

# 目次

1. 津波堆積物調査（現地調査）
2. 日本海東縁部に設定された地方自治体による波源モデル
3. 2011年東北地方太平洋沖地震を始めとするM9クラスの超巨大地震から得られた知見
  - 3-1. 2011年東北地方太平洋沖地震から得られた知見
  - 3-2. 世界のM9クラスの超巨大地震から得られた知見の整理
  - 3-3. まとめ
4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
  - 4-1. 2011年東北地方太平洋沖地震による津波等の再現性確認
  - 4-2. 分岐断層に関する検討
  - 4-3. ライズタイムの影響検討
  - 4-4. 動的破壊特性の不確かさの影響確認
5. チリ沖に想定される地震に伴う津波の影響検討
6. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
  - 6-1. 地すべり地形分布図
  - 6-2. 二層流モデルの適用性について
7. 海底地すべりに起因する津波
  - 7-1. 急傾斜部を対象とした地形判読
  - 7-2. 海底地すべり海上音波探査記録
  - 7-3. 海底地すべり地形崩壊量算定
  - 7-4. ハワイ付近の海底地すべりの影響について
8. 火山現象に起因する津波
  - 8-1. kinematic landslideモデルによる追加検討
9. 津波発生要因の組合せに関する検討
  - 9-1. 組合せ対象地すべりエリアの選定
  - 9-2. 線形足し合せ評価位置の検討
10. 津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性
  - 10-1. 検討方法
  - 10-2. 日本海側からの津波に対する検討
  - 10-3. 太平洋側からの津波に対する検討
  - 10-4. まとめ
11. 津波の伝播特性について

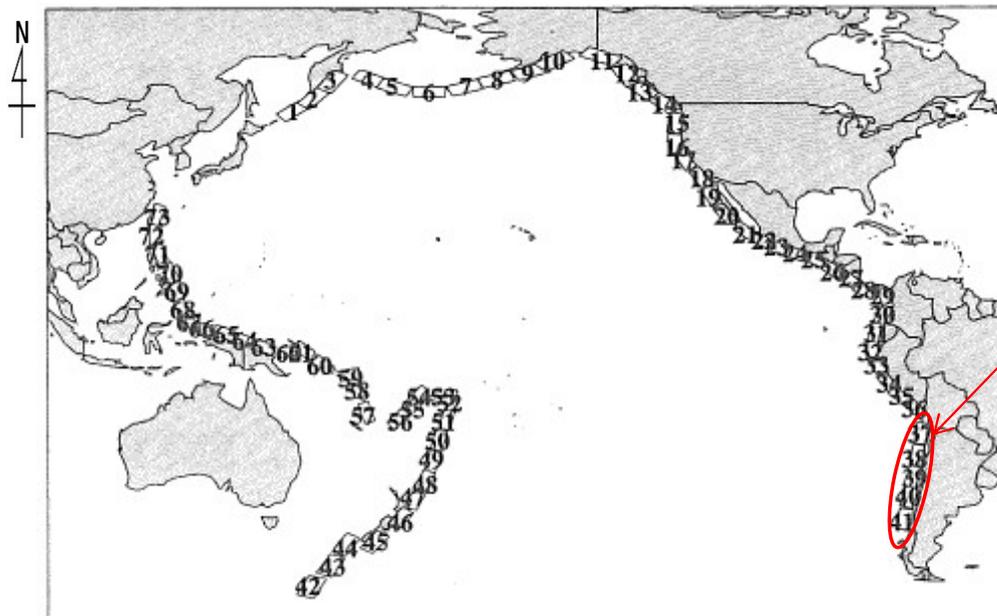
## 5. チリ沖に想定される地震に伴う津波の影響検討（1 / 5）

チリ沖の波源位置に関する敷地への津波の影響を把握するため、チリ沖に複数の波源モデルを設定して、チリ沖に想定される地震に伴う津波の影響検討を実施した。

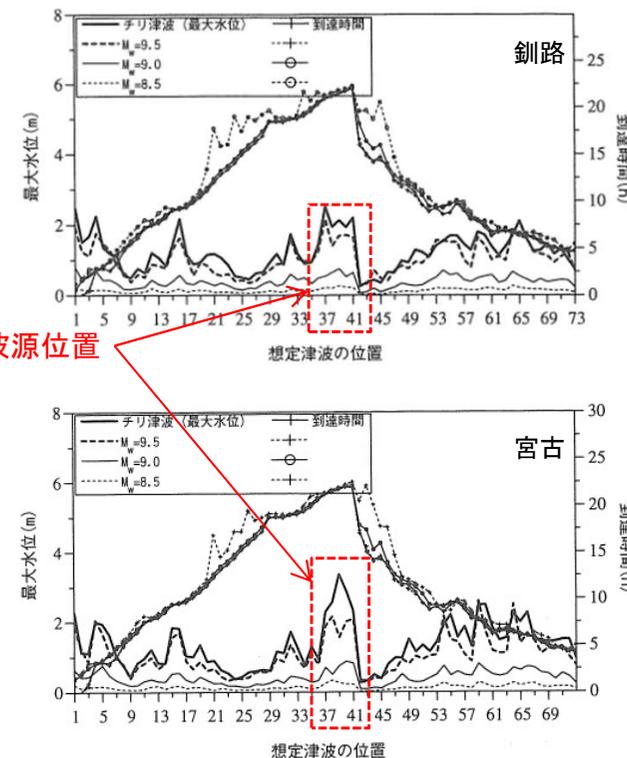
# 5. チリ沖に想定される地震に伴う津波の影響検討 (2 / 5)



## チリ沖の波源位置に関する敷地への影響検討 : 既往研究



チリ沖の波源位置  
No. 37~41



日本沿岸部における遠地津波の到達時間と最大水位  
河田ほか (1998) (68) に一部加筆

河田ほか (1998) (68) によると環太平洋地震帯上に1960年チリ地震をベースとした想定津波モデルを配置※し、数値計算により到達時間・最大水位を評価した結果、北海道・東北地方 (釧路・宮古) ではチリからの津波が最も大きくなる傾向にあるとされている。

※対象とするNo. 1~No. 73の地域で実際に大地震が発生するかは別にして、初期波形のみを想定して、それによるわが国沿岸部への影響を調べたとされている。

河田ほか (1998) (68) による

# 5. チリ沖に想定される地震に伴う津波の影響検討 (3 / 5)



## チリ沖の波源位置に関する敷地への影響検討 : 波源モデル

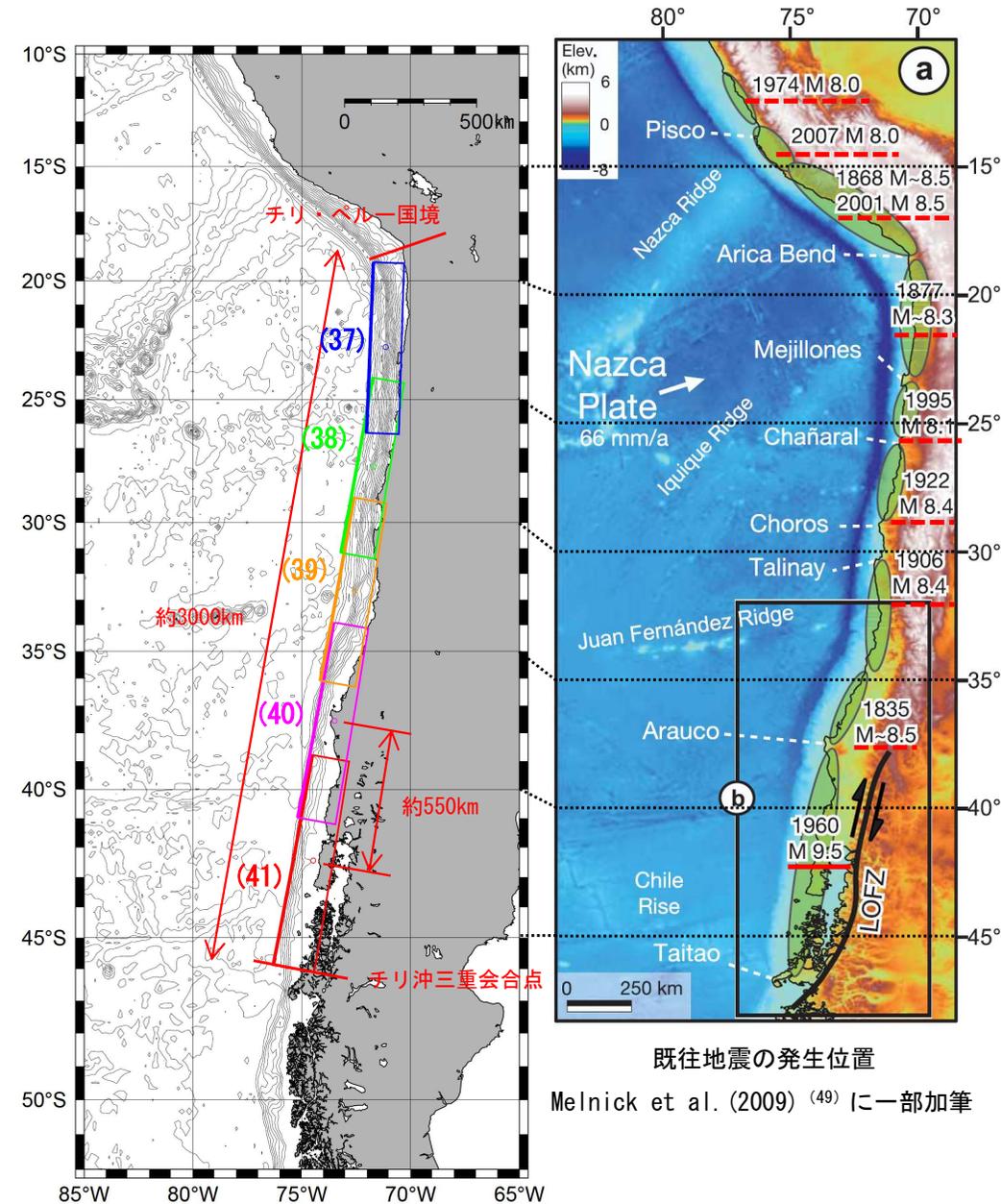
- チリ沖では、プレート境界約3000kmのうちM9.5規模の地震はその南端に位置する1960年チリ地震の発生域で発生している。
- チリ沖の約3000kmのプレート境界のうち、敷地へ及ぼす影響の大きな波源位置を確認するため、河田ほか (1998) (68) と同様の位置に波源モデルを設定して検討を実施した。

