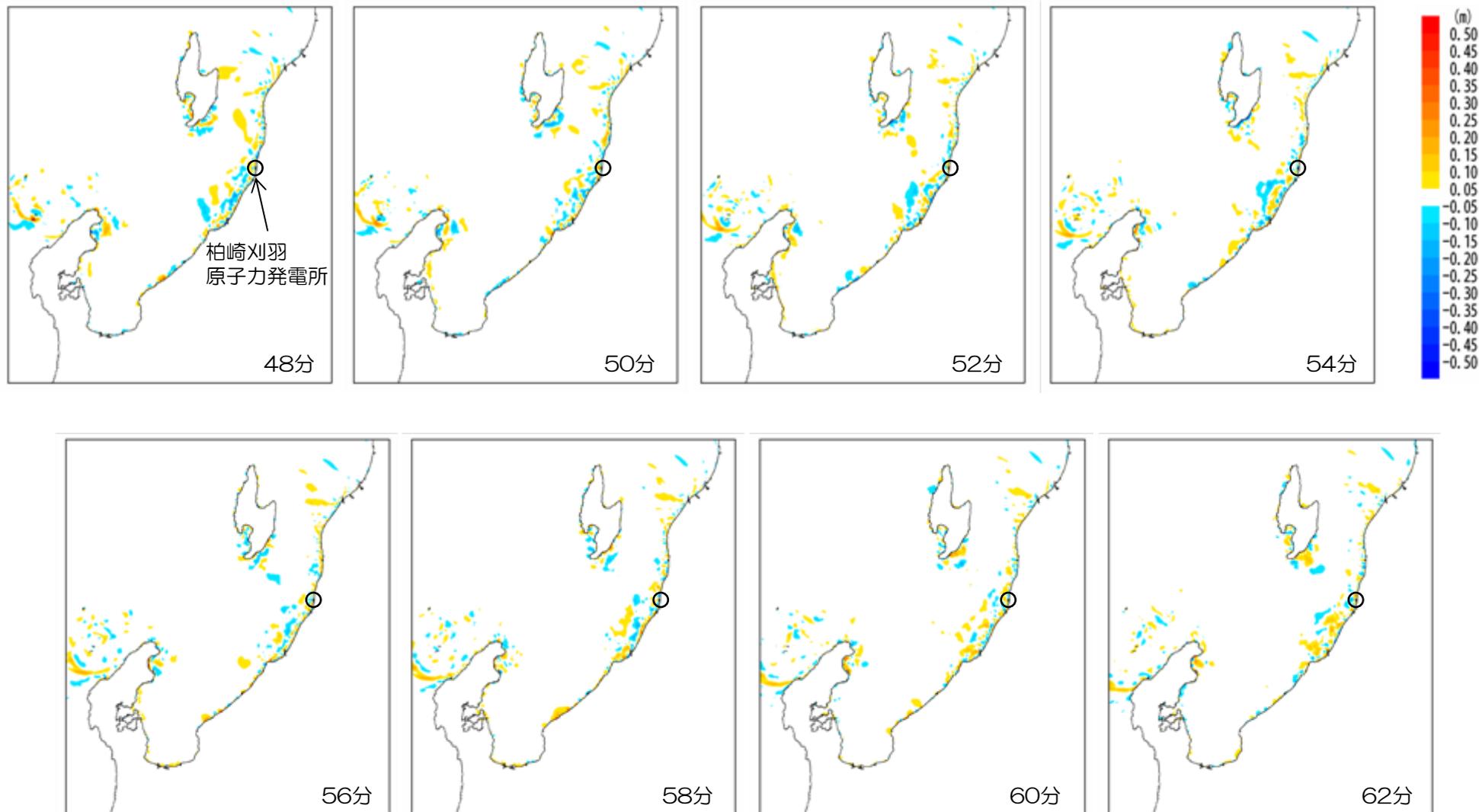
# 1 1. 伝播状況 (Watts らの予測式に基づく手法)

## ■海底地すべりによる津波 LS-1 (32分~46分)



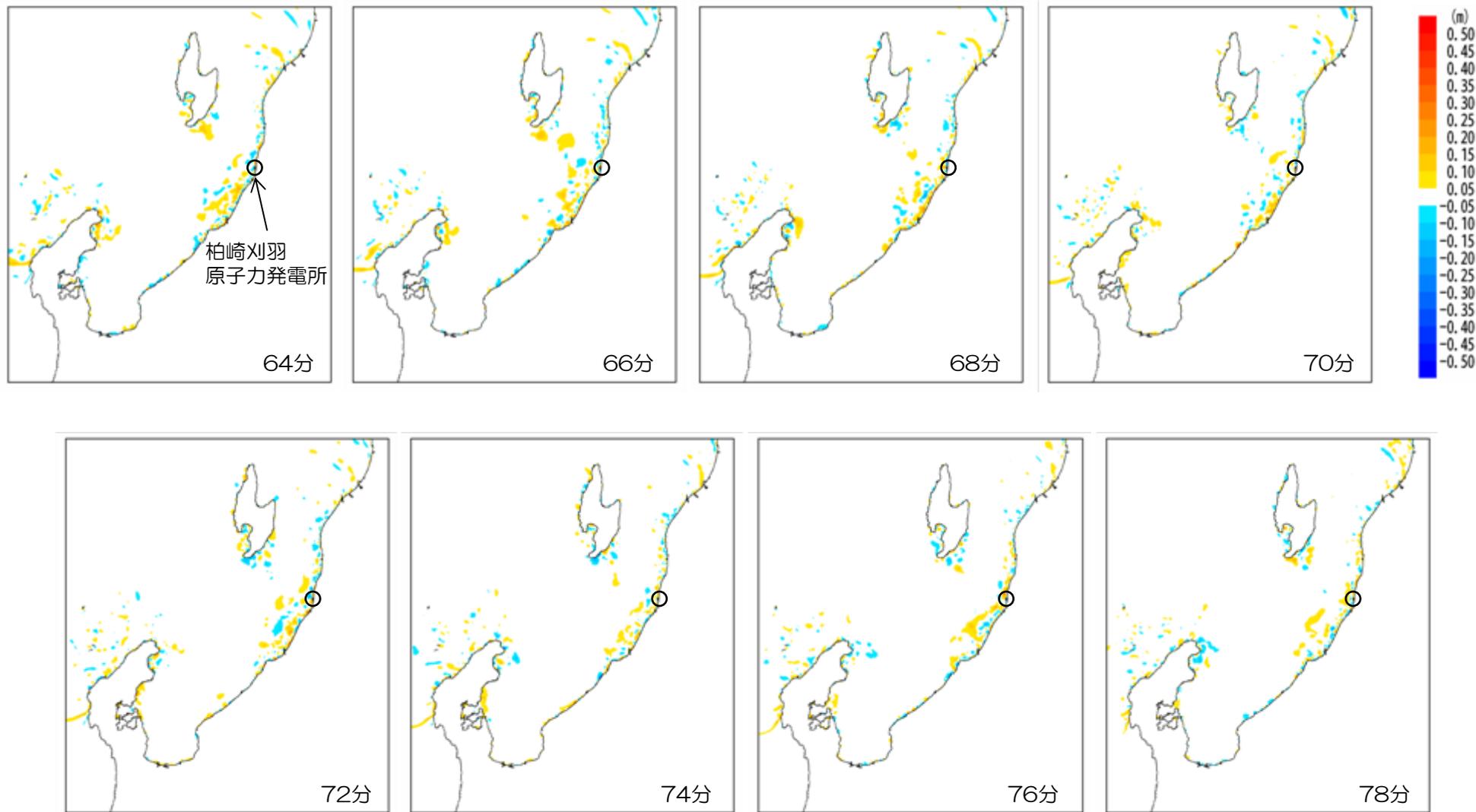
# 1 1. 伝播状況 (Watts らの予測式に基づく手法)

## ■海底地すべりによる津波 LS-1 (48分~62分)



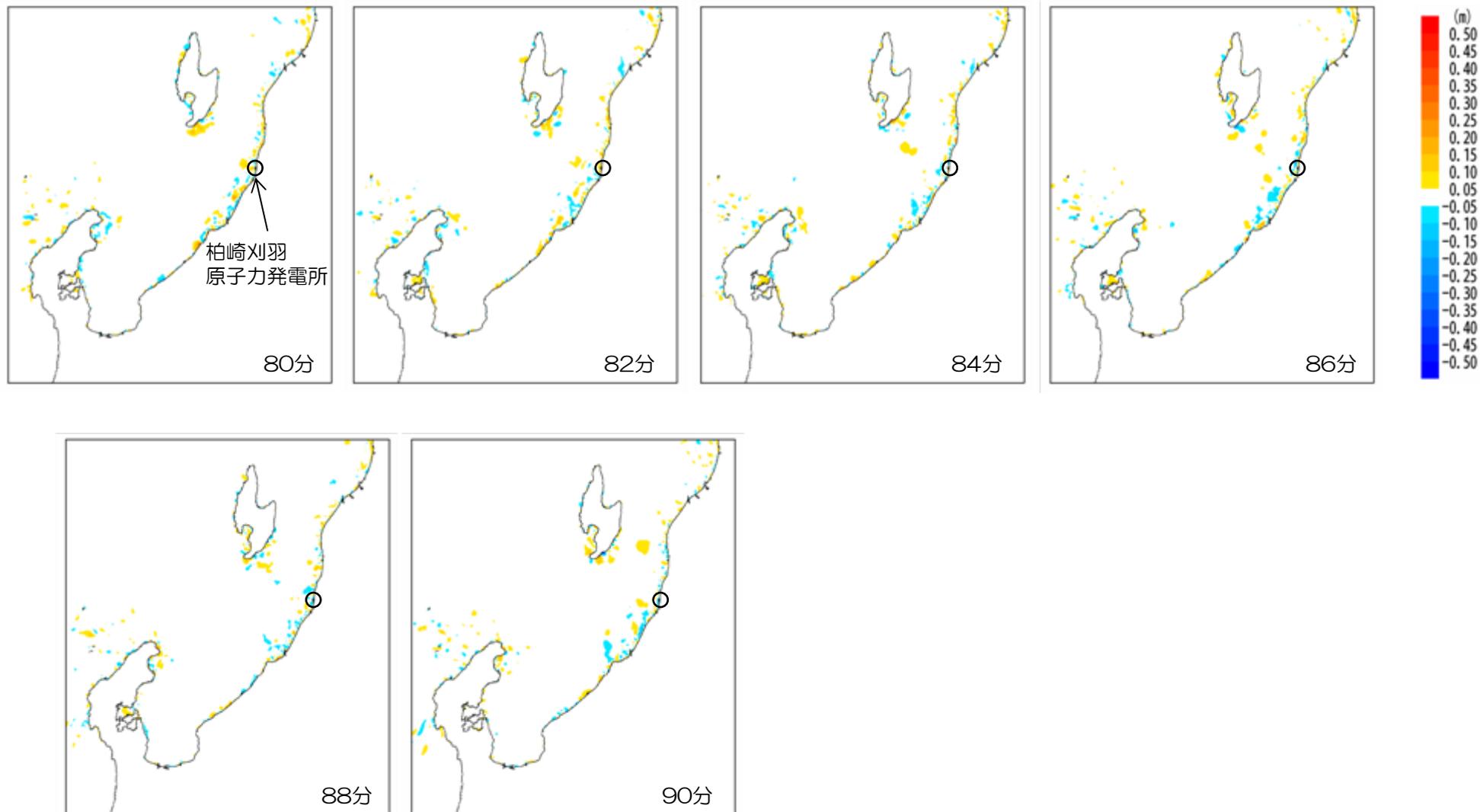
# 1 1. 伝播状況 (Watts らの予測式に基づく手法)

## ■海底地すべりによる津波 LS-1 (64分~78分)



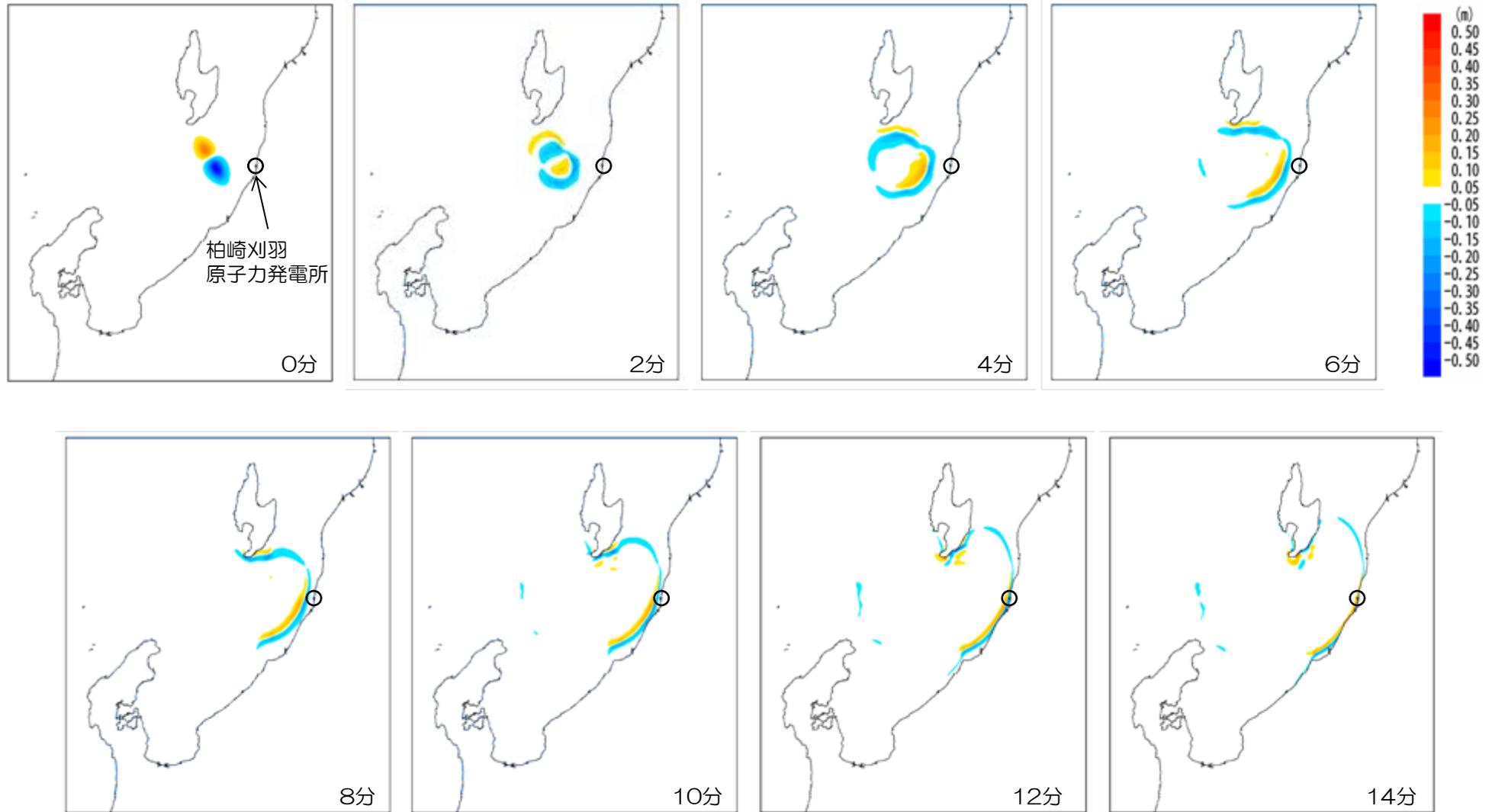
# 1 1. 伝播状況 (Watts らの予測式に基づく手法)