波源モデルのパラメータ

項目	諸元				
位置 (右図に対応)	(37)	(38)	(39)	(40)	(41)※1
モーメントマグニチュード $M_w$	9.4				
長さ $L$ (km)	800				
幅 $W$ (km)	150				
すべり量 $D$ (m)	28.8				
剛性率 $\mu$ (N/m <sup>2</sup> )	$5.0 \times 10^{10}$				
地震モーメント $M_0$ (N・m)	$1.73 \times 10^{23}$				
走向 $\theta$ (°) ※2	2	10			
上縁深さ $d$ (km)	1				
傾斜角 $\delta$ (°)	10				
すべり角 $\lambda$ (°)	90				
ライズタイム $\tau$ (s)	0				

※1: 基準波源モデルとして採用した1960年チリ地震津波の再現モデル (修正K&Cモデル)

※2: (37) のケースのみ海溝軸に合わせて走向を変化させた



既往地震の発生位置

Melnick et al. (2009) (49) に一部加筆

波源モデル位置

( ): 河田ほか (1998) (68) の波源位置

# 5. チリ沖に想定される地震に伴う津波の影響検討 (4 / 5)

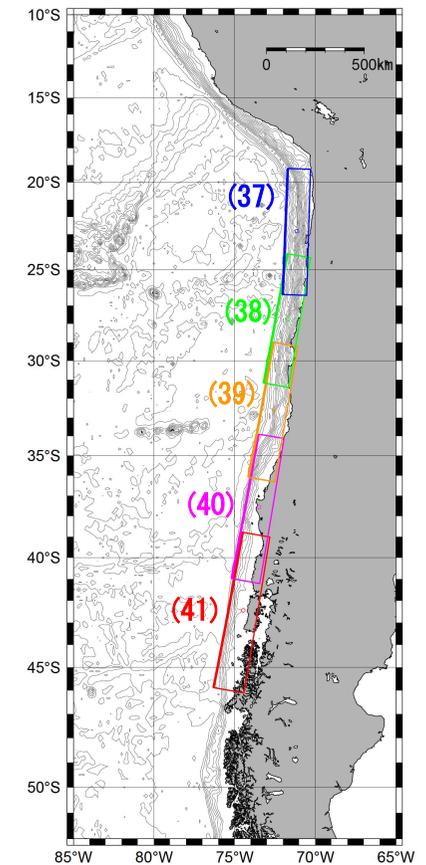
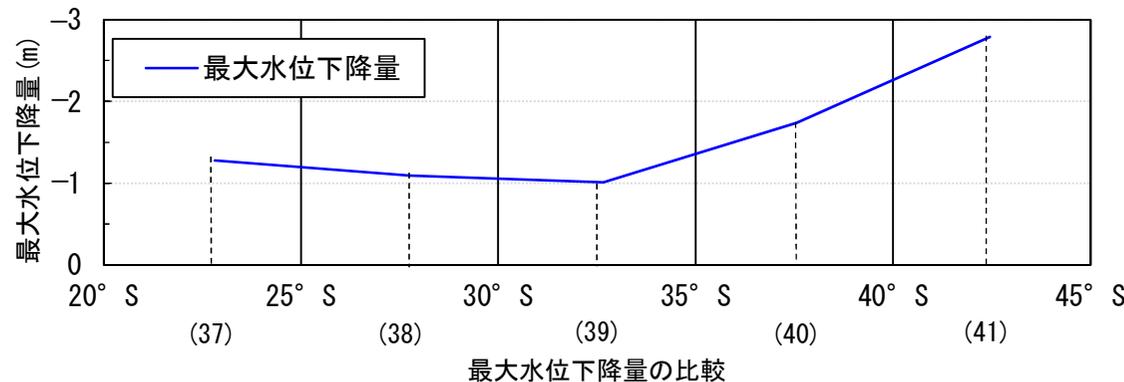
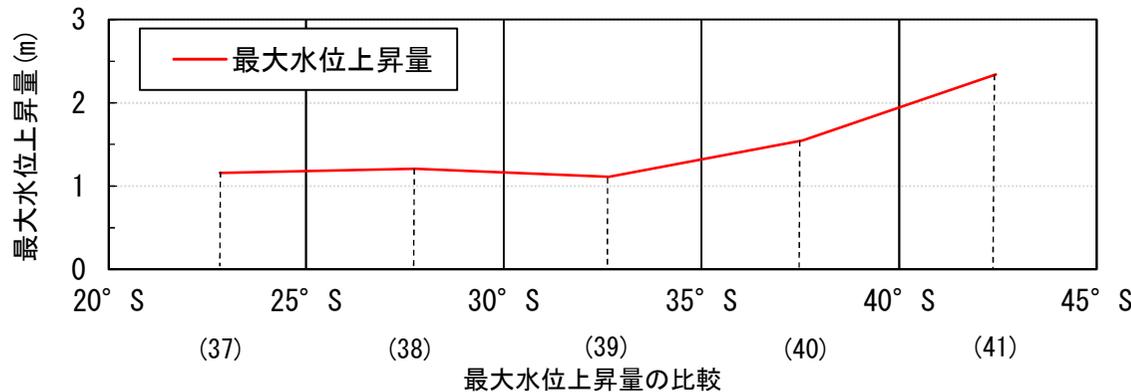


## 波源位置に関する影響検討：敷地における影響評価結果 (1 / 2)

- 敷地においては1960年チリ地震位置 (41) のケースが水位上昇量，水位下降量ともに最大となり，基準波源モデルの配置箇所である1960年チリ地震の発生位置に波源を設定する場合の影響が最も大きいことが確認された。
- よって，基準津波策定に係りチリ沖に想定される地震に伴う津波に関し実施した位置の検討範囲は妥当と考えられる。

敷地における最大水位変動量

波源位置	(37)	(38)	(39)	(40)	(41)
最大水位上昇量 (m)	1.16	1.21	1.11	1.55	2.34
最大水位下降量 (m)	-1.28	-1.09	-1.01	-1.74	-2.79



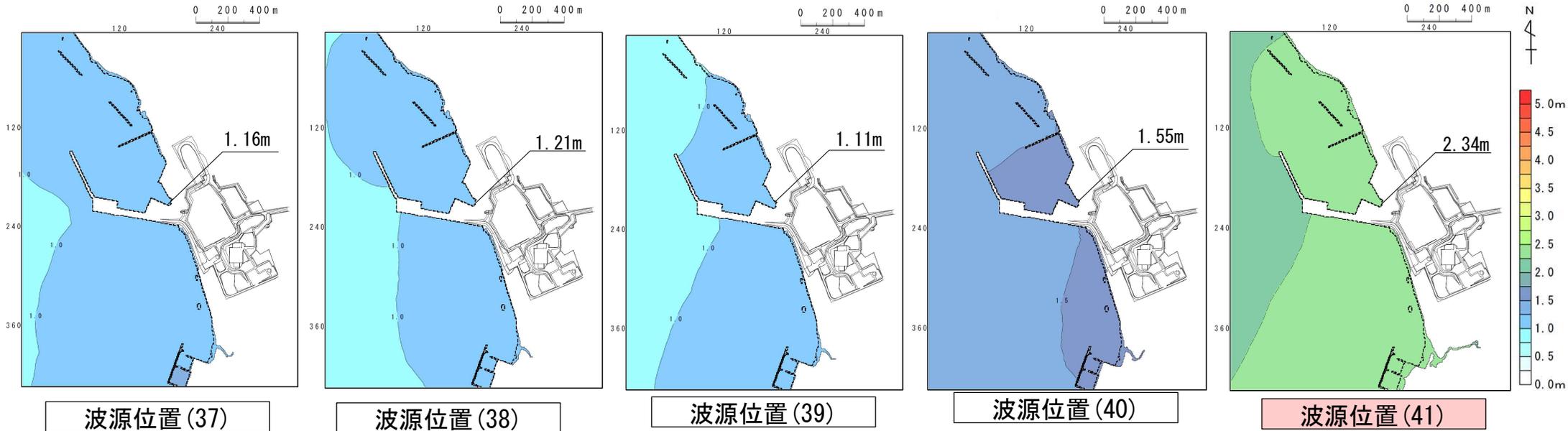
波源モデル位置 (修正K&CモデルMw=9.4)

( ) : 河田ほか(1998) <sup>(68)</sup> の波源位置

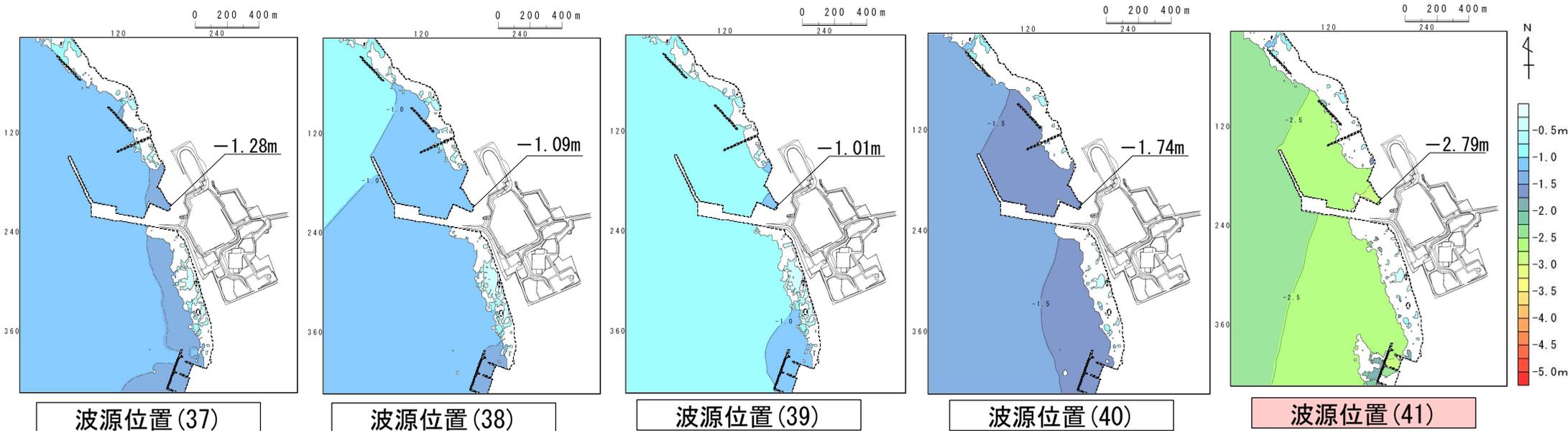
# 5. チリ沖に想定される地震に伴う津波の影響検討 (5 / 5)



## 波源位置に関する影響検討：敷地における影響評価結果 (2 / 2)



最大水位上昇量分布



最大水位下降量分布

( ) : 河田ほか(1998) (68) の波源位置

# 目次

1. 津波堆積物調査（現地調査）
2. 日本海東縁部に設定された地方自治体による波源モデル
3. 2011年東北地方太平洋沖地震を始めとするM9クラスの超巨大地震から得られた知見
  - 3-1. 2011年東北地方太平洋沖地震から得られた知見
  - 3-2. 世界のM9クラスの超巨大地震から得られた知見の整理
  - 3-3. まとめ
4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
  - 4-1. 2011年東北地方太平洋沖地震による津波等の再現性確認
  - 4-2. 分岐断層に関する検討
  - 4-3. ライズタイムの影響検討
  - 4-4. 動的破壊特性の不確かさの影響確認
5. チリ沖に想定される地震に伴う津波の影響検討
6. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
  - 6-1. 地すべり地形分布図
  - 6-2. 二層流モデルの適用性について
7. 海底地すべりに起因する津波
  - 7-1. 急傾斜部を対象とした地形判読
  - 7-2. 海底地すべり海上音波探査記録
  - 7-3. 海底地すべり地形崩壊量算定
  - 7-4. ハワイ付近の海底地すべりの影響について
8. 火山現象に起因する津波
  - 8-1. kinematic landslideモデルによる追加検討
9. 津波発生要因の組合せに関する検討
  - 9-1. 組合せ対象地すべりエリアの選定
  - 9-2. 線形足し合せ評価位置の検討
10. 津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性
  - 10-1. 検討方法
  - 10-2. 日本海側からの津波に対する検討
  - 10-3. 太平洋側からの津波に対する検討
  - 10-4. まとめ
11. 津波の伝播特性について

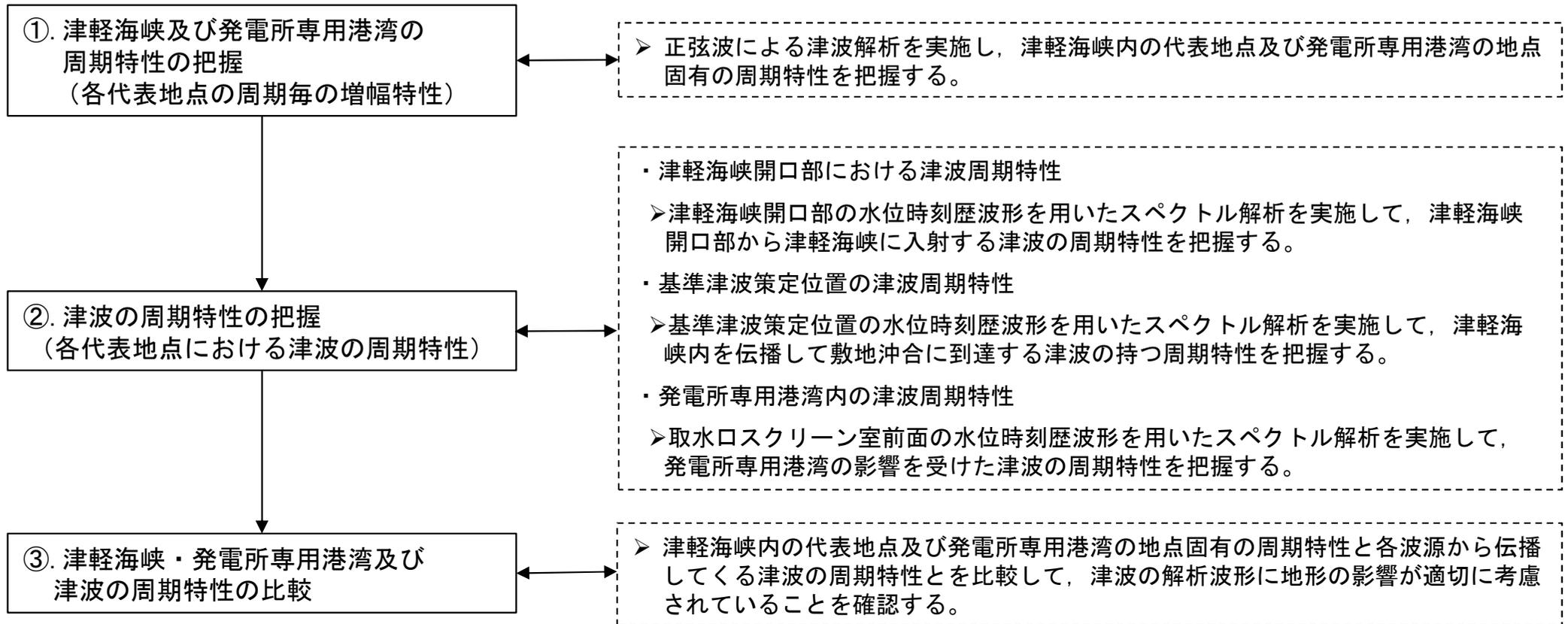


## 検討方針

- 津波水位評価に津軽海峡や発電所専用港湾の影響が考慮されていることを確認するため、津軽海峡、発電所専用港湾及び津波の周期特性について検討する。
- 評価フロー及び評価内容は以下のとおり。

### 【評価フロー】

### 【評価内容】



(余白)

1. 津波堆積物調査（現地調査）
2. 日本海東縁部に設定された地方自治体による波源モデル
3. 2011年東北地方太平洋沖地震を始めとするM9クラスの超巨大地震から得られた知見
  - 3-1. 2011年東北地方太平洋沖地震から得られた知見
  - 3-2. 世界のM9クラスの超巨大地震から得られた知見の整理
  - 3-3. まとめ
4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
  - 4-1. 2011年東北地方太平洋沖地震による津波等の再現性確認
  - 4-2. 分岐断層に関する検討
  - 4-3. ライズタイムの影響検討
  - 4-4. 動的破壊特性の不確かさの影響確認
5. チリ沖に想定される地震に伴う津波の影響検討
6. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
  - 6-1. 地すべり地形分布図
  - 6-2. 二層流モデルの適用性について
7. 海底地すべりに起因する津波
  - 7-1. 急傾斜部を対象とした地形判読
  - 7-2. 海底地すべり海上音波探査記録
  - 7-3. 海底地すべり地形崩壊量算定
  - 7-4. ハワイ付近の海底地すべりの影響について
8. 火山現象に起因する津波
  - 8-1. kinematic landslideモデルによる追加検討
9. 津波発生要因の組合せに関する検討
  - 9-1. 組合せ対象地すべりエリアの選定
  - 9-2. 線形足し合せ評価位置の検討
10. 津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性
  - 10-1. 検討方法
  - 10-2. 日本海側からの津波に対する検討
  - 10-3. 太平洋側からの津波に対する検討
  - 10-4. まとめ
11. 津波の伝播特性について



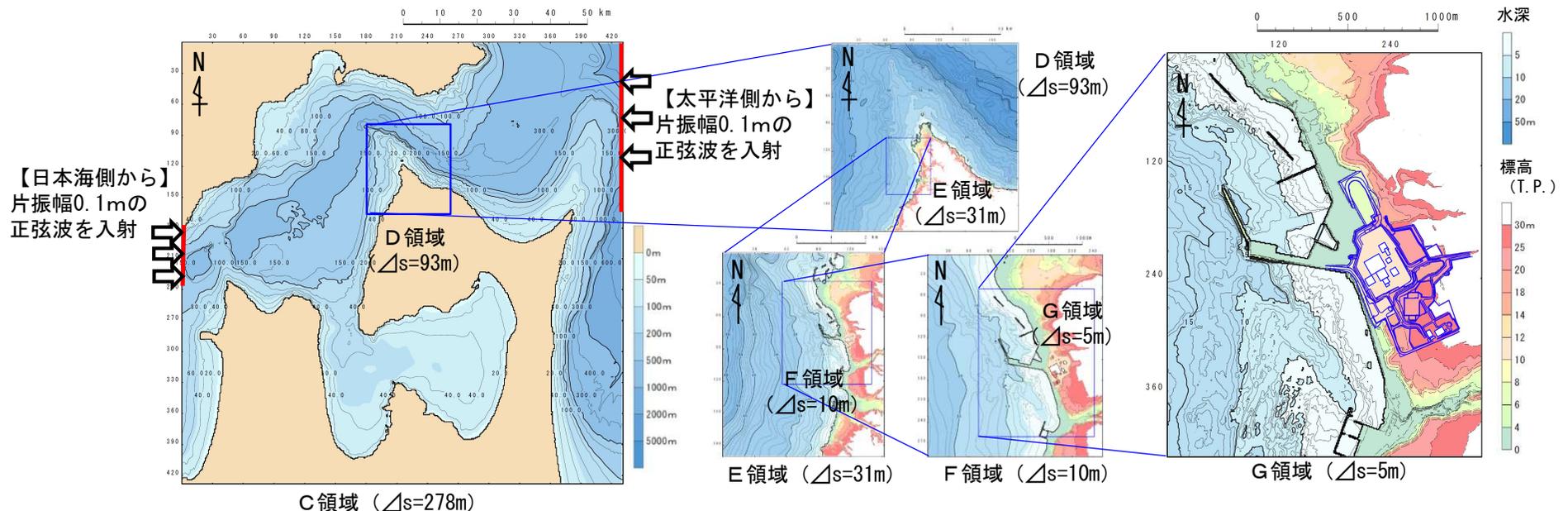
# 10-1. 検討方法 (1/4)