## ■海底地すべりによる津波 LS-1 (80分~90分)



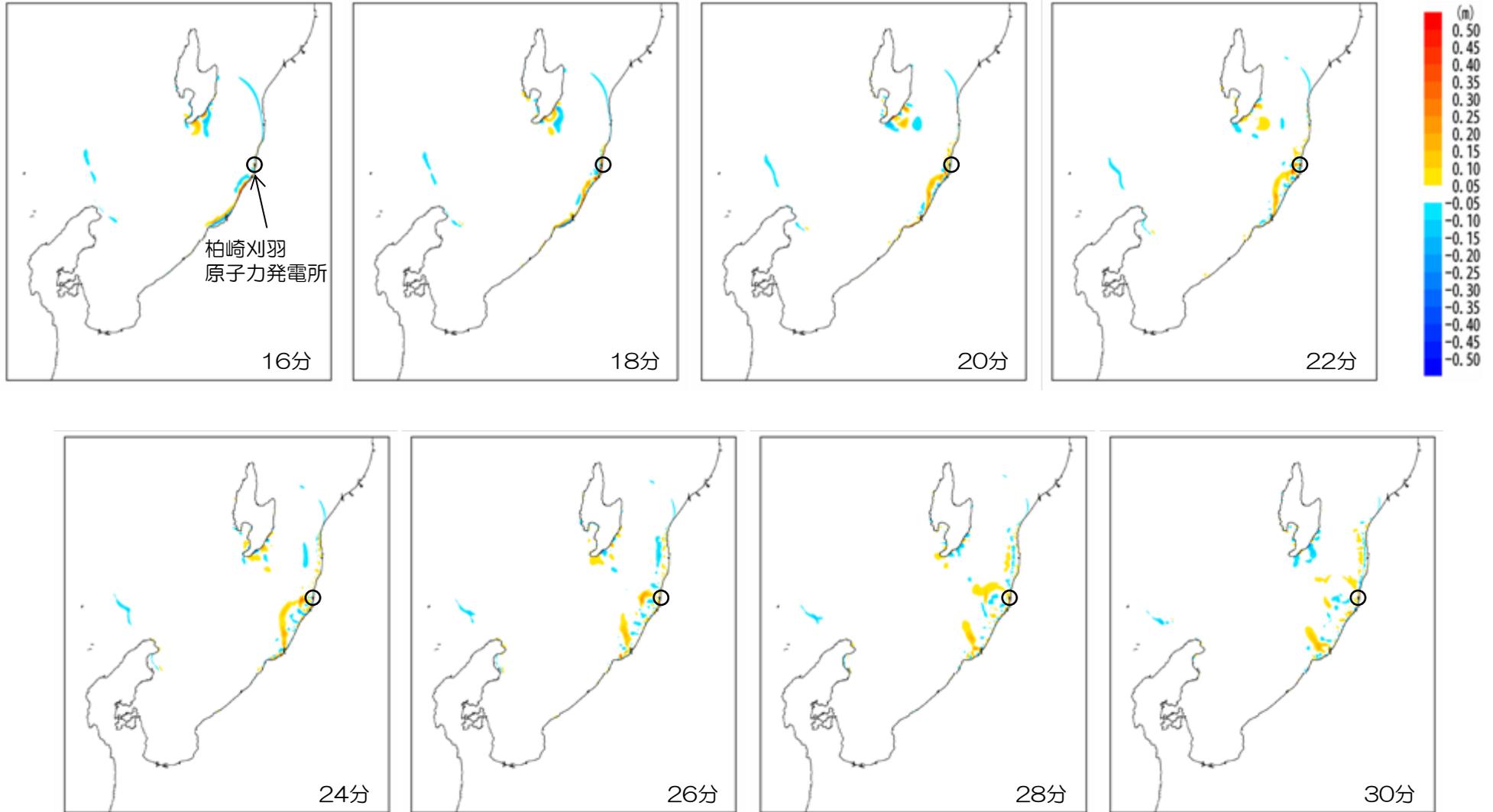
# 1 1. 伝播状況 (Watts らの予測式に基づく手法)

## ■海底地すべりによる津波 LS-2 (0分~14分)



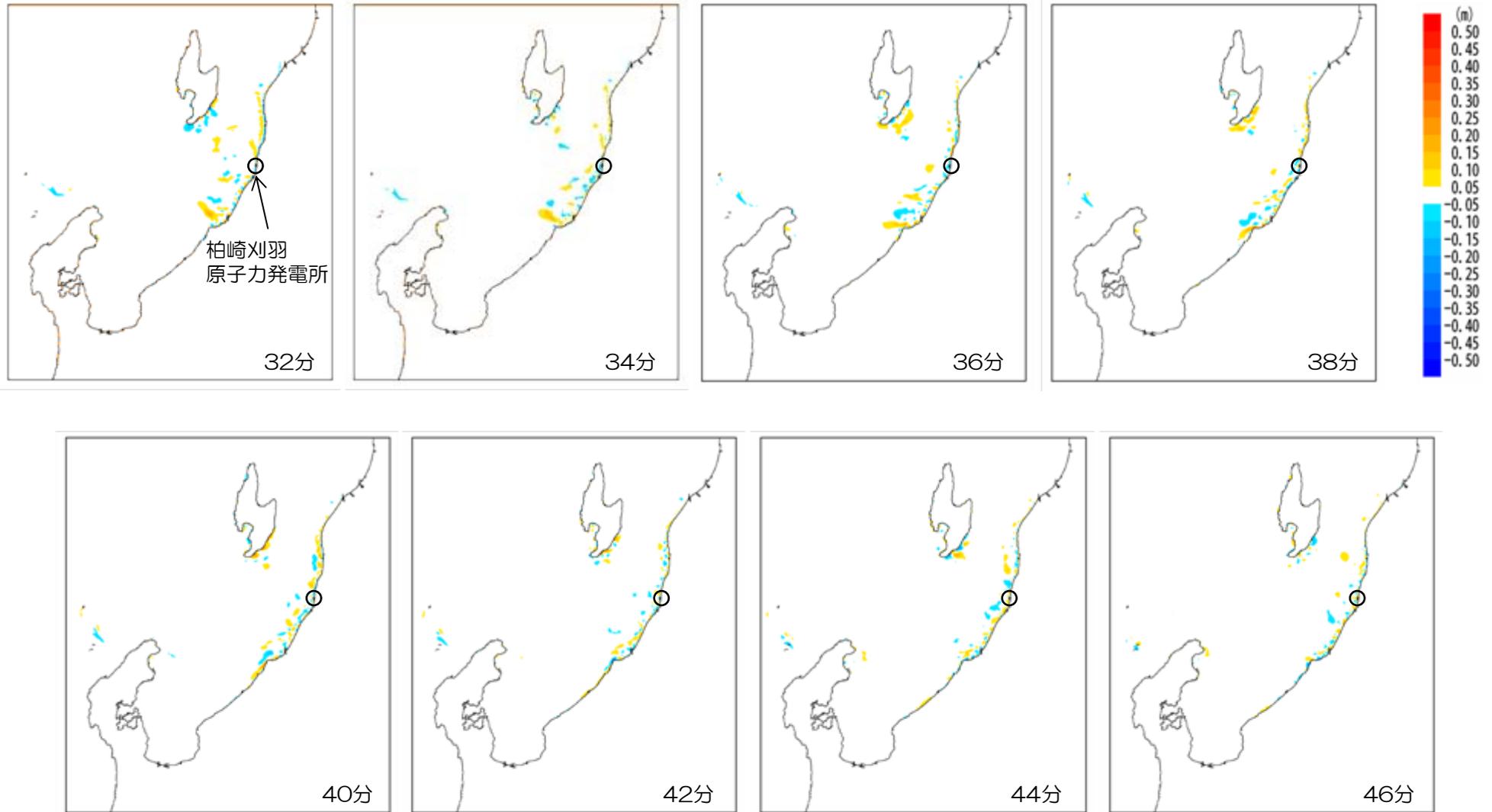
# 1 1. 伝播状況 (Watts らの予測式に基づく手法)

## ■海底地すべりによる津波 LS-2 (16分~30分)



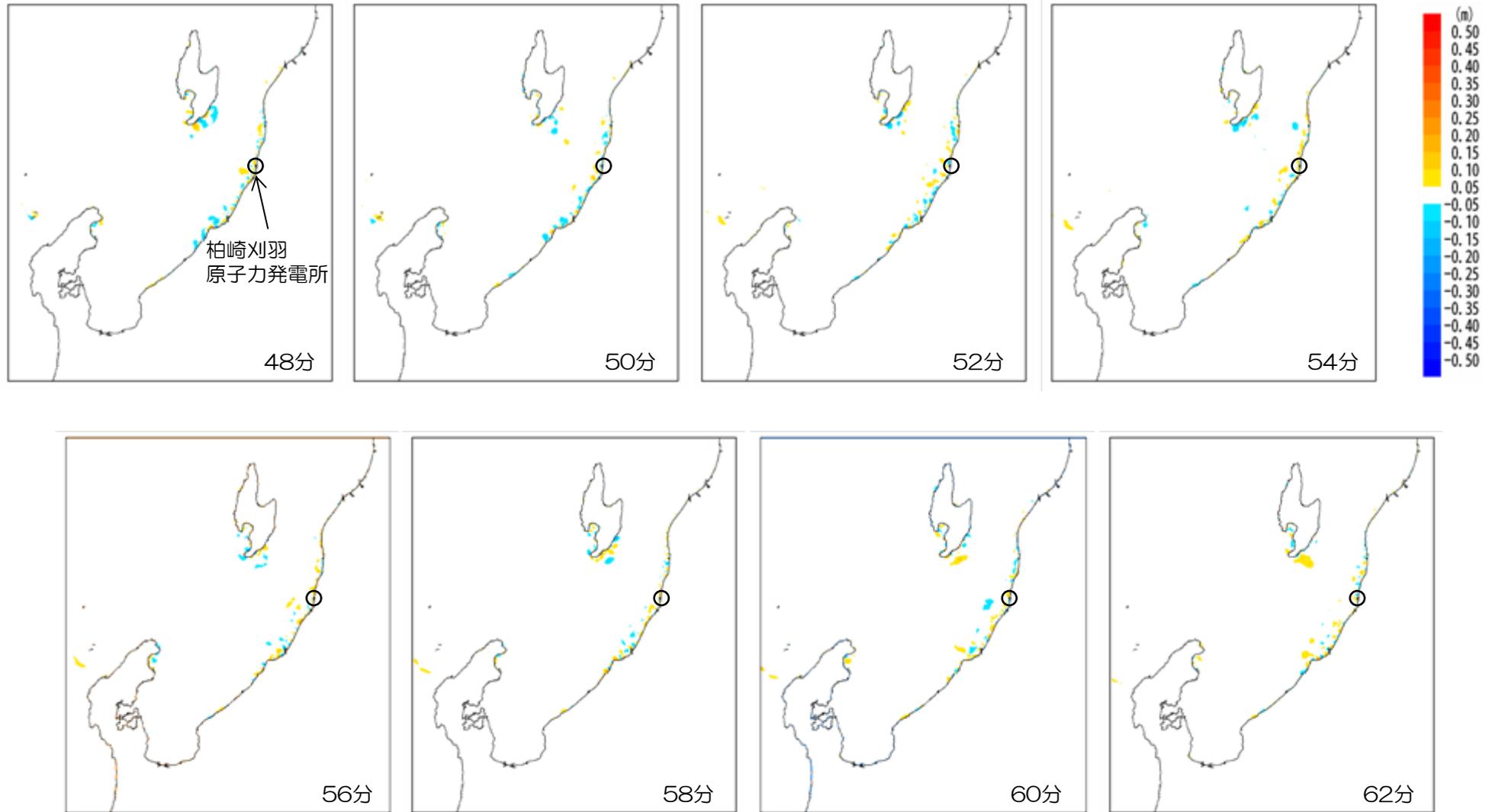
# 1 1. 伝播状況 (Watts らの予測式に基づく手法)

## ■海底地すべりによる津波 LS-2 (32分~46分)



# 1 1. 伝播状況 (Watts らの予測式に基づく手法)

## ■海底地すべりによる津波 LS-2 (48分~62分)



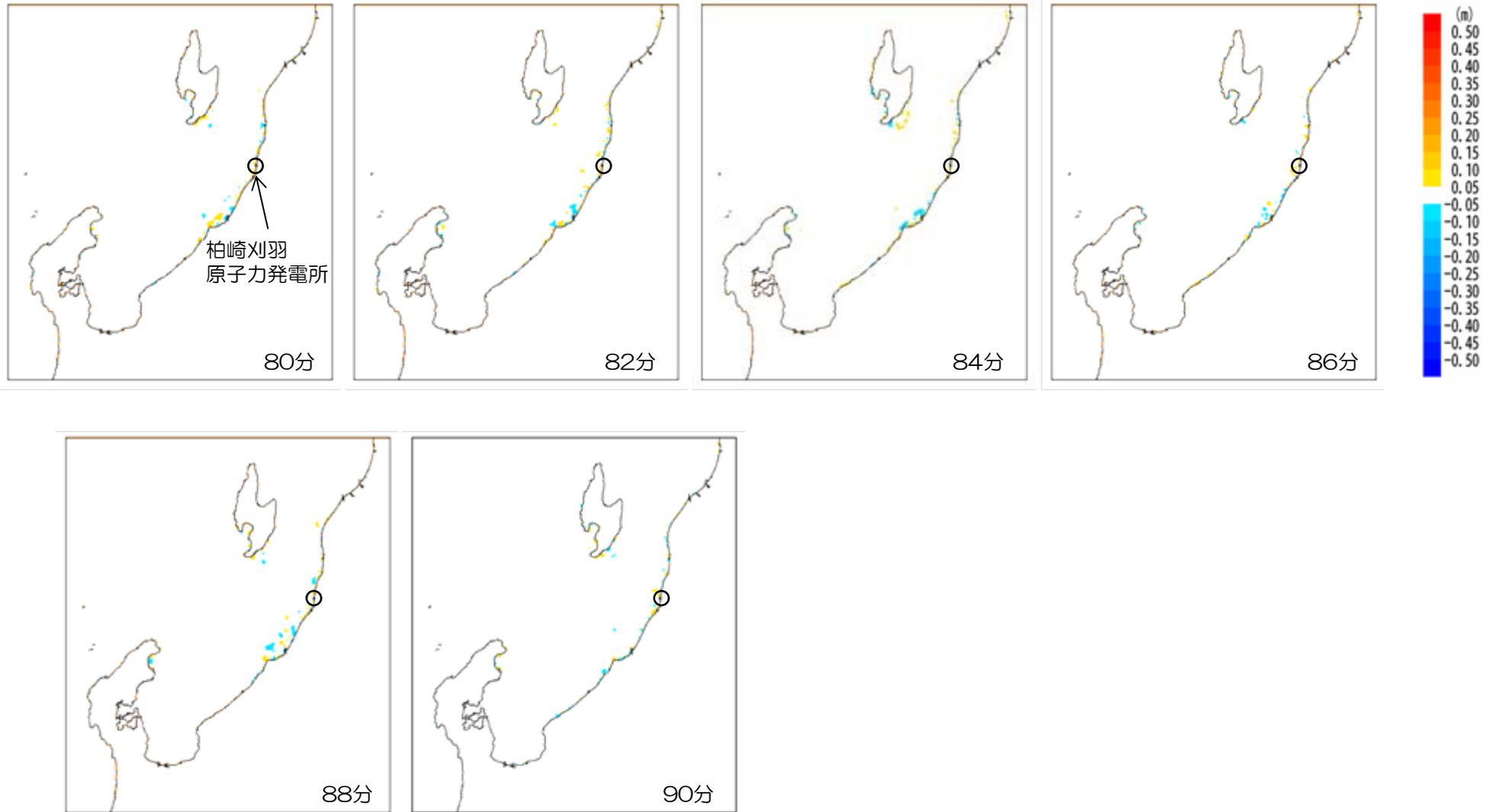
# 1 1. 伝播状況 (Watts らの予測式に基づく手法)

## ■海底地すべりによる津波 LS-2 (64分~78分)



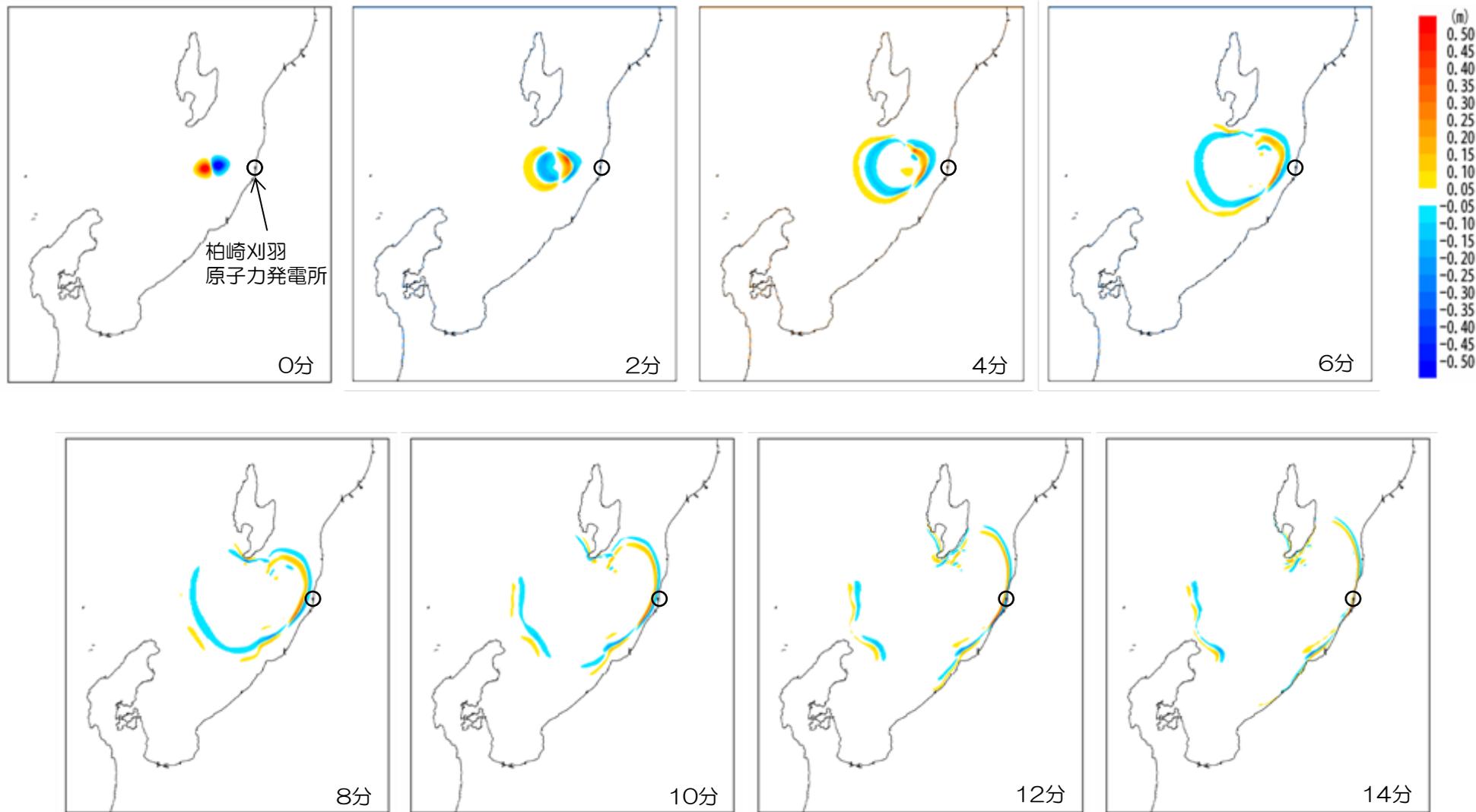
# 1 1. 伝播状況 (Watts らの予測式に基づく手法)