## ①. 津軽海峡及び発電所専用港湾の周期特性の把握 (1/2) : 計算条件

- 周期を変化させた正弦波による津波解析を実施して、津軽海峡及び発電所専用港湾の周期特性を把握する。下記に主な計算条件を示す。

計算条件一覧

項目	C領域	D領域	E領域	F領域	G領域
計算格子間隔 $\Delta s$	278m (2500/9)	93m (2500/27)	31m (2500/81)	10m (2500/243)	5m (2500/486)
計算時間間隔 $\Delta t$	0.2秒				
基礎方程式	非線形長波				
沖合境界条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>沖側境界：正弦波による水位変動を流量として入射し、岸からの反射波については自由透過させる。</li> <li>側面水域境界：自由透過</li> </ul>				
陸側境界条件	完全反射条件	小谷ほか(1998) <sup>(60)</sup> の遡上境界条件			
入射波	正弦波：5波以上、振幅:0.1m、周期：5分~40分(1分ピッチ)、40分~150分(10分ピッチ)、150分~360分(30分ピッチ)				
海底摩擦	マンニングの粗度係数 $n = 0.03\text{m}^{-1/3}\text{s}$ (土木学会(2016) <sup>(59)</sup> より)				
水平渦動粘性係数	考慮しない				
潮位条件	T. P. $\pm 0.0\text{m}$				
計算時間	4時間を基本とし、入射周期が長いケースは5波相当の時間とする。				





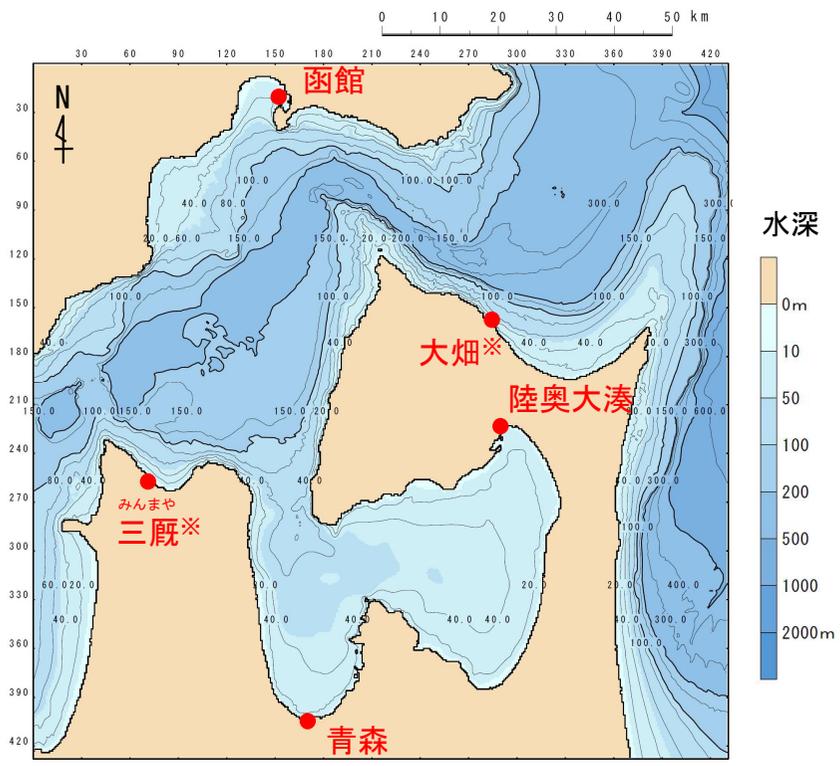
# 10-1. 検討方法 (2/4)

## ①. 津軽海峡及び発電所専用港湾の周期特性の把握 (2/2) : 評価方法・代表地点

正弦波入射解析による周期特性把握方法は以下のとおりとする。

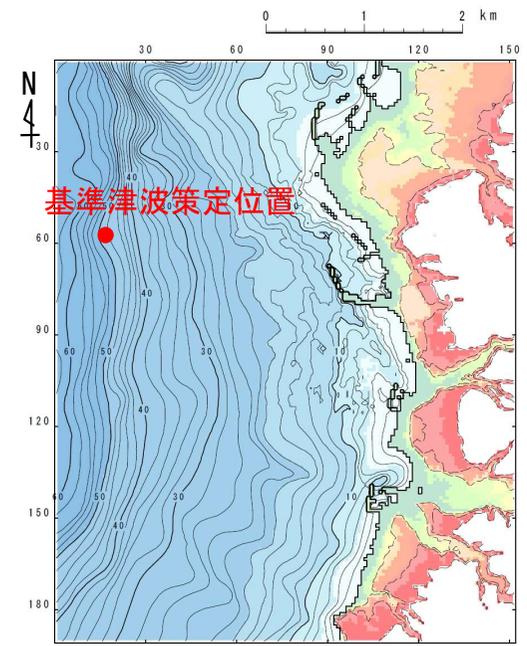
- 各周期における最大水位上昇量分布を確認し、津波の増幅特性と地形の関係を把握する。
- 津軽海峡や発電所専用港湾において最大水位の代表地点を複数設定(下図)し、各周期に対して水位の増幅等を分析することで、津軽海峡や発電所専用港湾の周期特性を把握する。

日本海側からの津波に対する検討結果は、P. 10. 2-2, P. 10. 2-3に記載  
太平洋側からの津波に対する検討結果は、P. 10. 3-2, P. 10. 3-3に記載

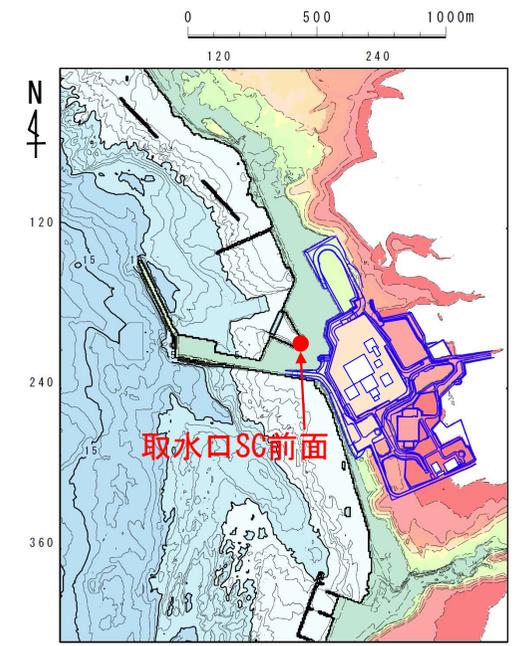


C領域 (Δs=278m)

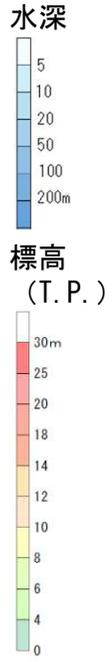
※「大畑」は太平洋側からの津波のみ、「三厩」は日本海側からの津波のみを対象とする。



E領域 (Δs=31m)



G領域 (Δs=5m)



### 周期特性の代表地点

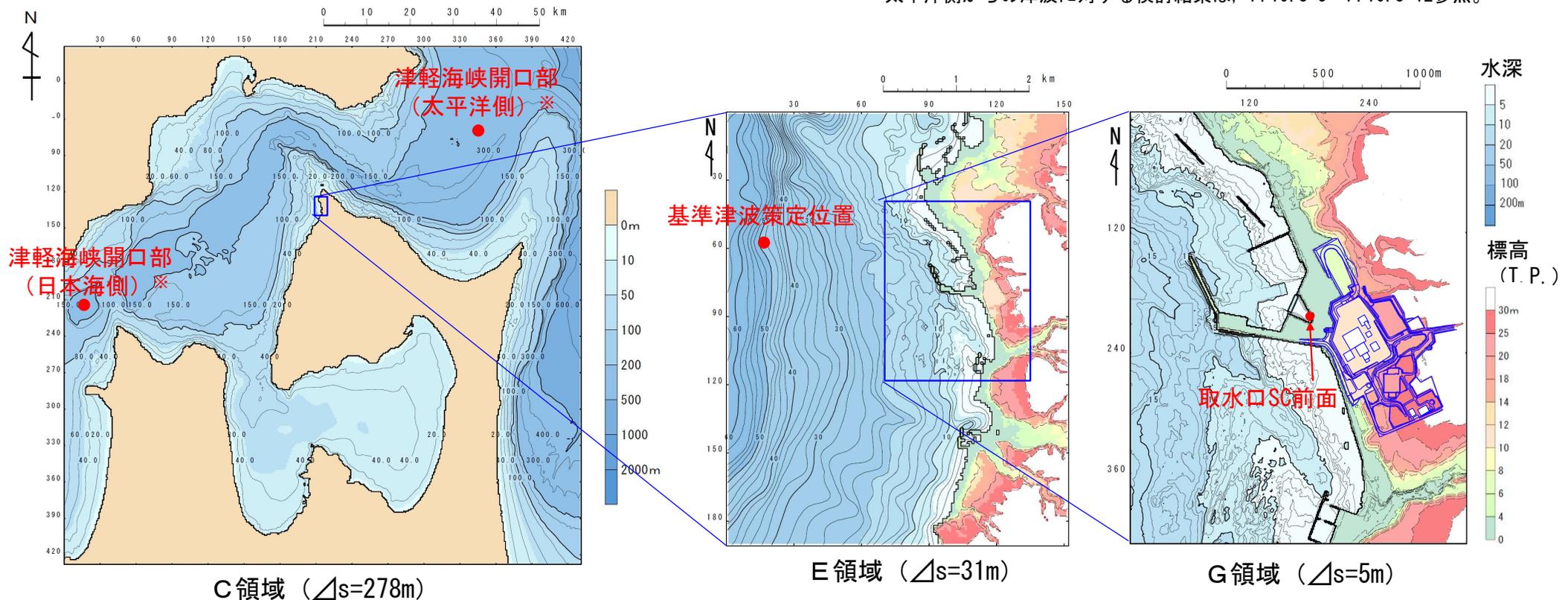


## ②. 津波の周期特性の把握：評価方法・代表地点

各波源から発電所に到達する津波の周期特性の把握のため、以下の目的に応じた地点の時刻歴波形を用いてスペクトル解析を実施する。

- ・津軽海峡開口部の津波周期特性把握：津軽海峡開口部
- ・敷地沖合の津波周期特性把握：基準津波策定位置
- ・発電所専用港湾の影響を受けた発電所地点の周期特性把握：敷地内の代表点として、取水口スクリーン室前面

日本海側からの津波に対する検討結果は、P. 10.2-5～P. 10.2-9参照。  
太平洋側からの津波に対する検討結果は、P. 10.3-5～P. 10.3-12参照。



スペクトル解析代表地点



## ③. 津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性の比較

「①. 津軽海峡及び発電所専用港湾の周期特性の把握」において正弦波解析により把握した各地点の固有の周期特性と「②. 津波の周期特性の把握」において検討した各代表地点における津波の周期特性とを比較して、津波の解析波形に地形の影響が適切に考慮されていることを確認する。

(余白)

1. 津波堆積物調査（現地調査）
2. 日本海東縁部に設定された地方自治体による波源モデル
3. 2011年東北地方太平洋沖地震を始めとするM9クラスの超巨大地震から得られた知見
  - 3-1. 2011年東北地方太平洋沖地震から得られた知見
  - 3-2. 世界のM9クラスの超巨大地震から得られた知見の整理
  - 3-3. まとめ
4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
  - 4-1. 2011年東北地方太平洋沖地震による津波等の再現性確認
  - 4-2. 分岐断層に関する検討
  - 4-3. ライズタイムの影響検討
  - 4-4. 動的破壊特性の不確かさの影響確認
5. チリ沖に想定される地震に伴う津波の影響検討
6. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
  - 6-1. 地すべり地形分布図
  - 6-2. 二層流モデルの適用性について
7. 海底地すべりに起因する津波
  - 7-1. 急傾斜部を対象とした地形判読
  - 7-2. 海底地すべり海上音波探査記録
  - 7-3. 海底地すべり地形崩壊量算定
  - 7-4. ハワイ付近の海底地すべりの影響について
8. 火山現象に起因する津波
  - 8-1. kinematic landslideモデルによる追加検討
9. 津波発生要因の組合せに関する検討
  - 9-1. 組合せ対象地すべりエリアの選定
  - 9-2. 線形足し合せ評価位置の検討
10. 津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性
  - 10-1. 検討方法
  - 10-2. 日本海側からの津波に対する検討
  - 10-3. 太平洋側からの津波に対する検討
  - 10-4. まとめ
11. 津波の伝播特性について

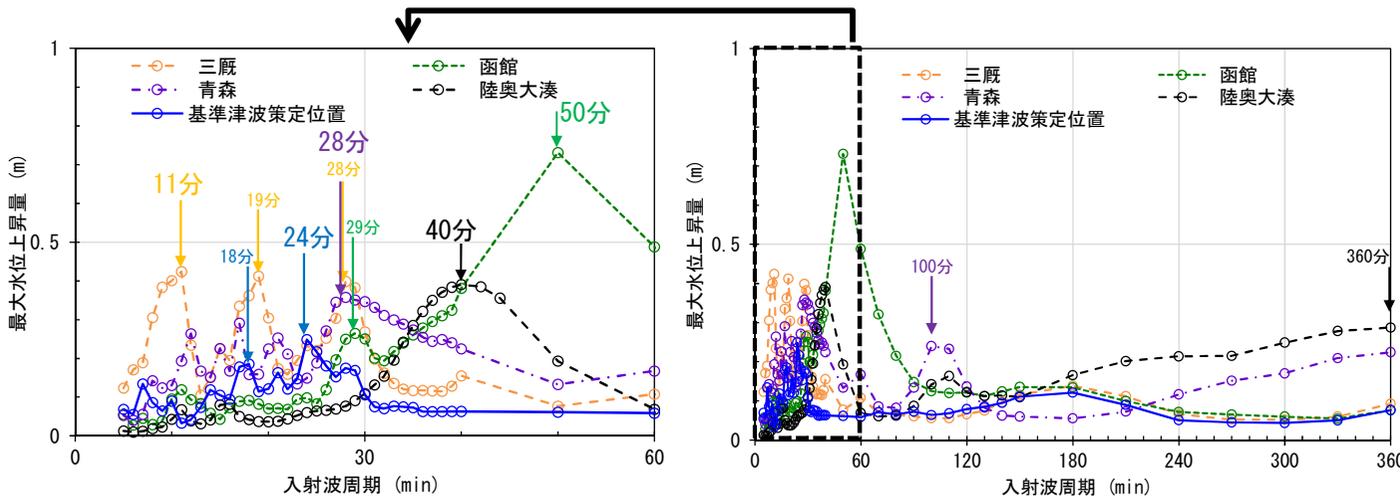


# 10-2. 日本海側からの津波に対する検討 (1/7)

## ①. 津軽海峡及び発電所専用港湾の周期特性の把握：評価結果 (1/2)

### 津軽海峡内

- ・ 津軽海峡内の代表地点における正弦波の増幅特性は以下のとおり。
- ・ 基準津波策定位置では、他の代表地点に比べ顕著な水位増幅傾向は認められない。

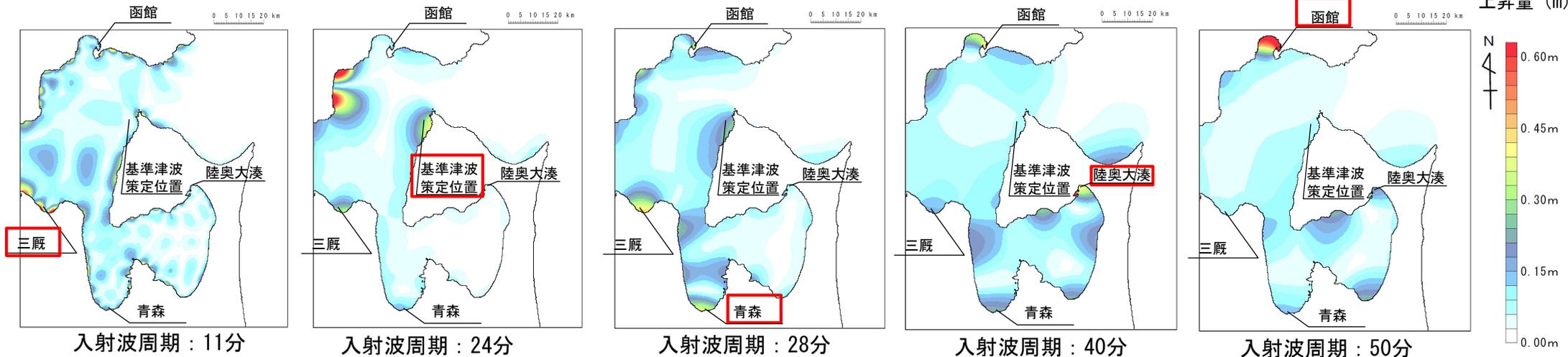


代表地点において水位の増幅が認められる周期

代表地点	顕著な水位の増幅が認められる周期
三厩	11分, 19分, 28分
函館	29分, 50分
青森	28分, 100分
陸奥大湊	40分, 360分
基準津波策定位置	18分, 24分