## ■海底地すべりによる津波 LS-2 (80分~90分)



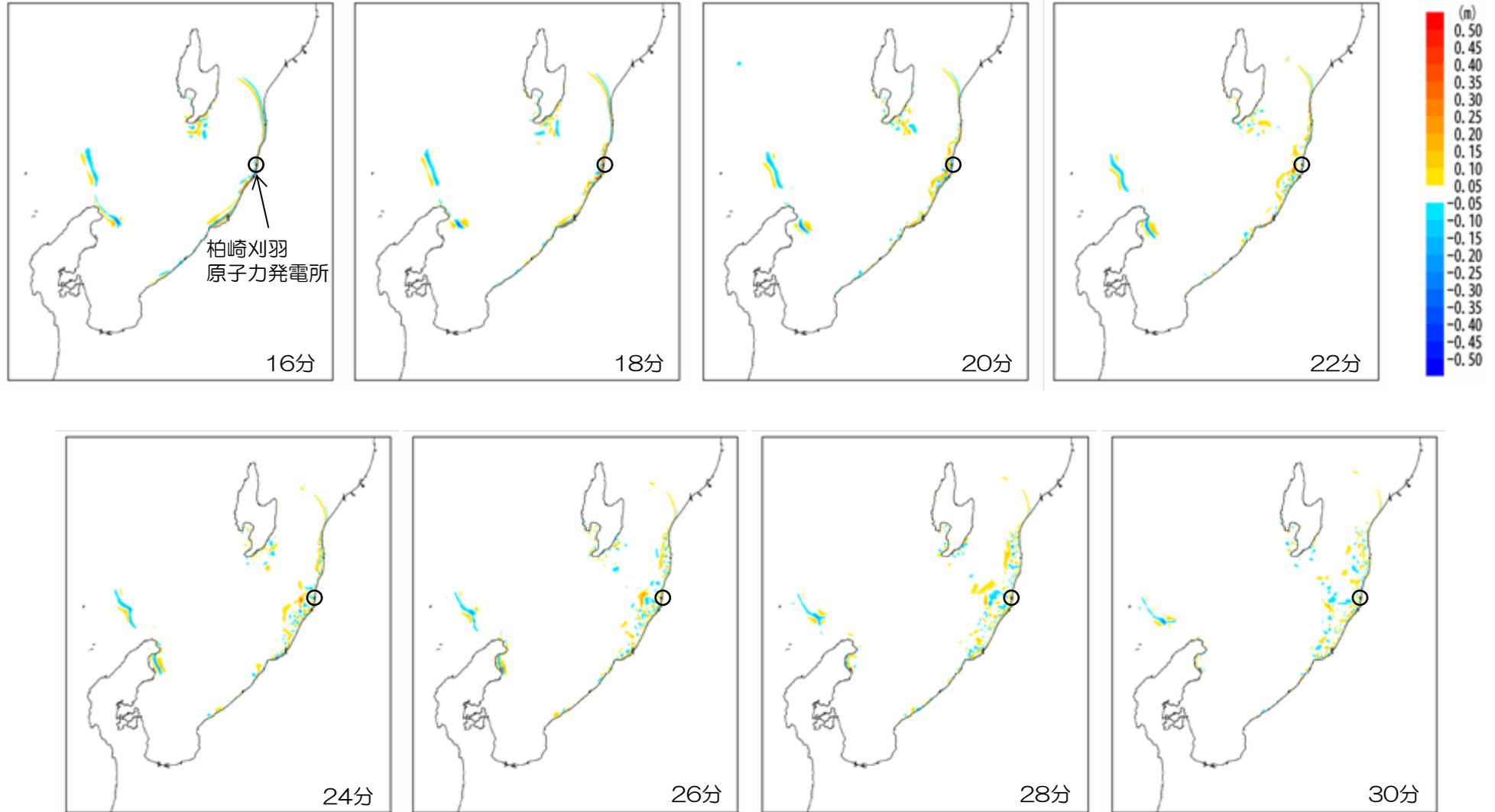
# 1 1. 伝播状況 (Watts らの予測式に基づく手法)

## ■海底地すべりによる津波 LS-3 (0分~14分)



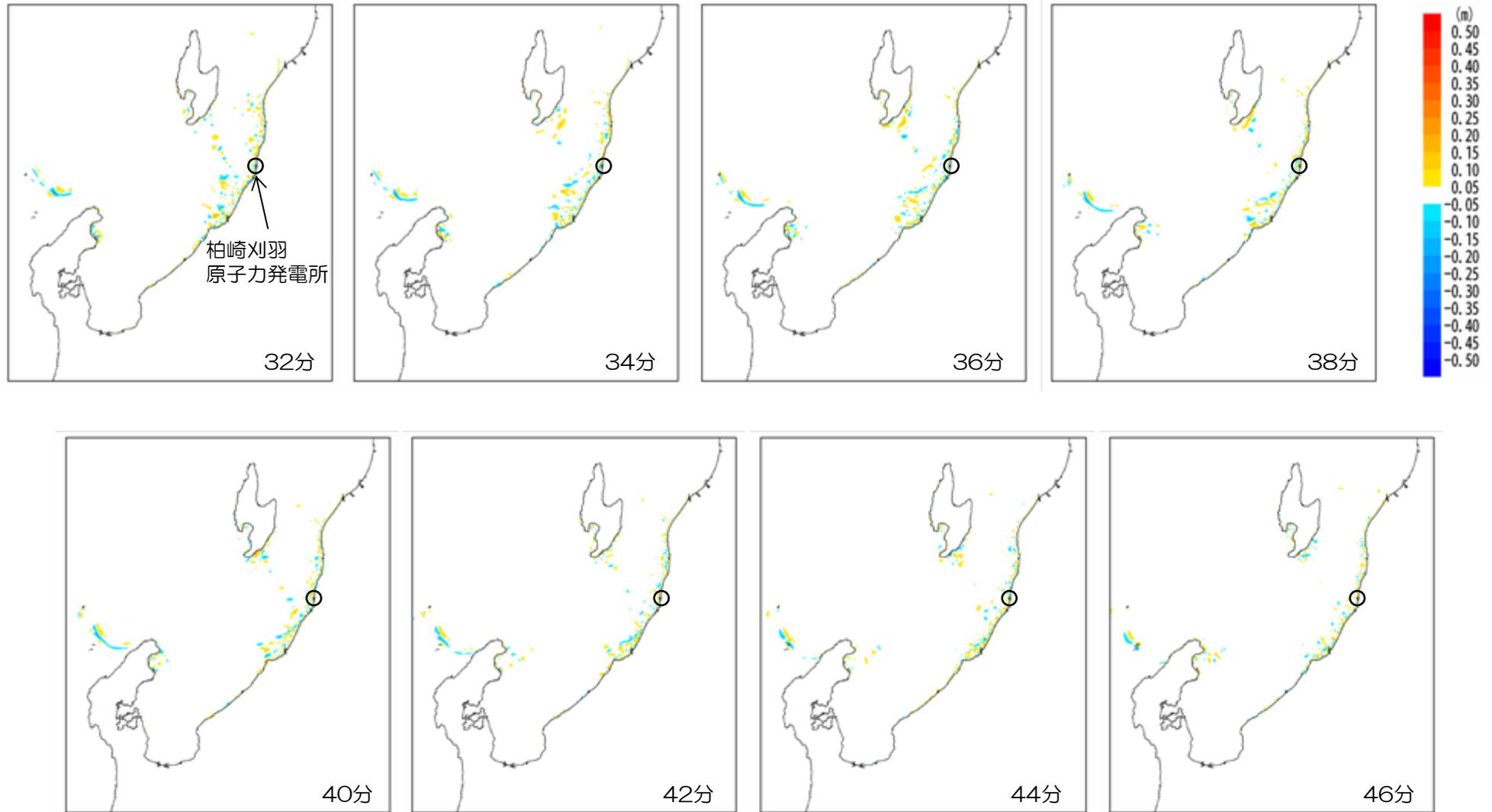
# 1 1. 伝播状況 (Watts らの予測式に基づく手法)

## ■海底地すべりによる津波 LS-3 (16分~30分)



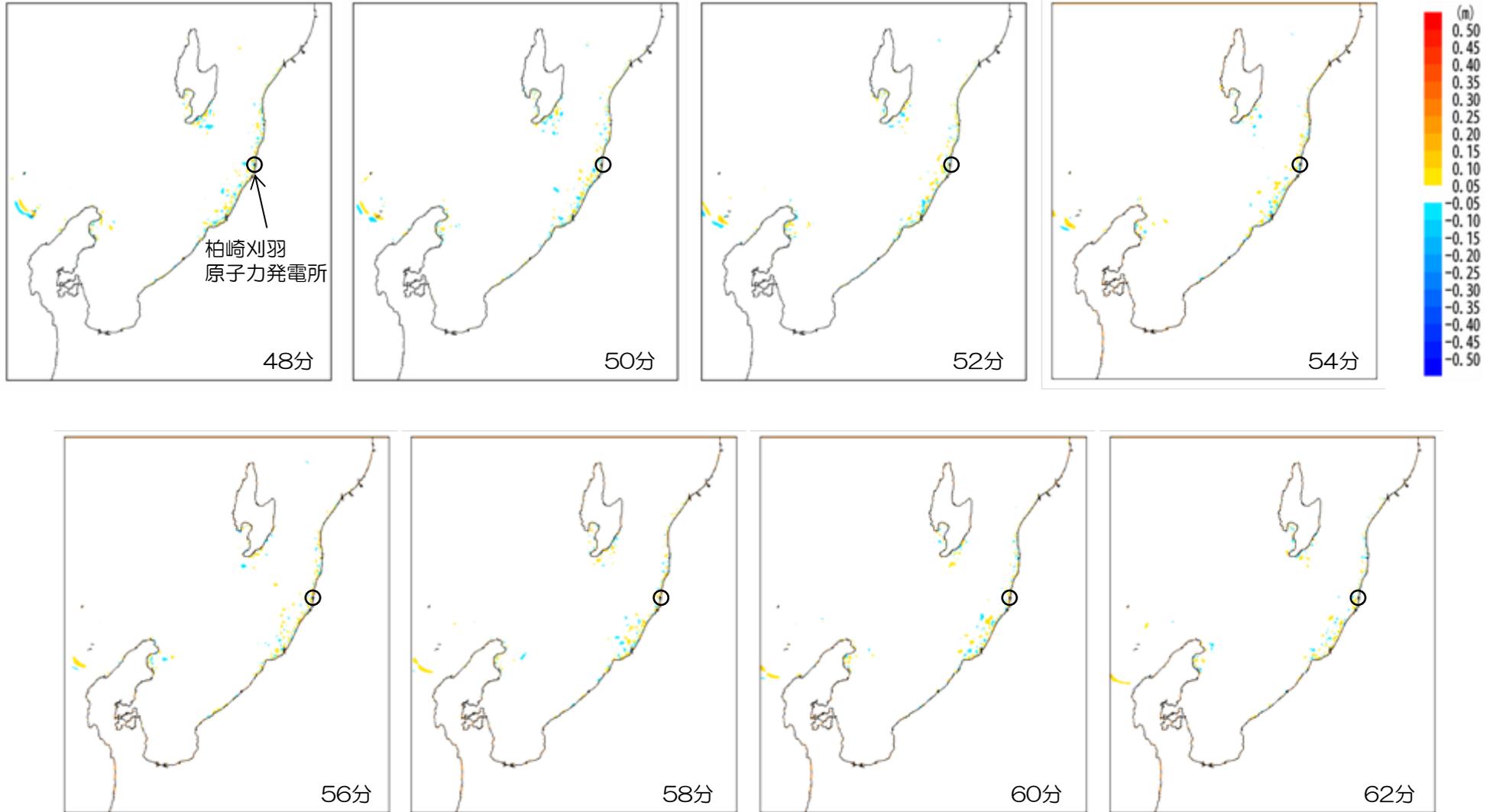
# 1 1. 伝播状況 (Watts らの予測式に基づく手法)

## ■海底地すべりによる津波 LS-3 (32分~46分)



# 1 1. 伝播状況（Watts らの予測式に基づく手法）

## ■海底地すべりによる津波 LS-3（48分～62分）



# 1 1. 伝播状況 (Watts らの予測式に基づく手法)

## ■海底地すべりによる津波 LS-3 (64分~78分)



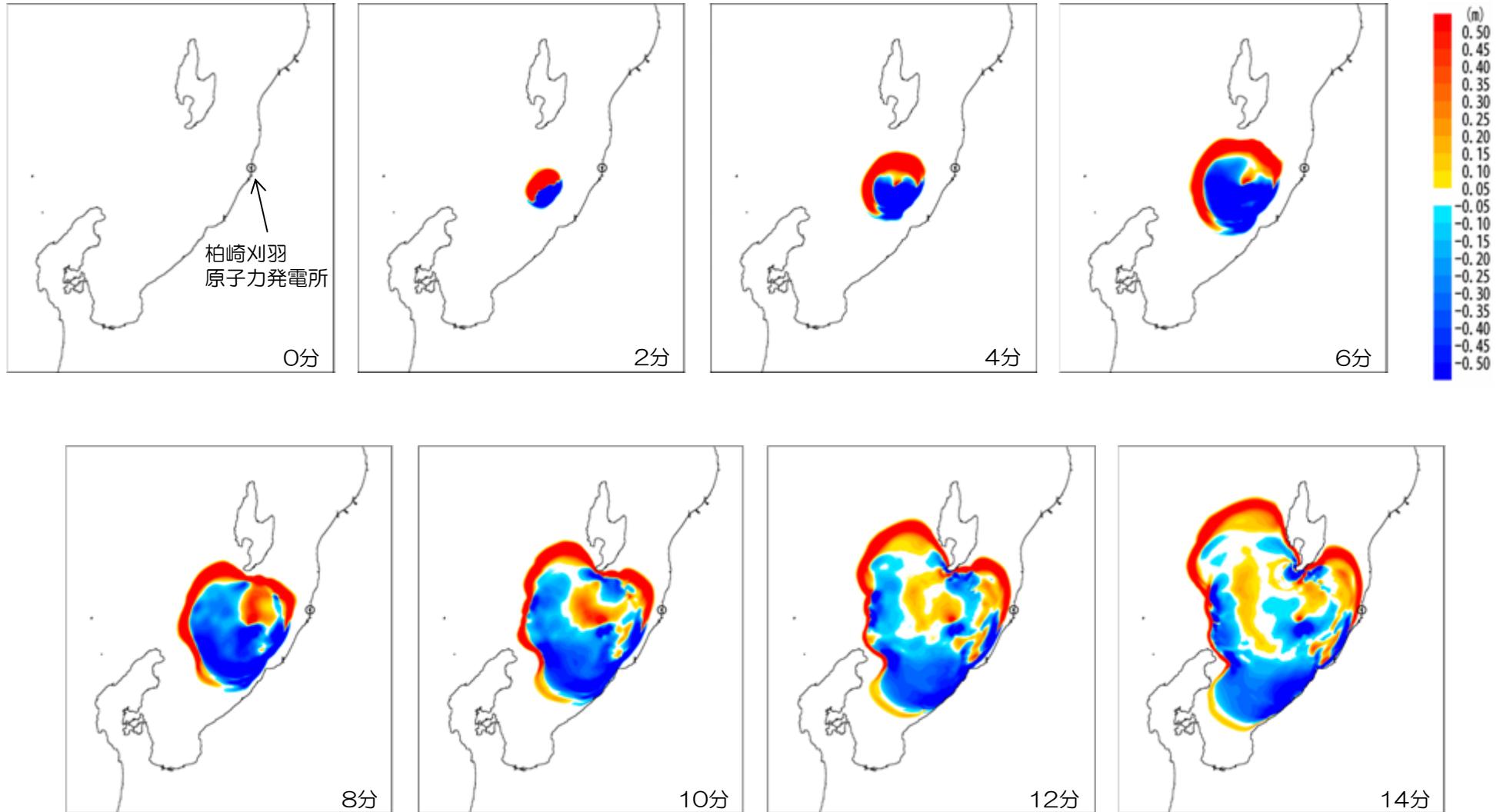
# 1 1. 伝播状況 (Watts らの予測式に基づく手法)

## ■海底地すべりによる津波 LS-3 (80分~90分)



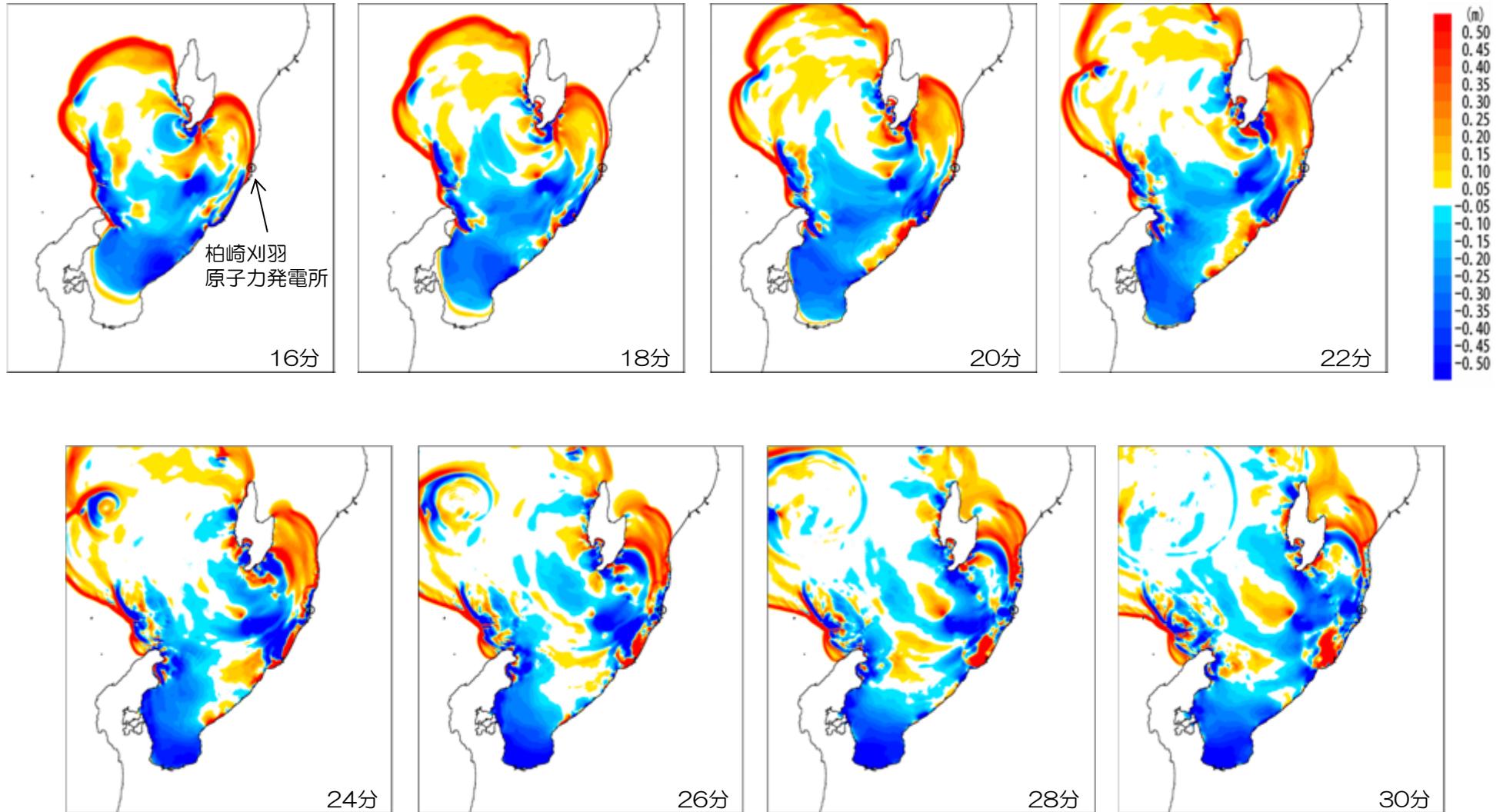
# 1 1. 伝播状況（二層流モデルに基づく手法）

## ■海底地すべりによる津波 LS-1（0分～14分）



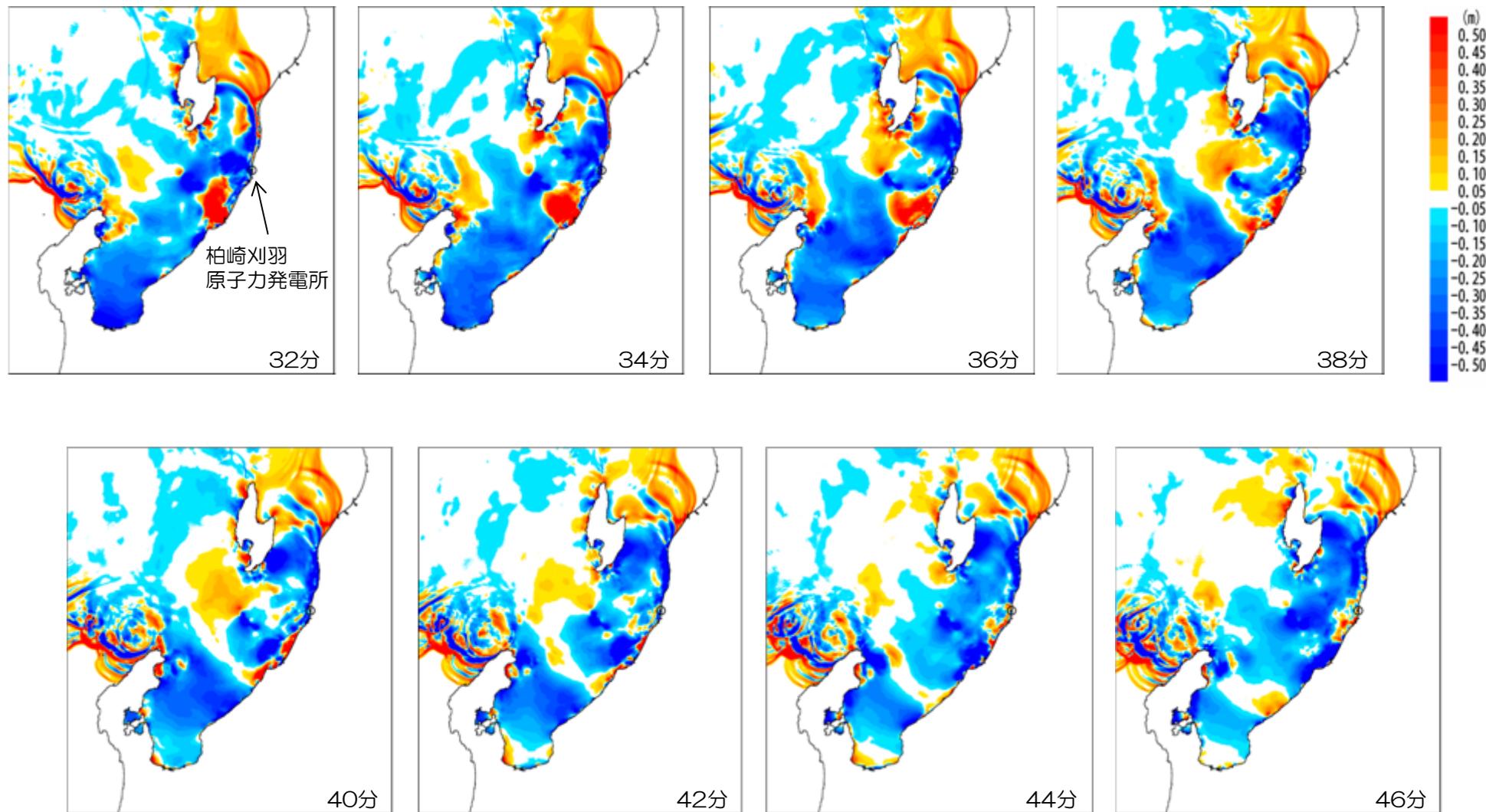
# 1 1. 伝播状況（二層流モデルに基づく手法）

## ■海底地すべりによる津波 LS-1（16分～30分）



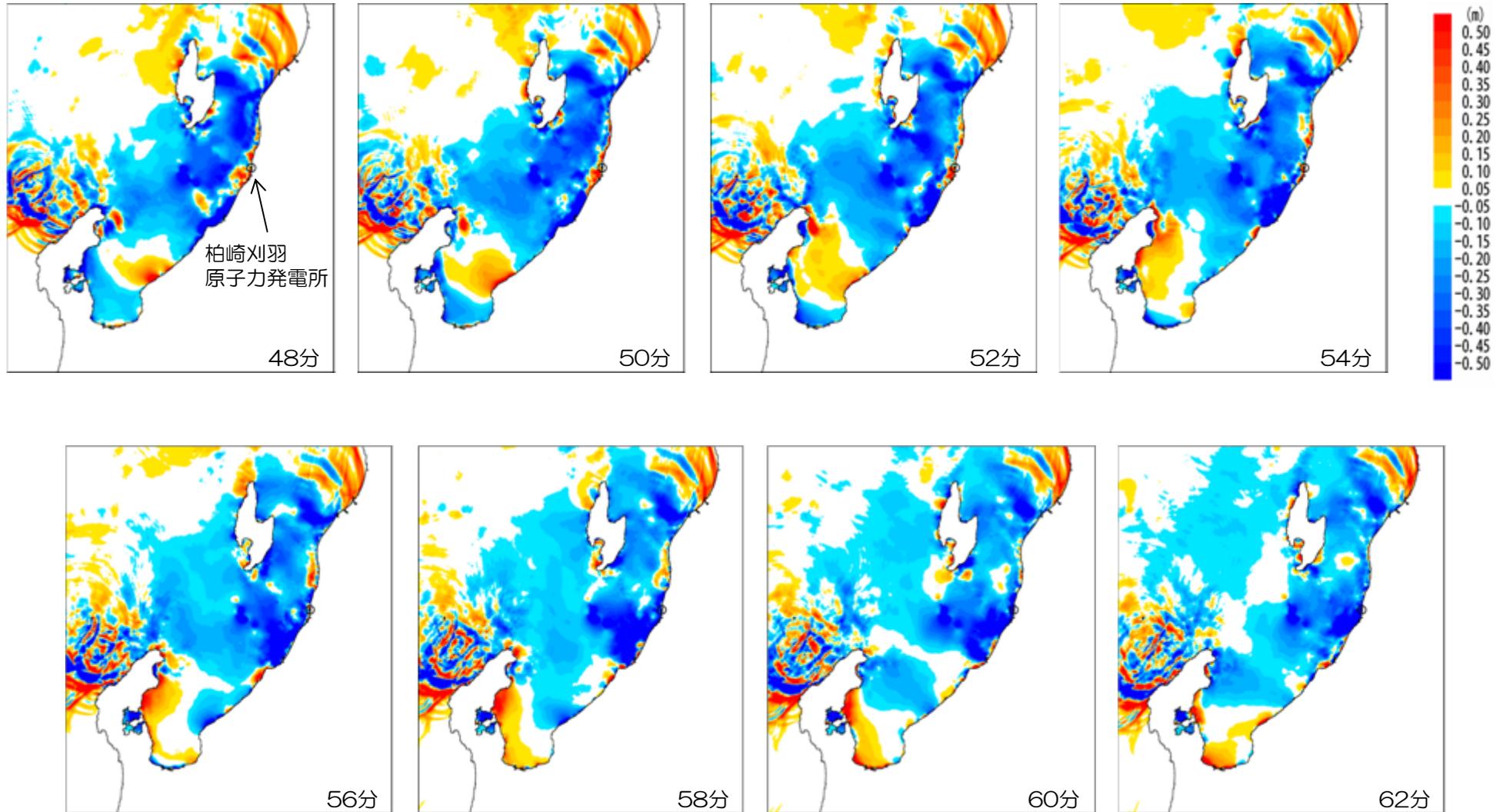
# 1 1. 伝播状況（二層流モデルに基づく手法）

## ■海底地すべりによる津波 LS-1（32分～46分）



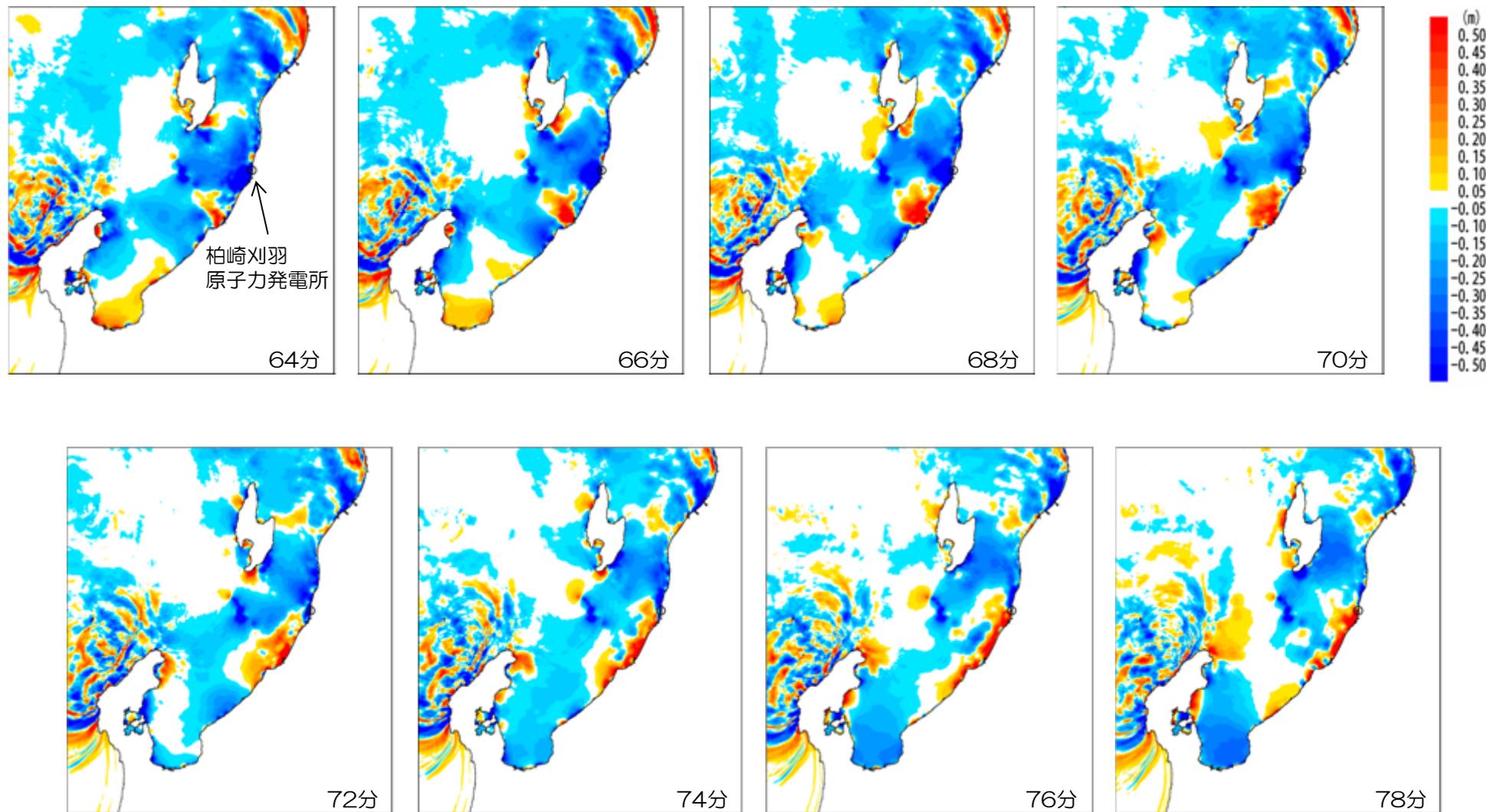
# 1 1. 伝播状況（二層流モデルに基づく手法）

## ■海底地すべりによる津波 LS-1（48分～62分）



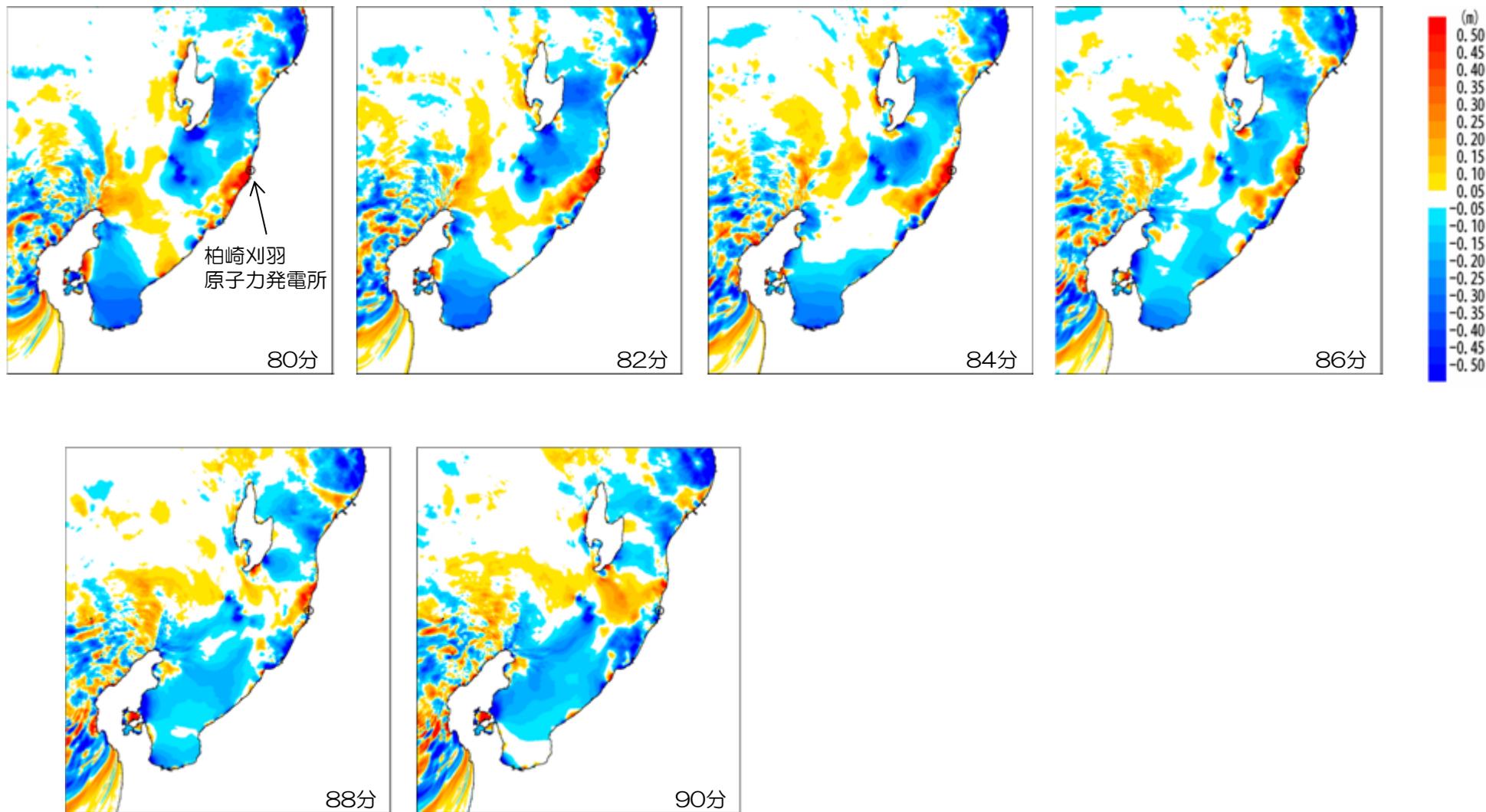