太字：最も水位の増幅率が大きな周期

津軽海峡内における正弦波入射波周期と最大水位上昇量の関係



正弦波入射波周期と最大水位上昇量分布の関係

□：該当周期で水位の増幅が認められる地点

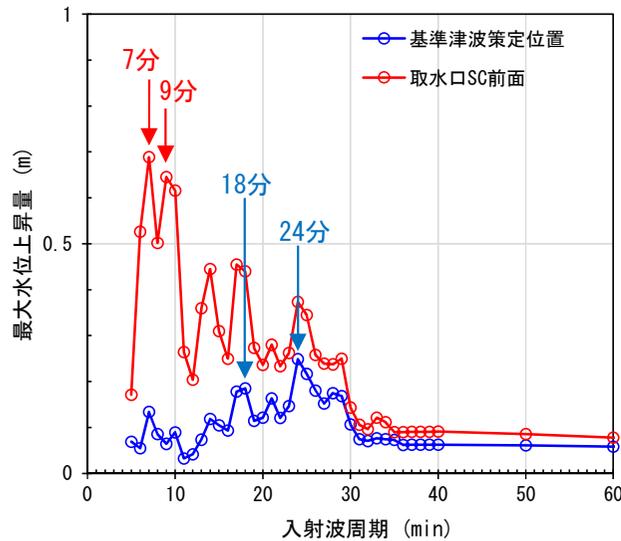


# 10-2. 日本海側からの津波に対する検討 (2/7)

## ①. 津軽海峡及び発電所専用港湾の周期特性の把握：評価結果 (2/2)

### 発電所専用港湾周辺

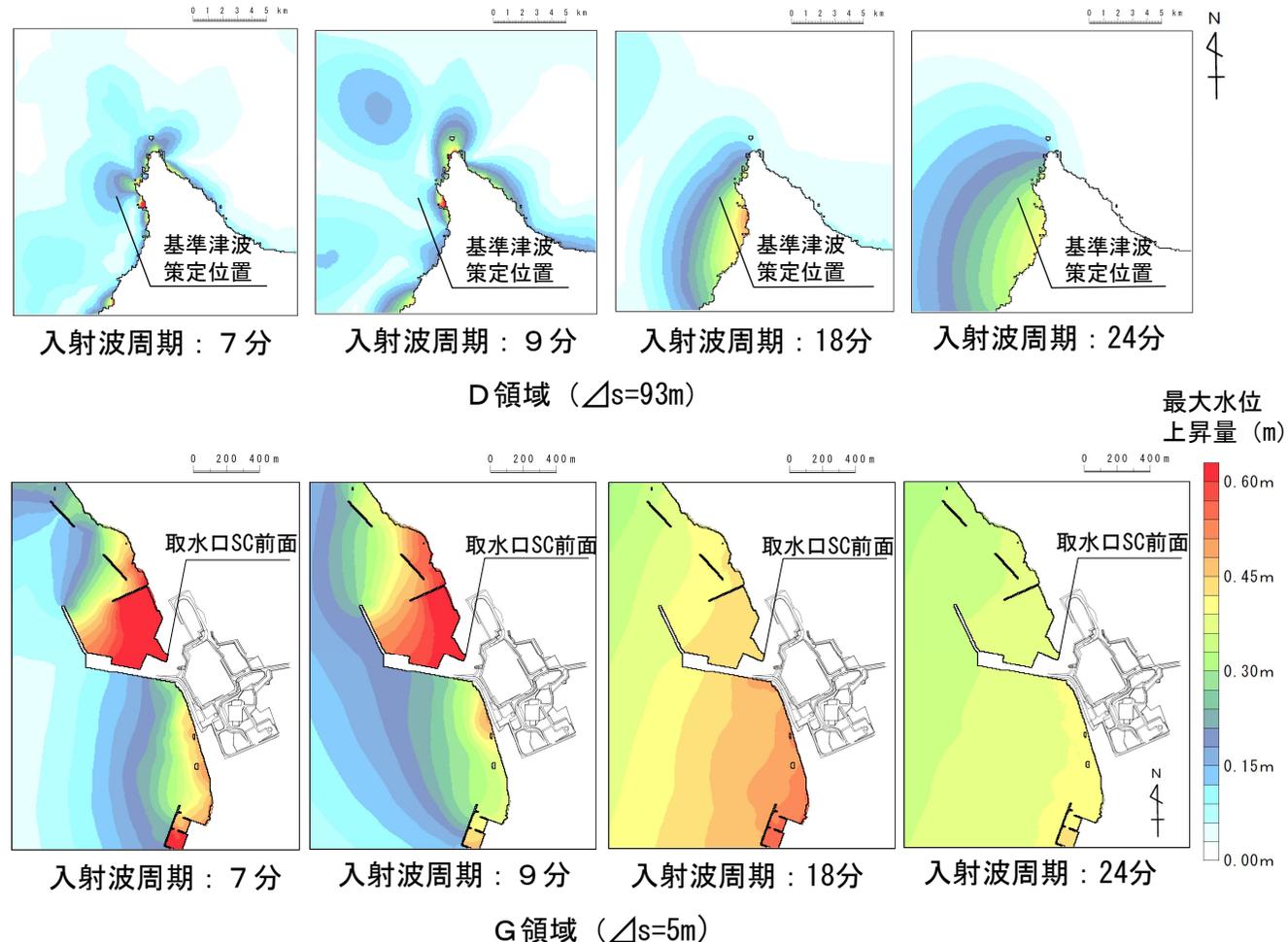
- ・ 発電所専用港湾周辺の代表地点における正弦波の増幅特性は以下のとおり。
- ・ 基準津波策定位置では，水位の増幅率は大きくないものの，周期18分及び24分に水位の増幅が認められる。
- ・ 取水口スクリーン室前面においても，周期18分及び24分で水位の増幅が認められ，さらに周期7分及び9分では顕著な水位の増幅が認められる。



発電所専用港湾周辺における正弦波入射波周期と最大水位上昇量の関係

代表地点において水位の増幅が認められる周期

代表地点	顕著な水位増幅が認められる周期
基準津波策定位置	18分, 24分
取水口スクリーン室前面	7分, 9分



正弦波入射波周期と最大水位上昇量分布の関係

(余白)

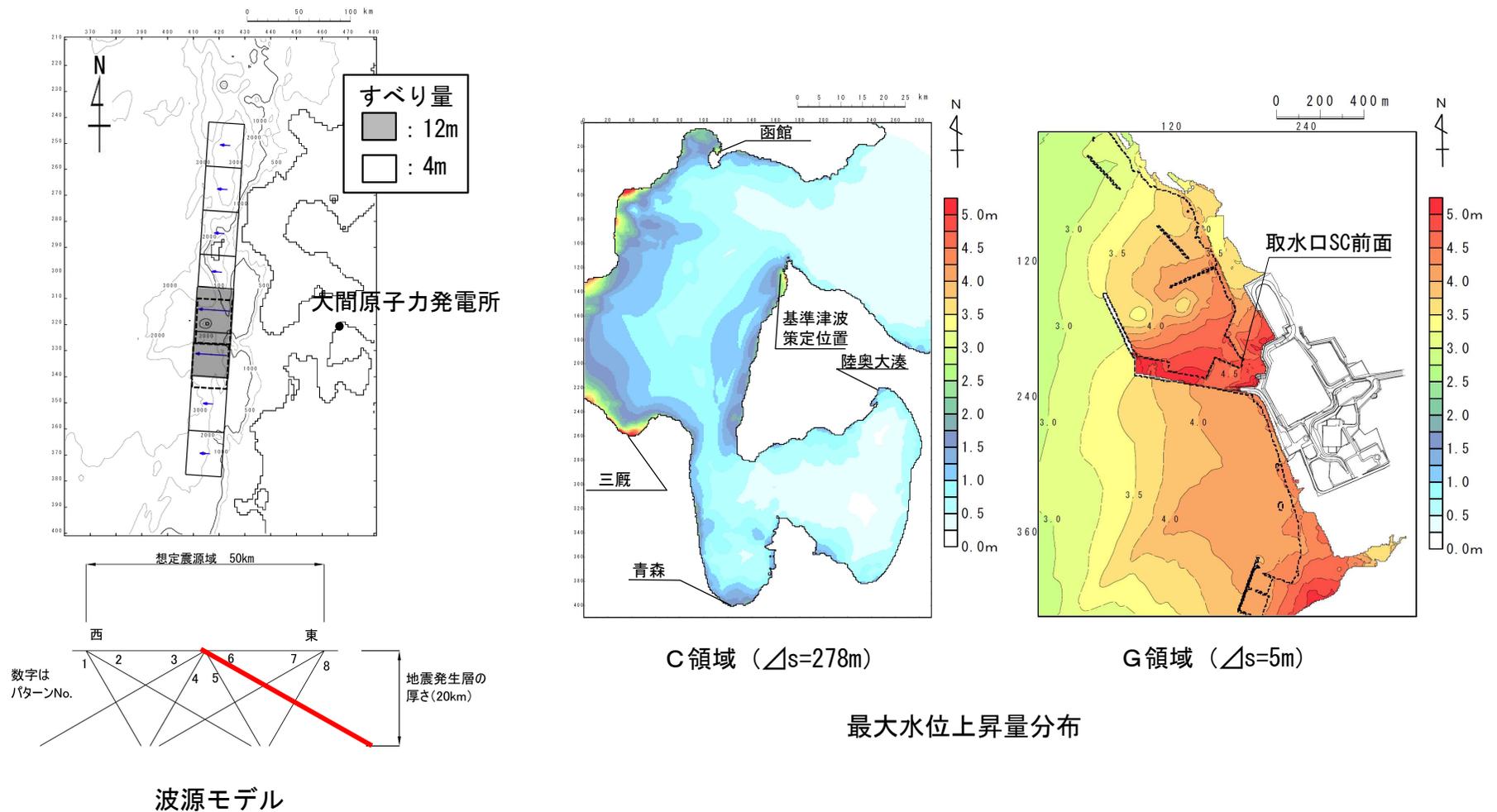


# 10-2. 日本海側からの津波に対する検討 (3/7)

## (1) 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (1/5)

### ②. 津波の周期特性の把握：スペクトル解析対象津波

日本海東縁部に想定される地震に伴う津波のスペクトル解析の対象とした波源及び最大水位上昇量は以下のとおり。



日本海東縁部に想定される地震に伴う津波(上昇側最大ケース)  
スペクトル解析対象津波



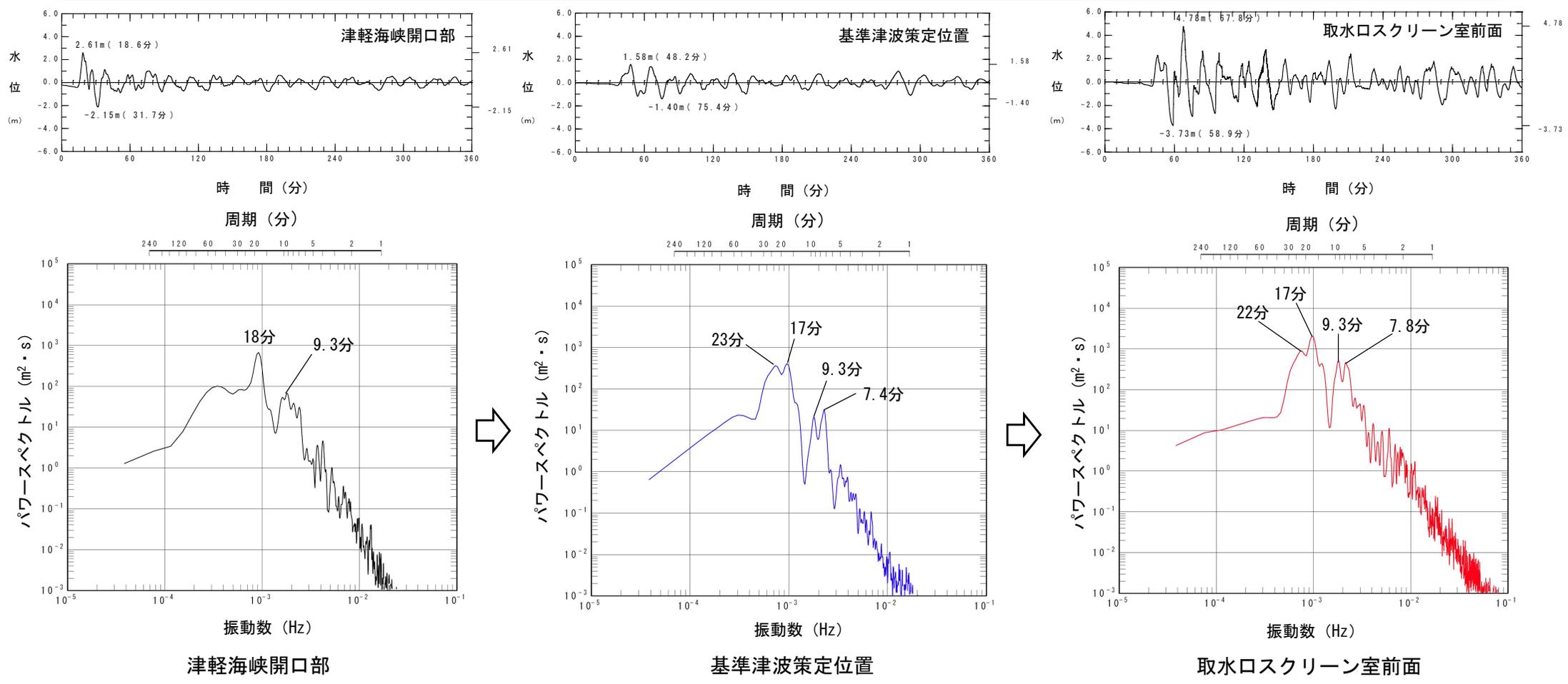
# 10-2. 日本海側からの津波に対する検討 (4/7)