# 1 1. 伝播状況（二層流モデルに基づく手法）

## ■海底地すべりによる津波 LS-1（64分～78分）



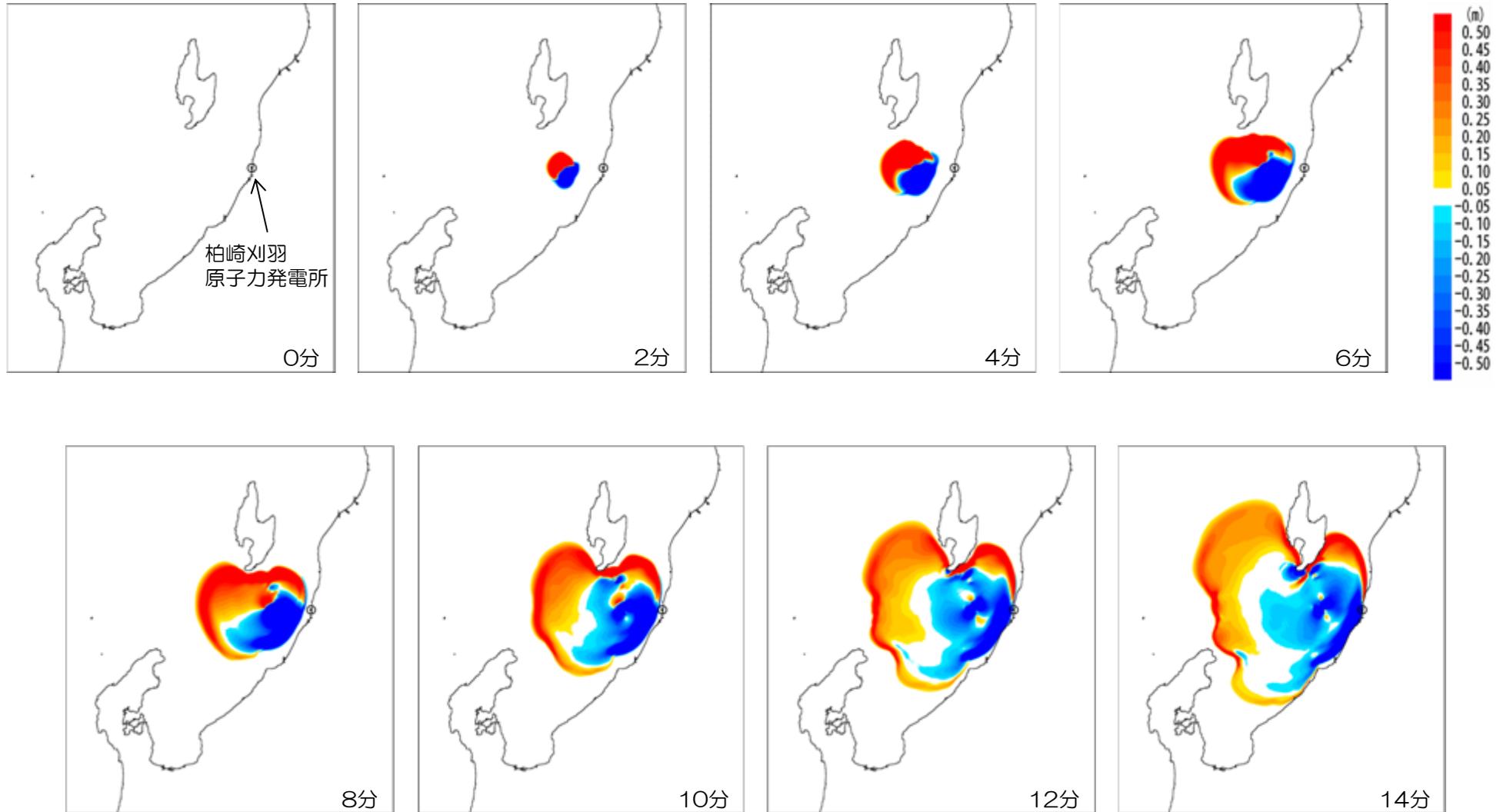
# 1 1. 伝播状況（二層流モデルに基づく手法）

## ■海底地すべりによる津波 LS-1（80分～90分）



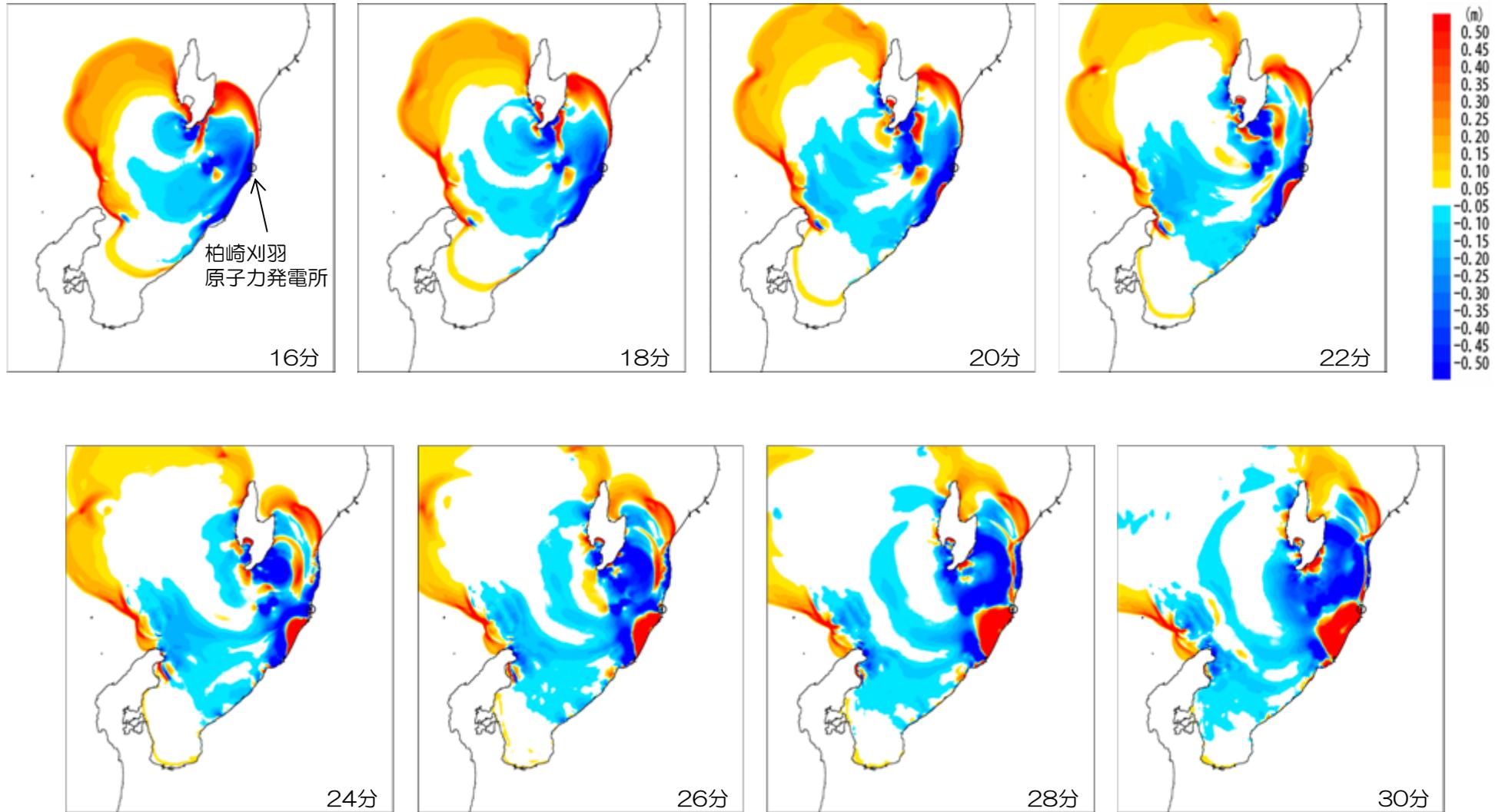
# 1 1. 伝播状況（二層流モデルに基づく手法）

## ■海底地すべりによる津波 LS-2（0分～14分）



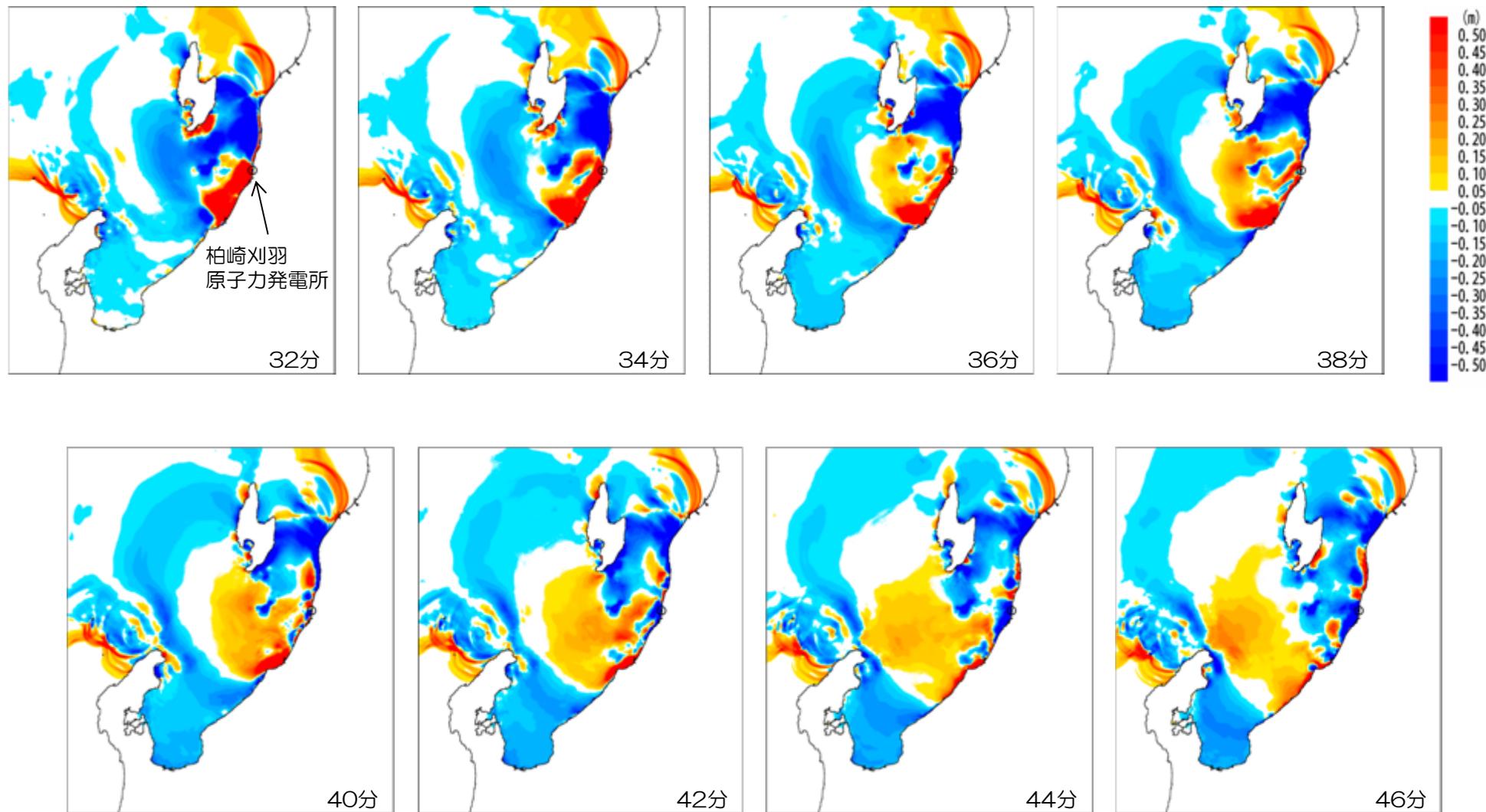
# 1 1. 伝播状況（二層流モデルに基づく手法）

## ■海底地すべりによる津波 LS-2（16分～30分）



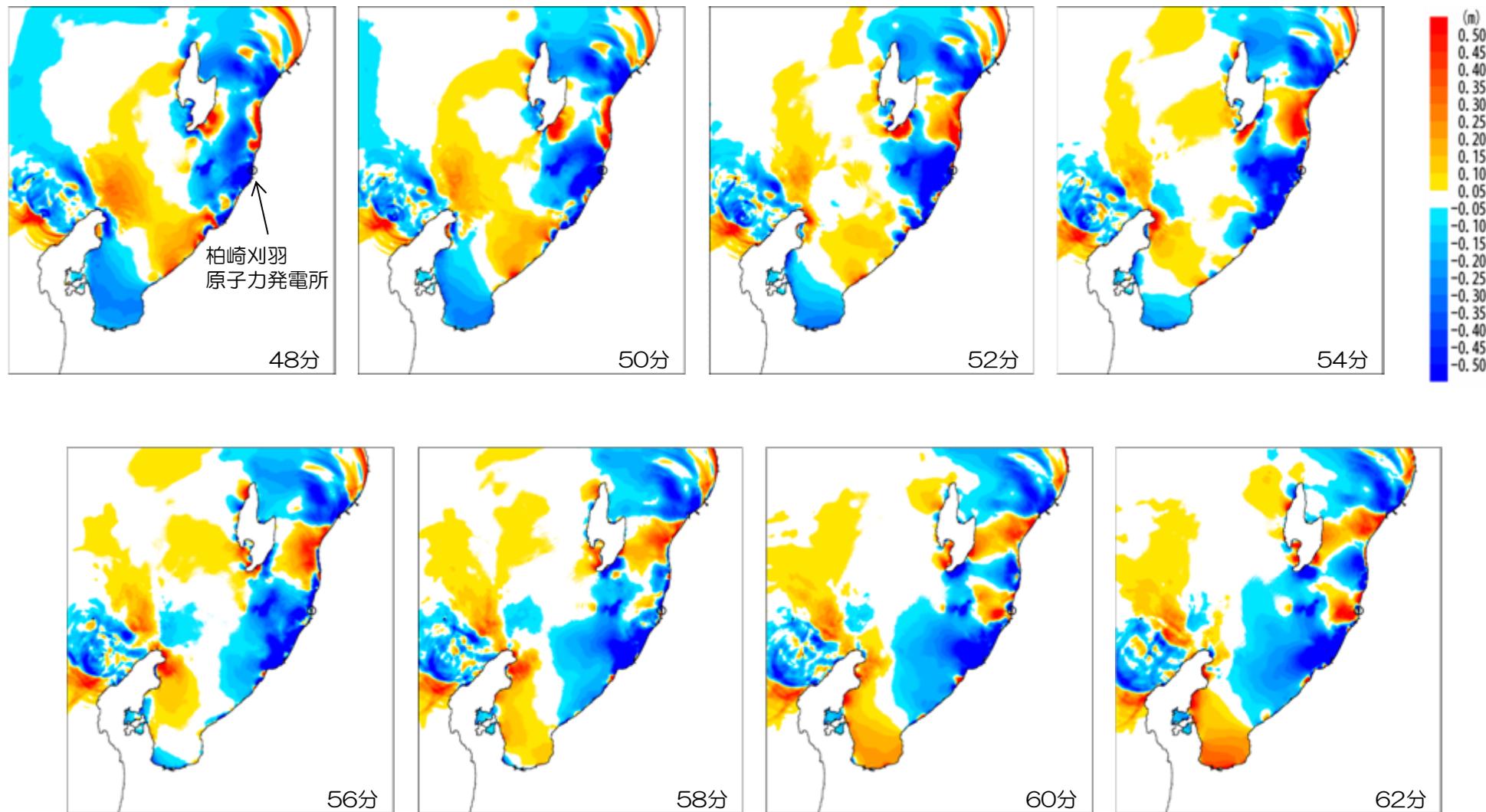
# 1 1. 伝播状況（二層流モデルに基づく手法）

## ■海底地すべりによる津波 LS-2（32分～46分）



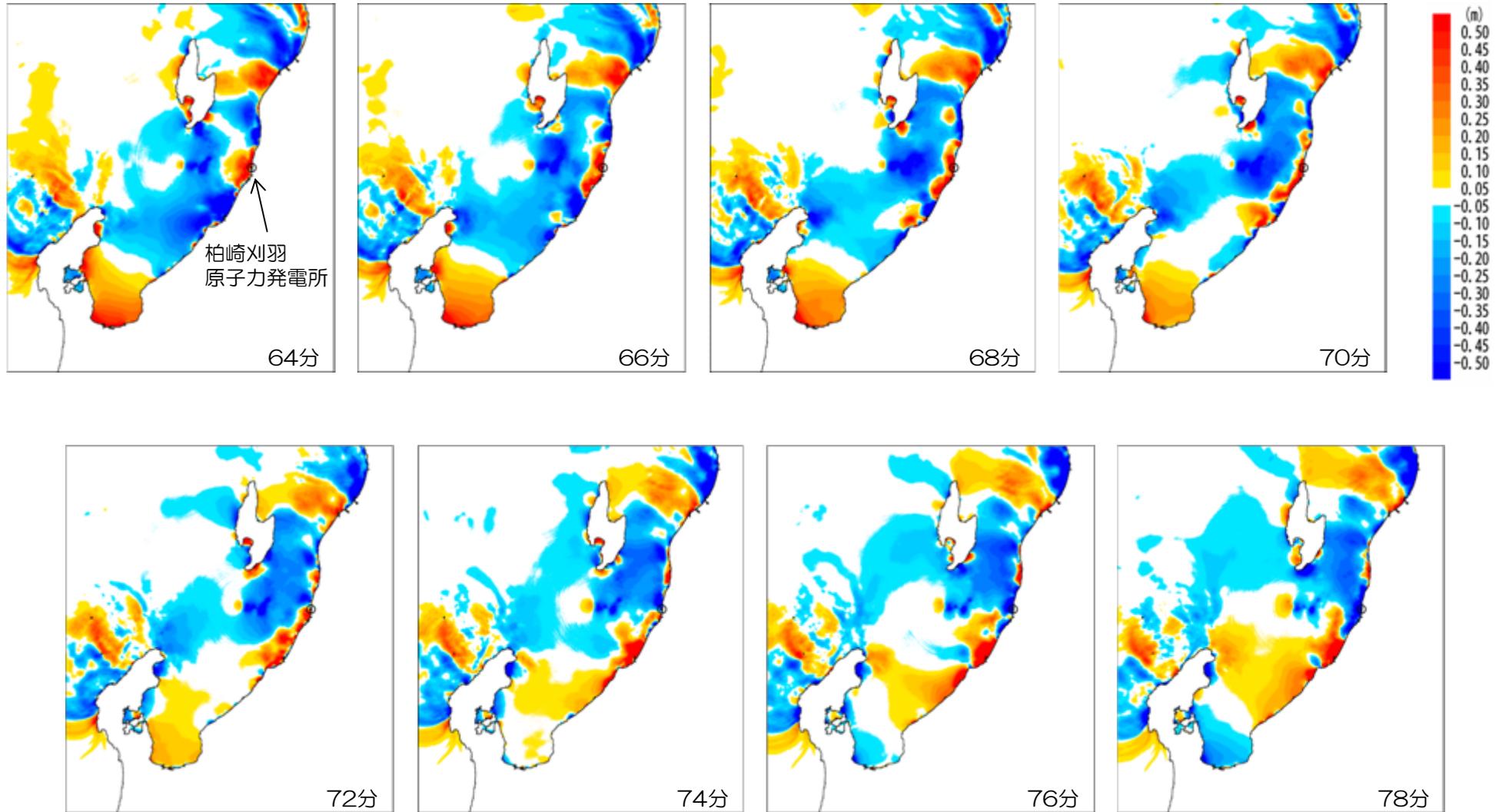
# 1 1. 伝播状況（二層流モデルに基づく手法）

## ■海底地すべりによる津波 LS-2（48分～62分）



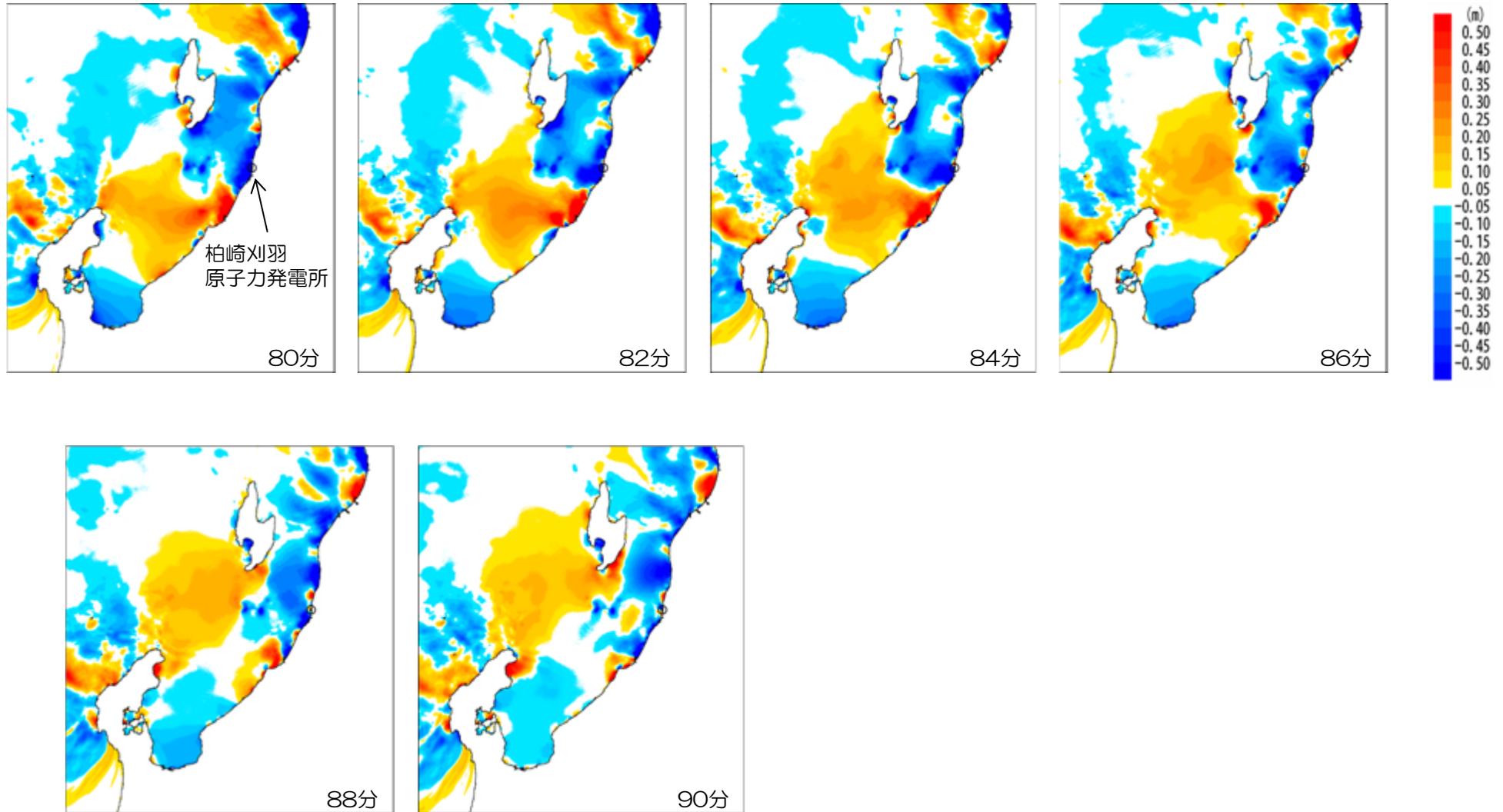
# 1 1. 伝播状況（二層流モデルに基づく手法）

## ■海底地すべりによる津波 LS-2（64分～78分）



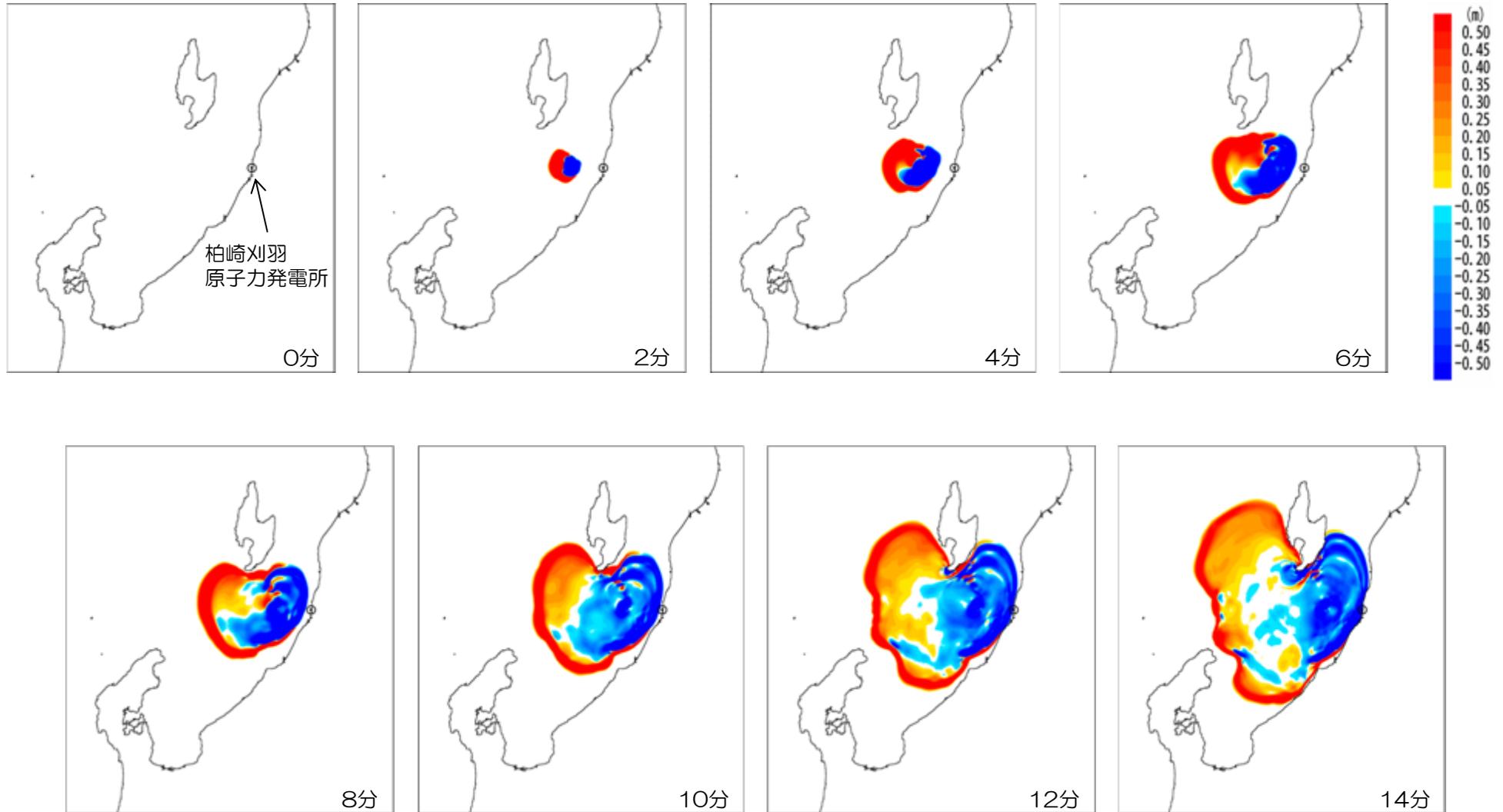
# 1 1. 伝播状況（二層流モデルに基づく手法）

## ■海底地すべりによる津波 LS-2（80分～90分）



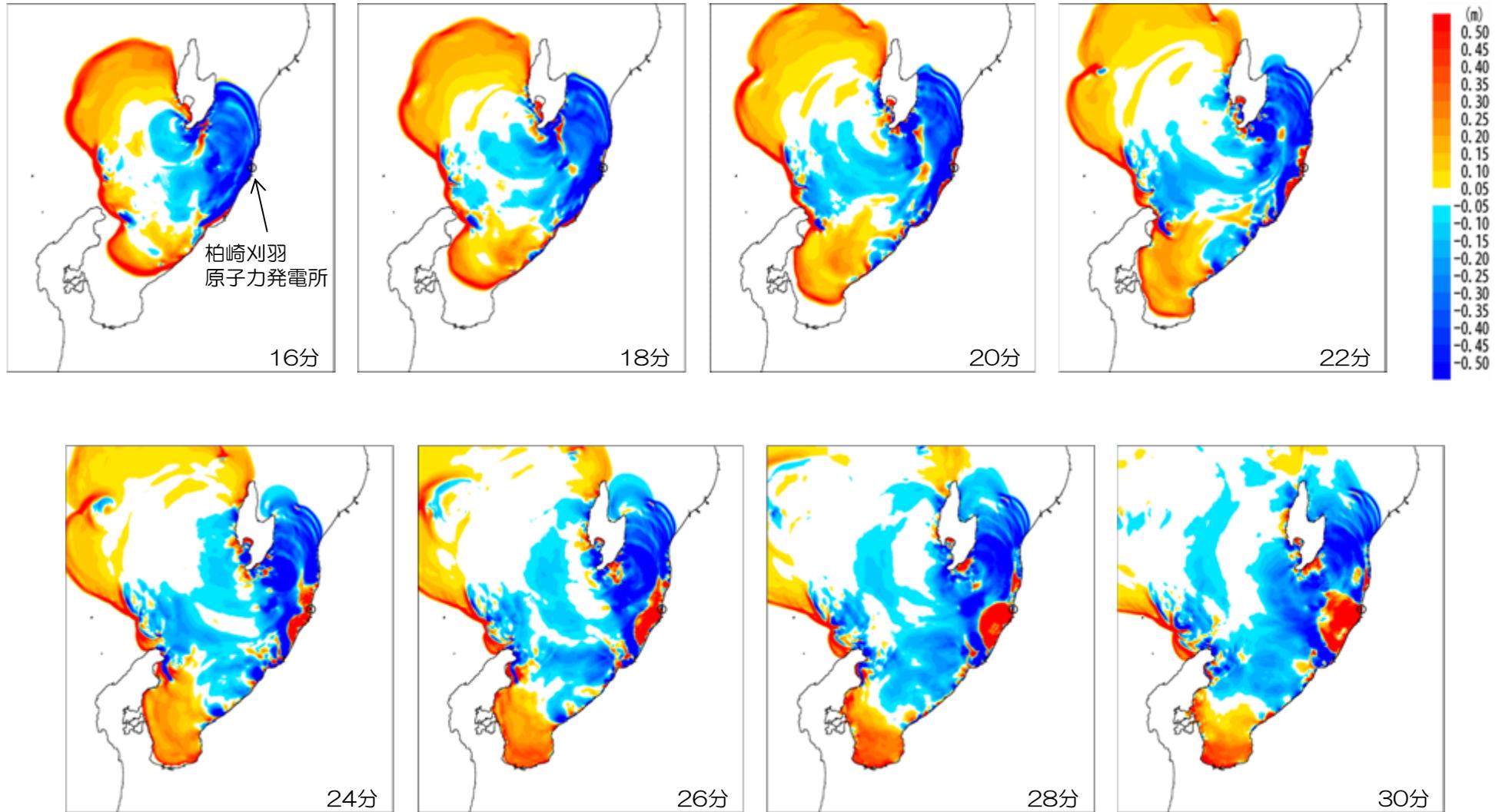
# 1 1. 伝播状況（二層流モデルに基づく手法）

## ■海底地すべりによる津波 LS-3（0分～14分）



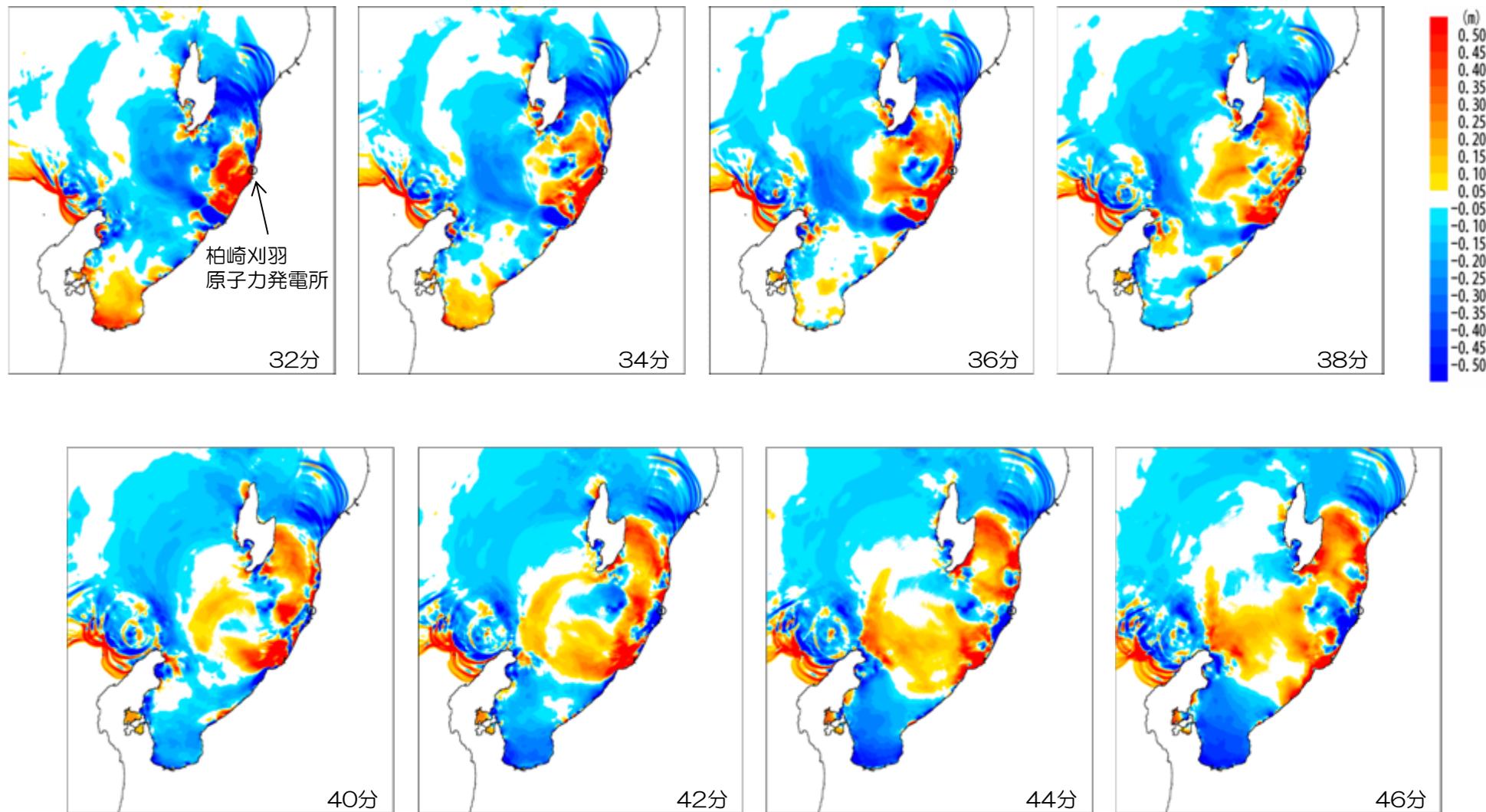