## (1) 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (2/5)

### ②. 津波の周期特性の把握：スペクトル解析結果

日本海東縁部に想定される地震に伴う津波のスペクトル解析結果は以下のとおり。

- ・ 津軽海峡開口部：津軽海峡入射時には、周期18分が卓越しており、周期9分にもピークが認められる。
- ・ 基準津波策定位置：津軽海峡内の伝播に伴い、周期17分～23分程度が卓越し、周期7分～9分程度にもピークが現れる。
- ・ 取水口スクリーン室前面：さらに発電所専用港湾内への伝播に伴い、周期17分～22分及び7分～9分程度の強度が顕著に増す。



日本海東縁部に想定される地震に伴う津波(上昇側最大ケース)  
スペクトル解析結果

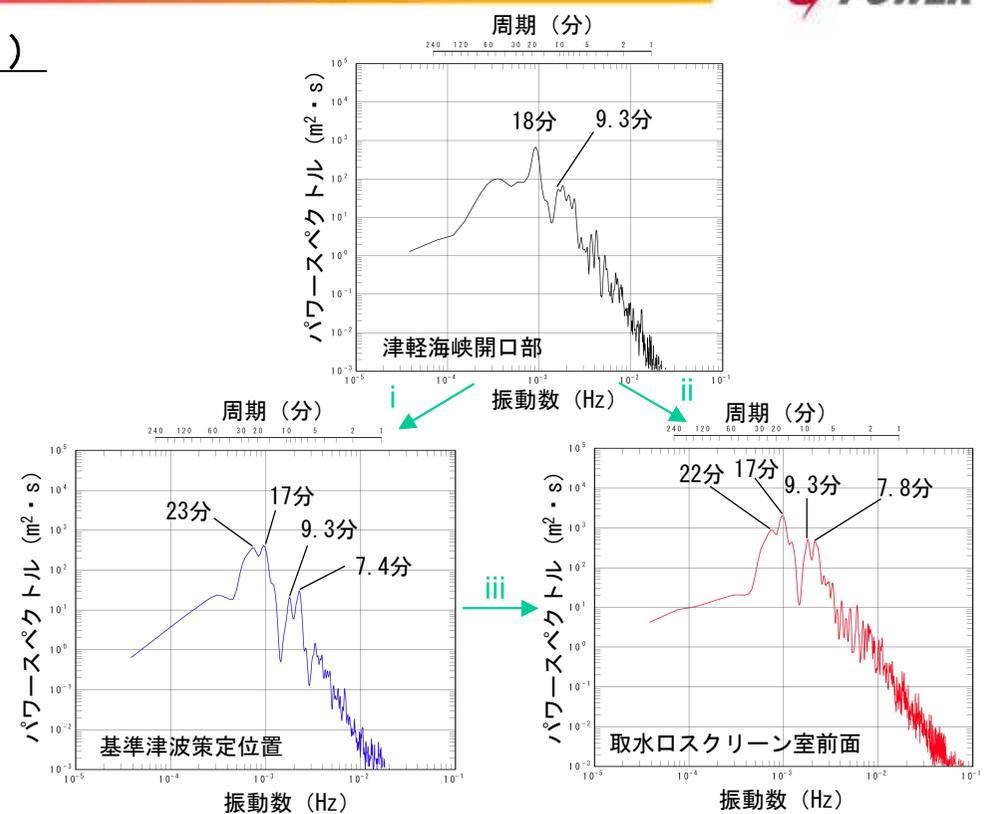


# 10-2. 日本海側からの津波に対する検討 (5/7)

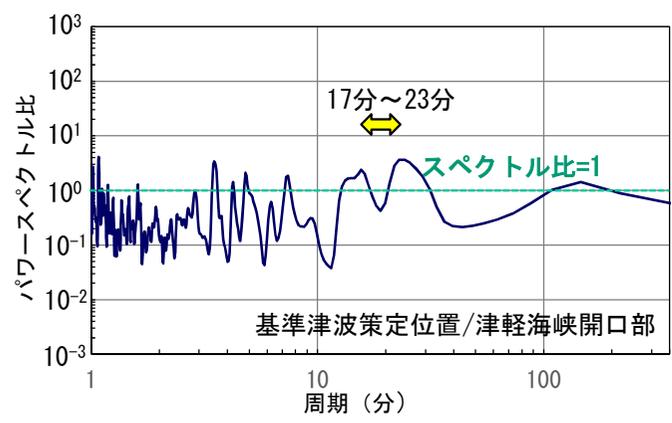
## (1) 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (3/5)

### ②. 津波の周期特性の把握：スペクトル比

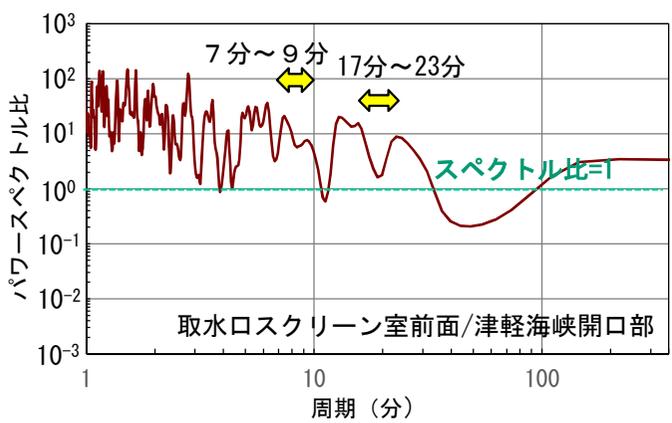
- 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の代表地点のスペクトル比を比較した。
- i 【津軽海峡開口部→基準津波策定位置】  
スペクトル比はおおむね1付近又は短周期（約10分以下）では1以下に分布する。基準津波策定位置において卓越する周期17分～23分にもピークが認められる。
- ii 【津軽海峡開口部→取水口スクリーン室前面】  
取水口スクリーン室前面で顕著な増幅特性を示した7分～9分程度以下の短周期のスペクトル比が1を超えて大きくなる。基準津波策定位置において卓越する周期17分～23分にもピークが認められる。
- iii 【基準津波策定位置→取水口スクリーン室前面】  
取水口スクリーン室前面で顕著な増幅特性を示した7分～9分程度以下の短周期のスペクトル比が1を超えて大きくなる。



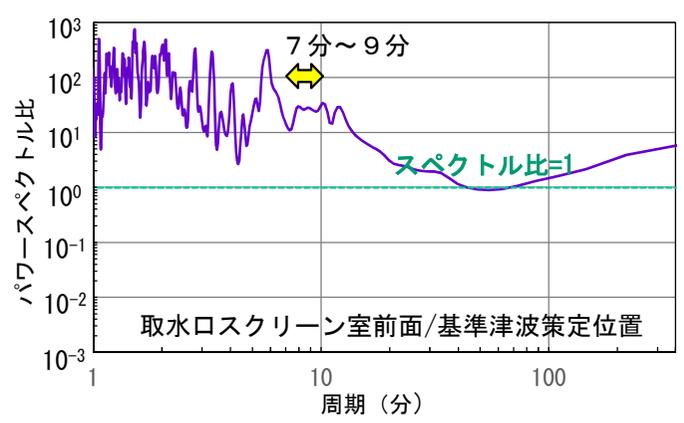
日本海東縁部に想定される地震に伴う津波(上昇側最大ケース) スペクトル解析結果



i 津軽海峡開口部→基準津波策定位置



ii 津軽海峡開口部→取水口スクリーン室前面



iii 基準津波策定位置→取水口スクリーン室前面

日本海東縁部に想定される地震に伴う津波(上昇側最大ケース)代表地点間のスペクトル比



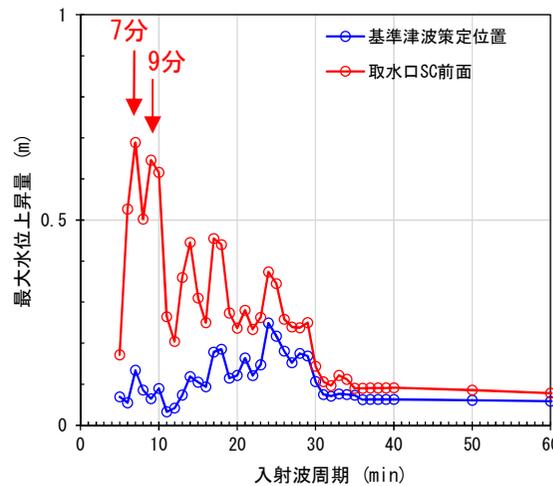
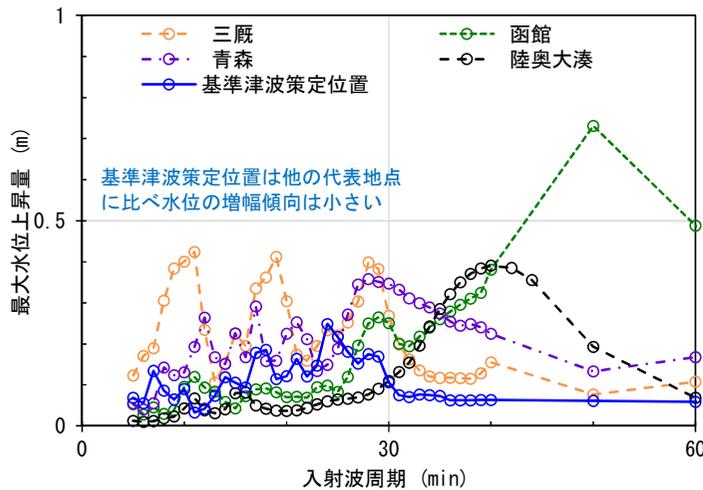
# 10-2. 日本海側からの津波に対する検討 (6/7)