# 1 1. 伝播状況（二層流モデルに基づく手法）

## ■海底地すべりによる津波 LS-3（16分～30分）



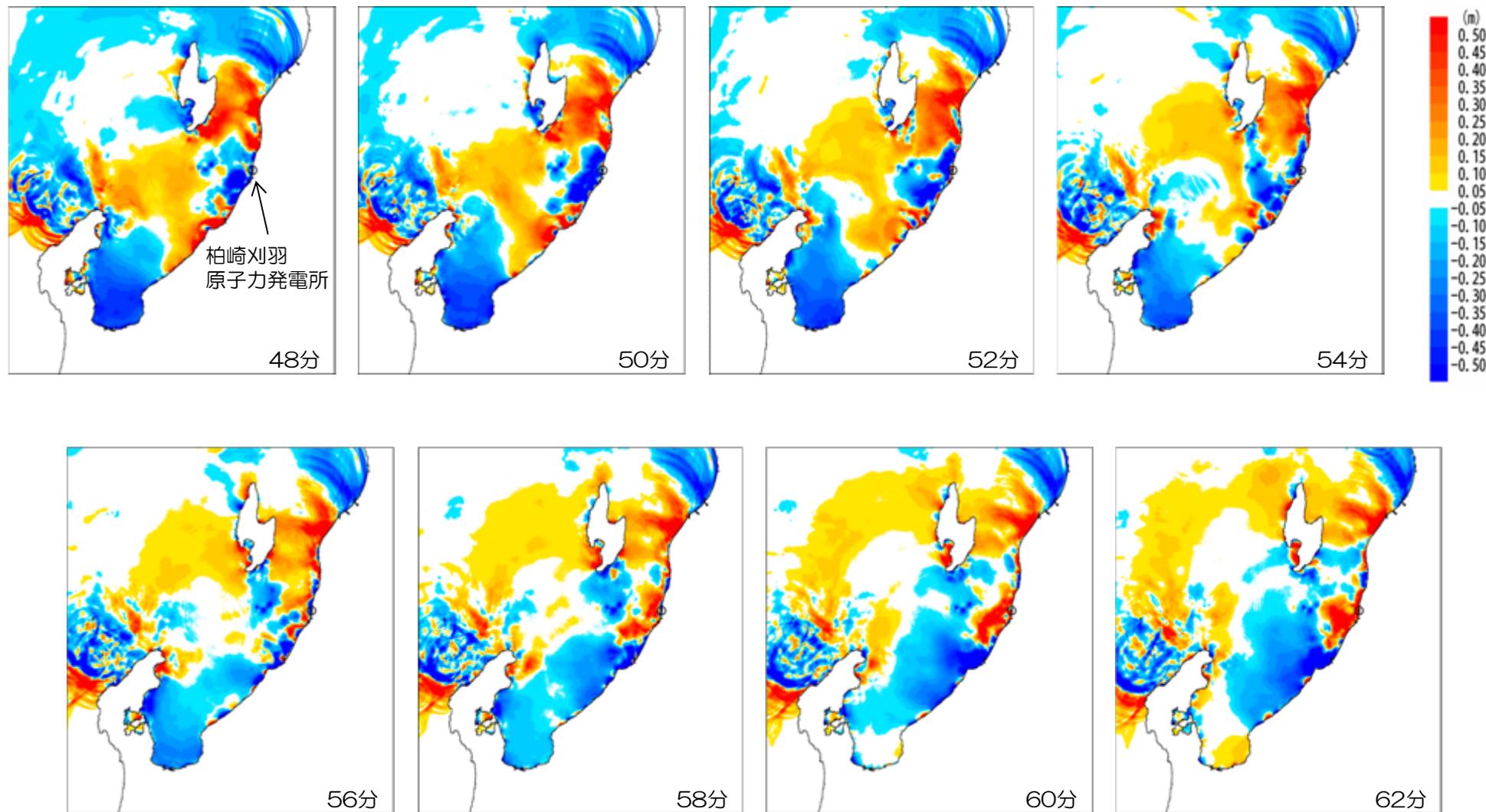
# 1 1. 伝播状況（二層流モデルに基づく手法）

## ■海底地すべりによる津波 LS-3（32分～46分）



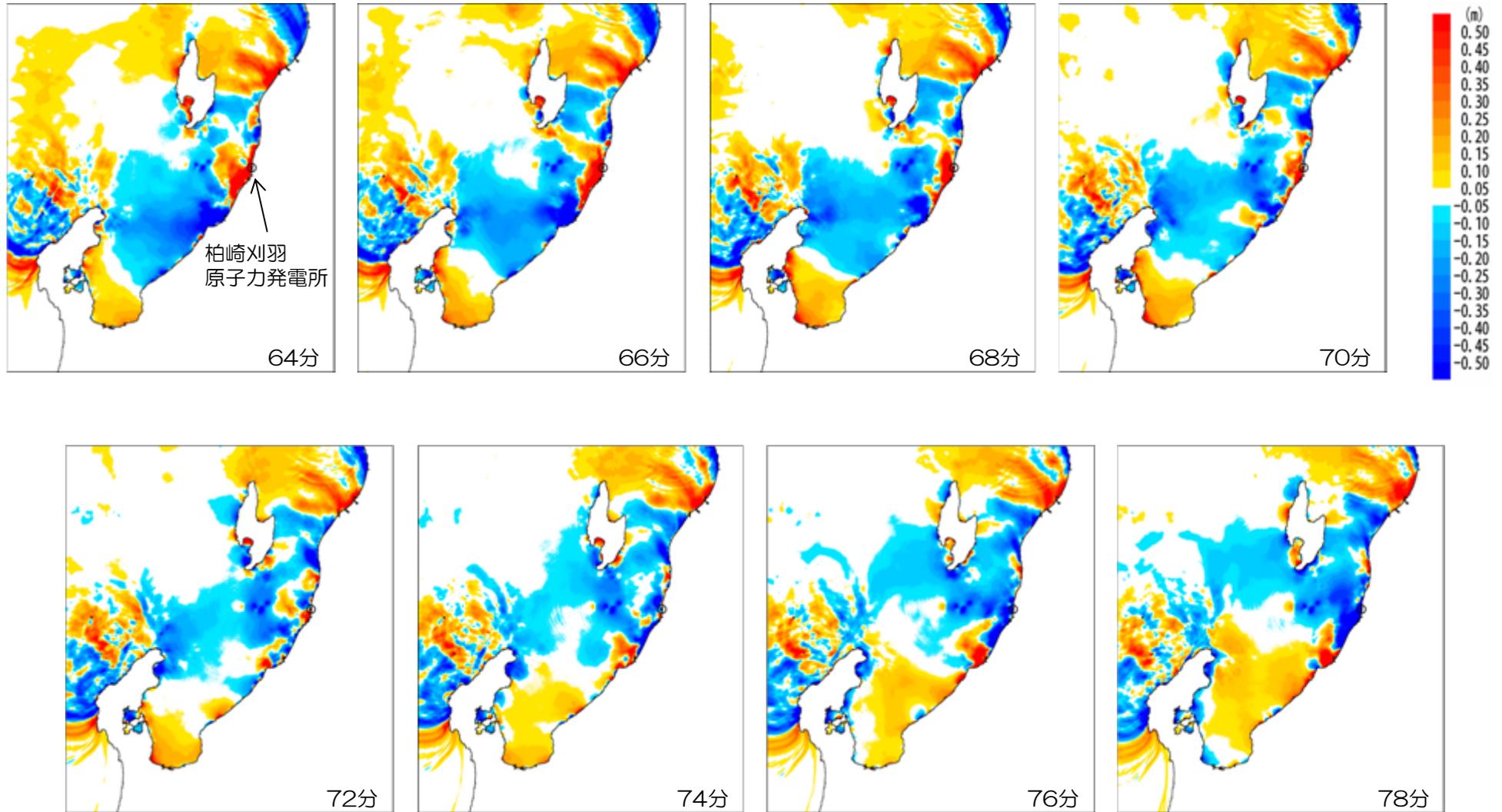
# 1 1. 伝播状況（二層流モデルに基づく手法）

## ■海底地すべりによる津波 LS-3（48分～62分）



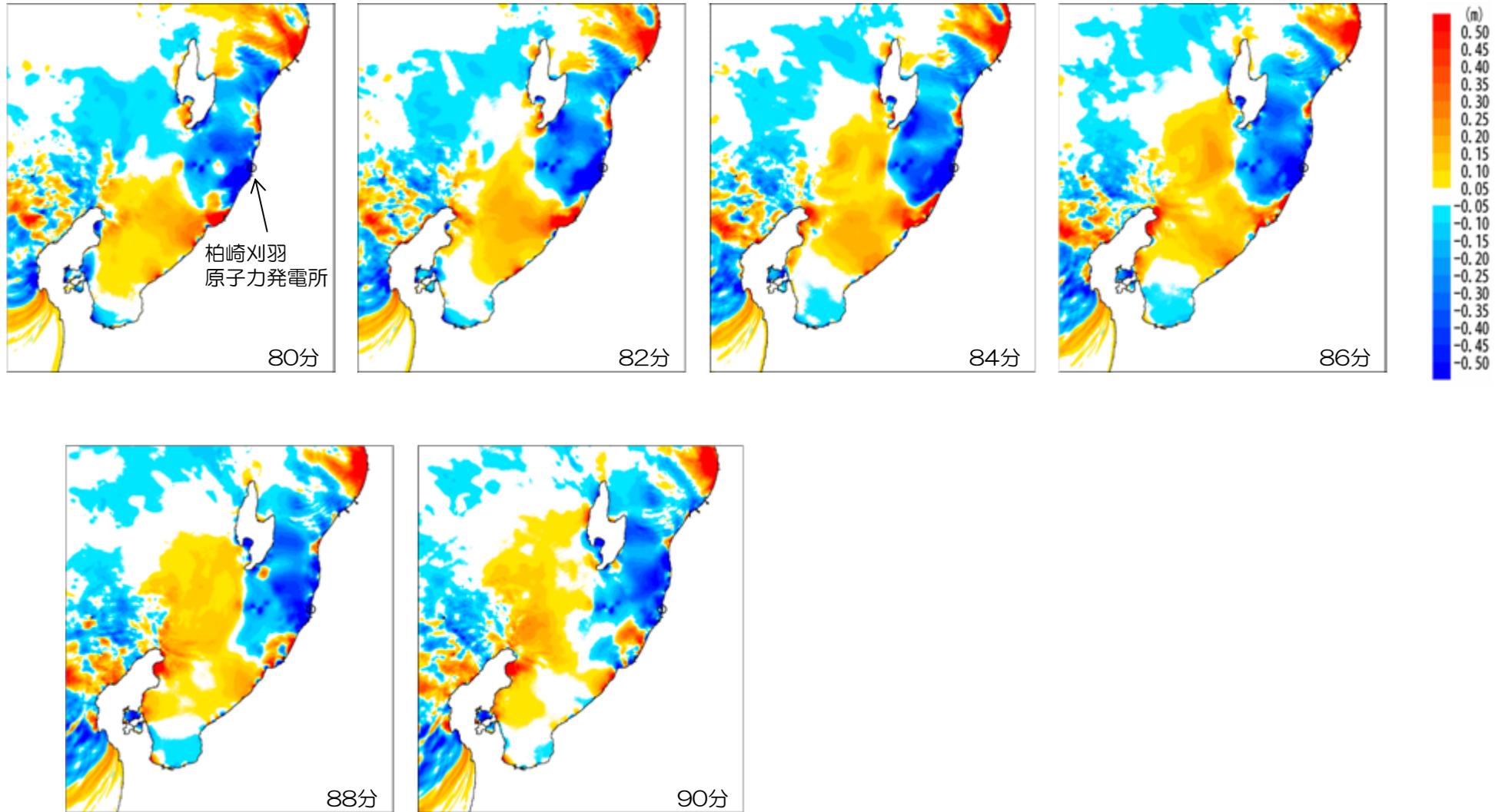
# 1 1. 伝播状況（二層流モデルに基づく手法）

## ■海底地すべりによる津波 LS-3（64分～78分）



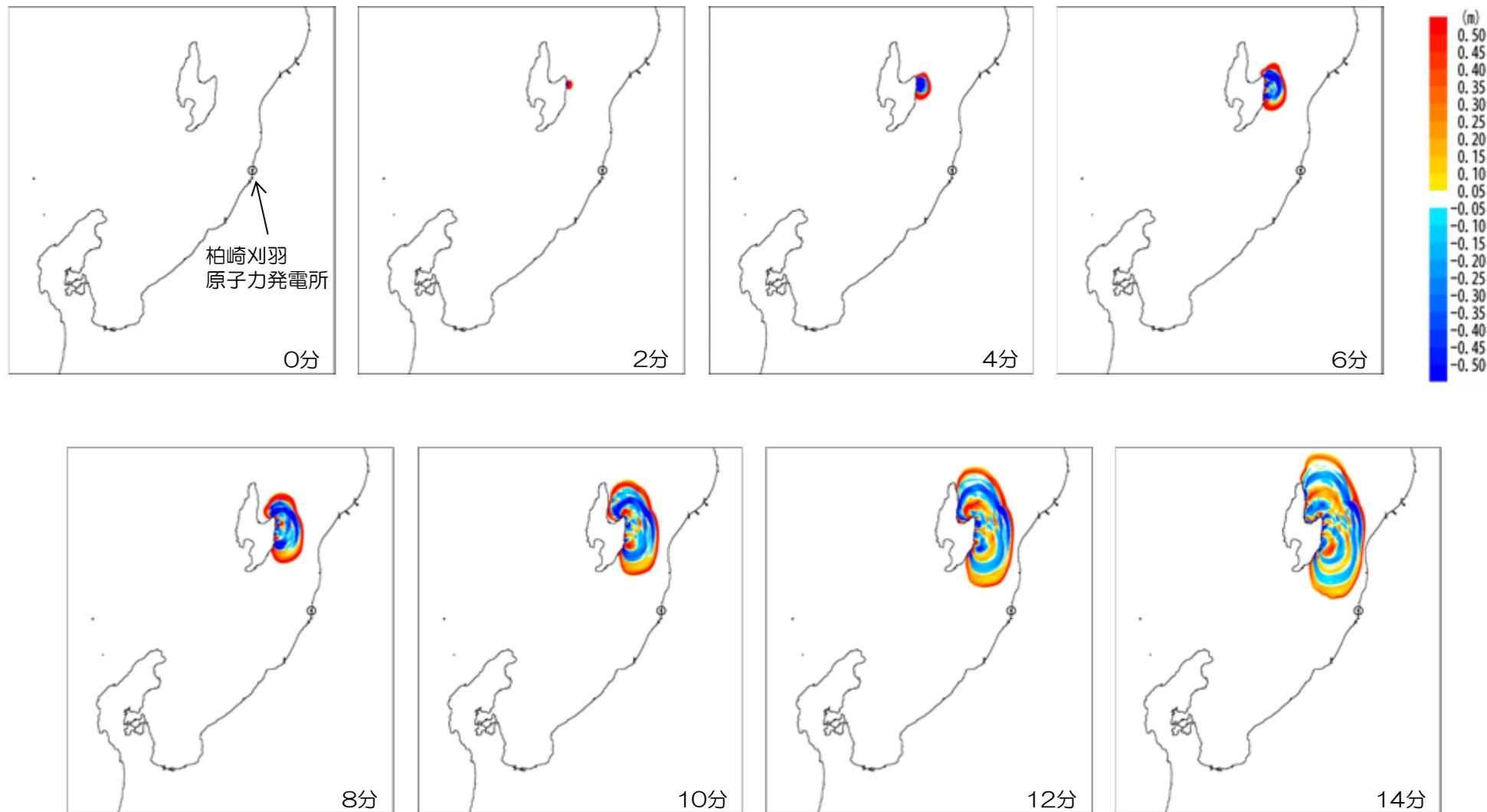
# 1 1. 伝播状況（二層流モデルに基づく手法）

## ■海底地すべりによる津波 LS-3（80分～90分）



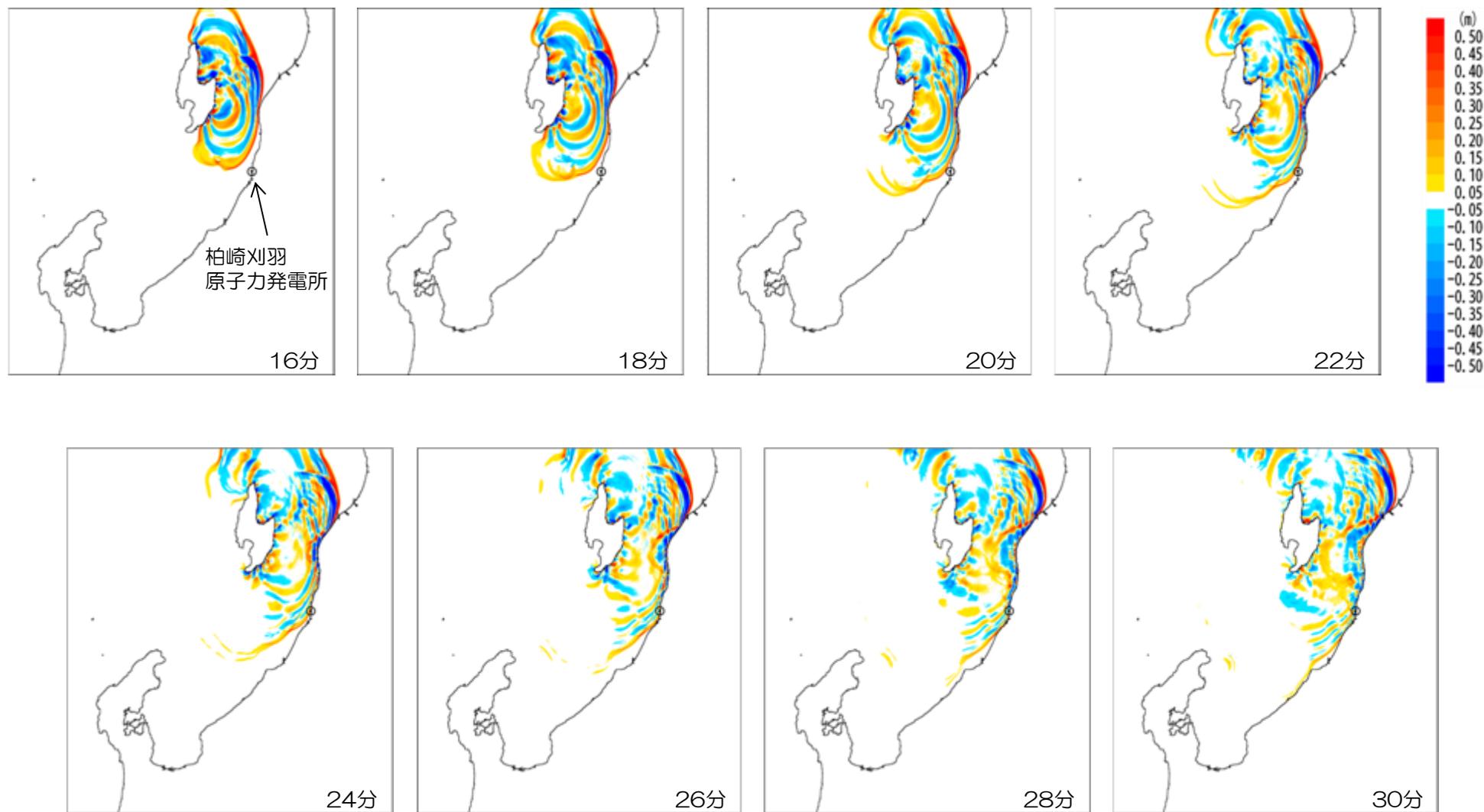
# 1 1. 伝播状況（二層流モデルに基づく手法）

## ■陸域斜面崩壊による津波 SD-5（0分～14分）



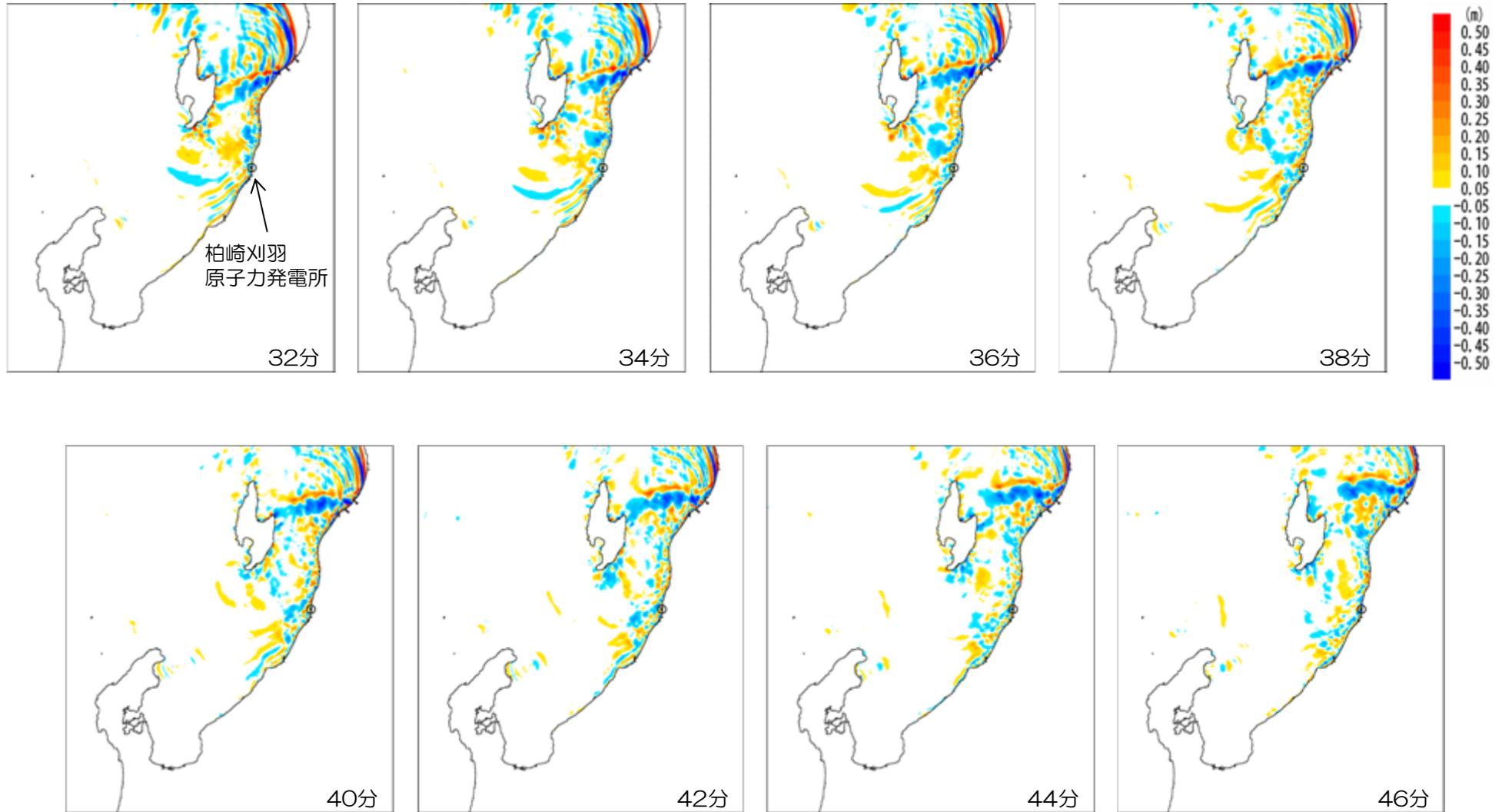
# 1 1. 伝播状況（二層流モデルに基づく手法）

## ■陸域斜面崩壊による津波 SD-5（16分～30分）



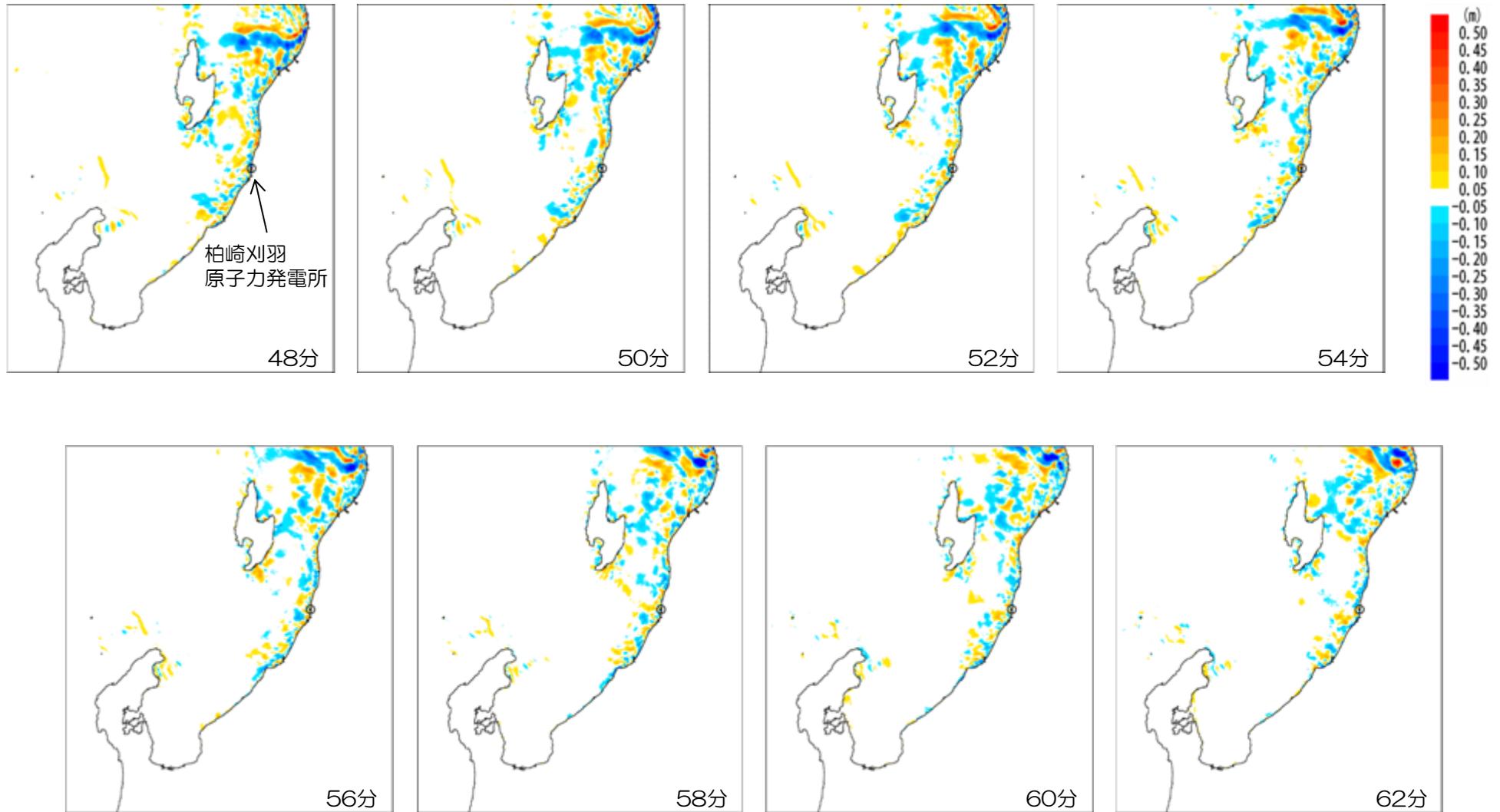
# 1 1. 伝播状況（二層流モデルに基づく手法）

## ■陸域斜面崩壊による津波 SD-5（32分～46分）



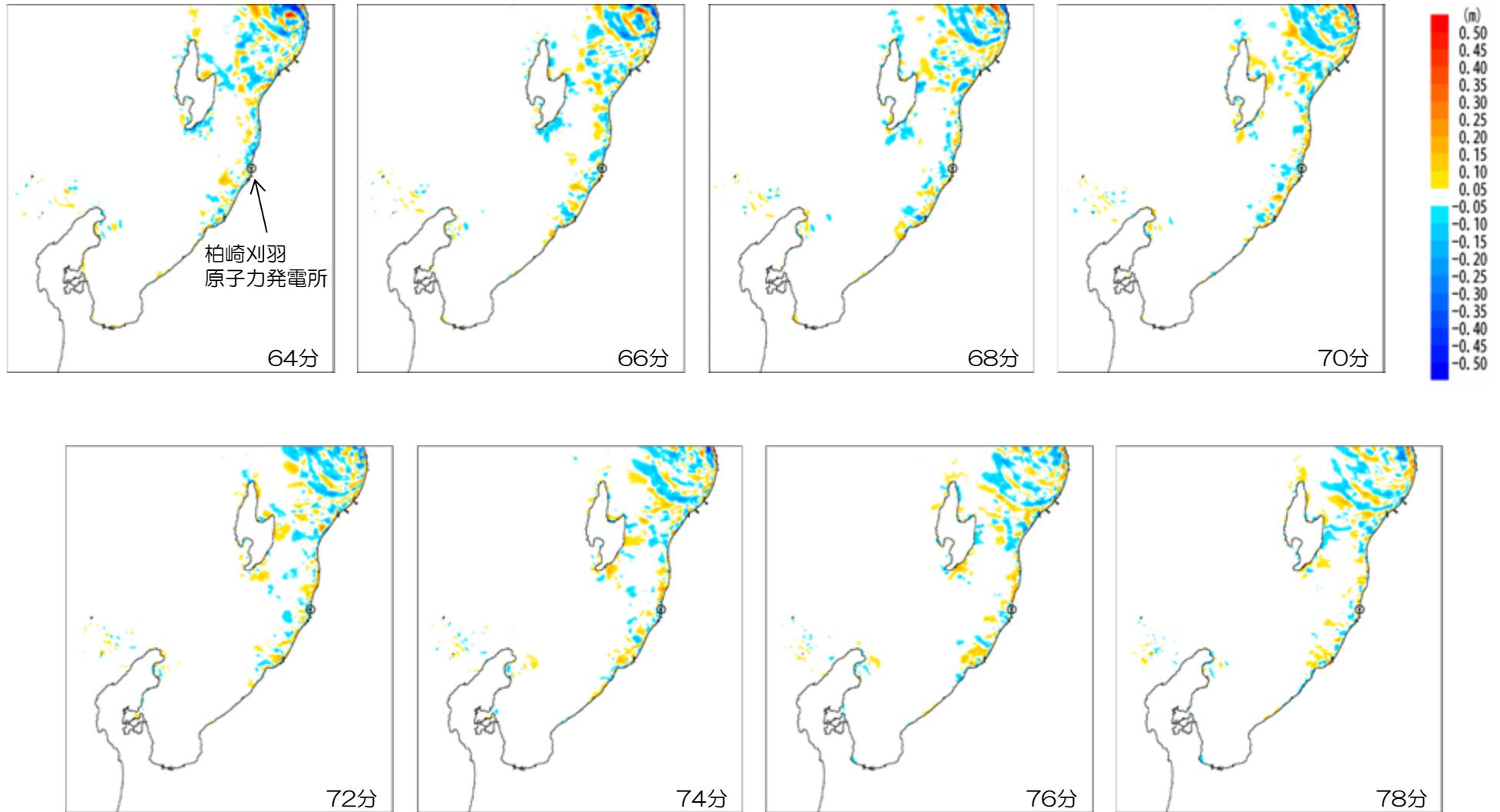
# 1 1. 伝播状況（二層流モデルに基づく手法）

## ■陸域斜面崩壊による津波 SD-5（48分～62分）



# 1 1. 伝播状況（二層流モデルに基づく手法）

## ■陸域斜面崩壊による津波 SD-5（64分～78分）



# 1 1. 伝播状況（二層流モデルに基づく手法）

## ■陸域斜面崩壊による津波 SD-5（80分～90分）