## (1) 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (4/5)

### ③. 津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性の比較

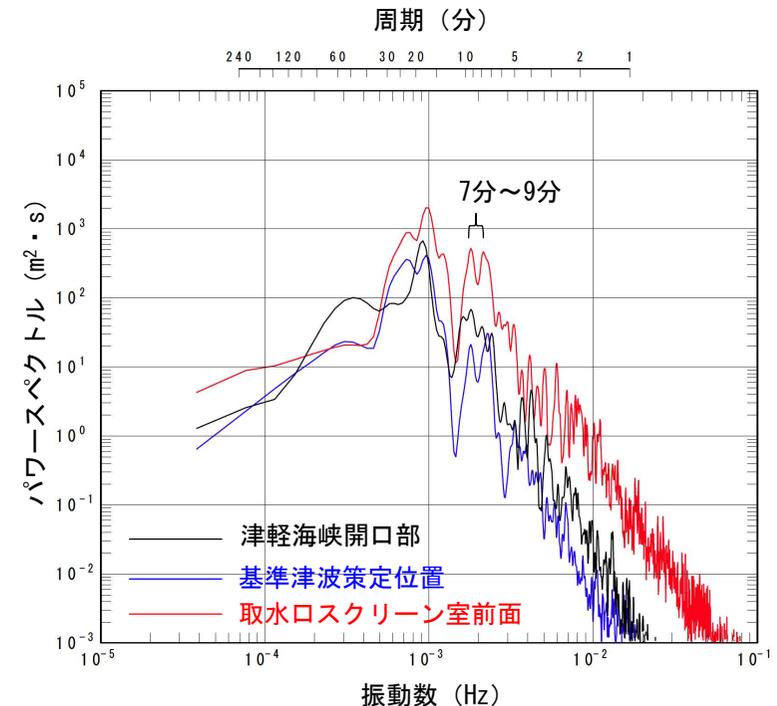
- 「①. 津軽海峡及び発電所専用港湾の周期特性」の検討（正弦波による解析）（P. 10. 2-2, P. 10. 2-3参照）では、基準津波策定位置は津軽海峡の他の代表地点に比べ水位増幅特性の傾向は小さいこと及び取水口スクリーン室前面では、周期7分及び9分で顕著な水位増幅特性を有することが確認された。
- 「②. 津波の周期特性」の検討（スペクトル解析）（P. 10. 2-6参照）では、津軽海峡開口部と基準津波策定位置における周期特性には大きな変化は認められないが、取水口スクリーン室前面では、7分～9分の周期が顕著に増幅していることが確認された。
- 以上より、これらの正弦波による各代表地点の周期毎の増幅特性と、スペクトル解析による各代表地点における津波の周期特性とは、整合的な結果を示すため、津波の解析波形には地形の影響が適切に反映されていることが確認できた。

「①. 津軽海峡及び発電所専用港湾の周期特性」評価結果  
(各代表地点の周期毎の増幅特性)



正弦波入射波周期と最大水位上昇量の関係  
日本海側からの正弦波による解析結果 (P. 10. 2-2, P. 10. 2-3参照)

「②. 津波の周期特性」評価結果  
(各代表地点における津波の周期特性)



日本海東縁部に想定される地震に伴う津波(上昇側最大ケース)  
スペクトル解析結果 (P. 10. 2-6参照)



# 10-2. 日本海側からの津波に対する検討 (7/7)

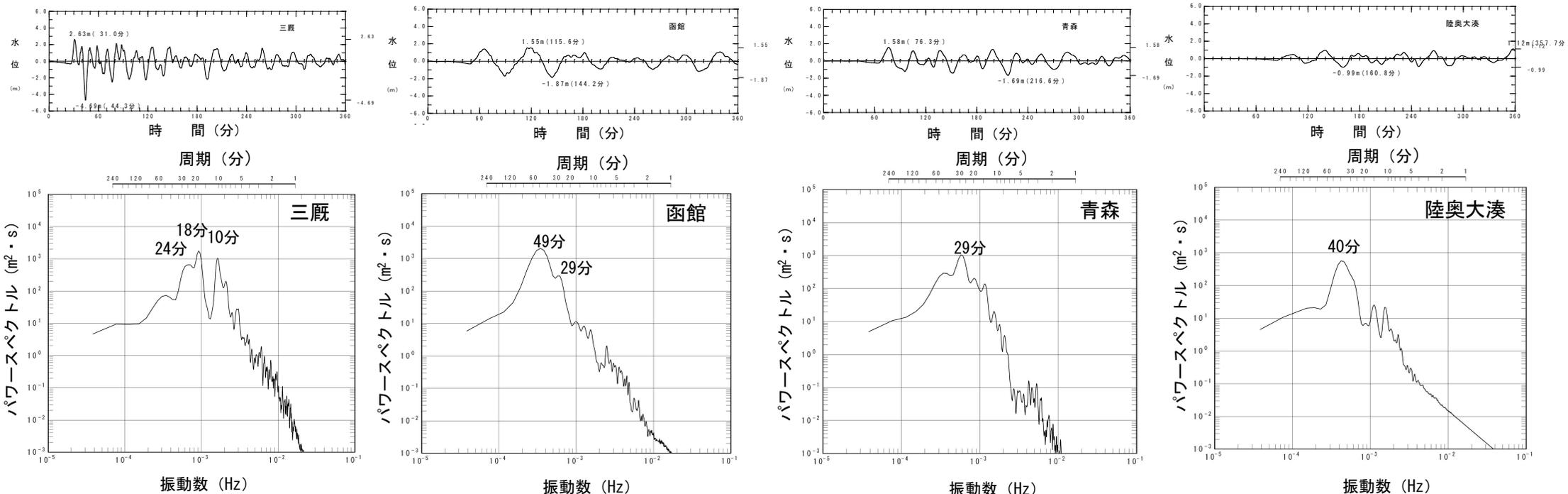
## (1) 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (5/5)

### ③. 【補足】津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性の比較

- 各代表地点において、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の解析波形には、正弦波による解析で得られた水位が増幅する周期と整合する周期にピークが認められた。
- 以上からも、津波の解析波形に津軽海峡の地形の影響が適切に考慮されていることが確認できた。

代表地点において水位の増幅が認められる周期  
(日本海側からの正弦波による解析結果) (P. 10.2-2参照)

代表地点	顕著な水位の増幅が認められる周期
三厩	11分, 19分, 28分
函館	29分, 50分
青森	28分, 100分
陸奥大湊	40分, 360分



日本海東縁部に想定される地震に伴う津波(上昇側最大ケース)  
(スペクトル解析結果)

(余白)

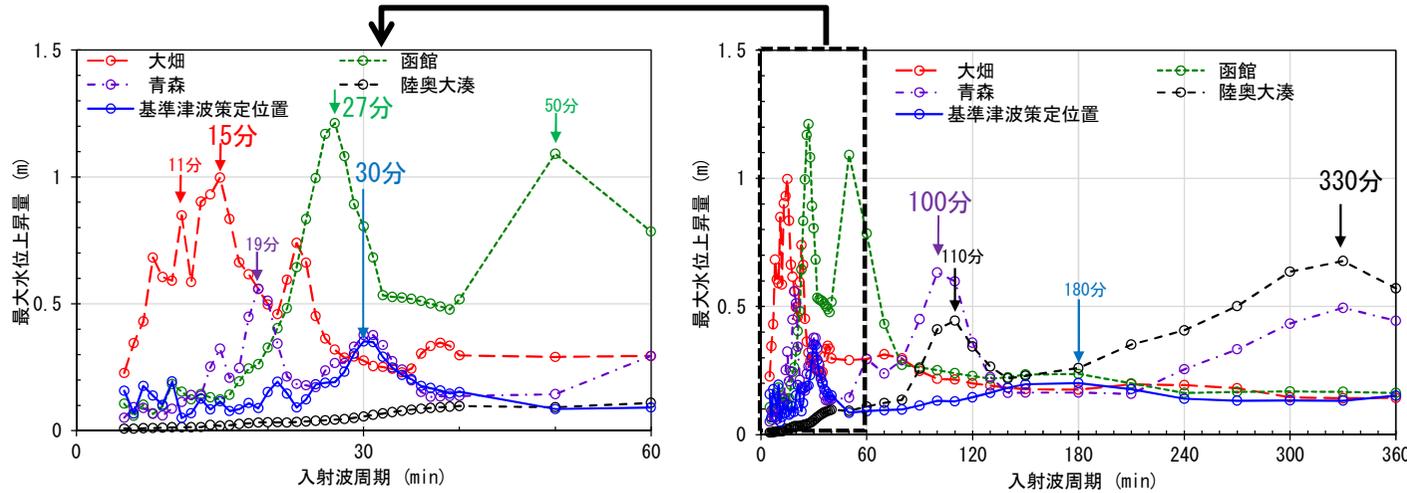
1. 津波堆積物調査（現地調査）
2. 日本海東縁部に設定された地方自治体による波源モデル
3. 2011年東北地方太平洋沖地震を始めとするM9クラスの超巨大地震から得られた知見
  - 3-1. 2011年東北地方太平洋沖地震から得られた知見
  - 3-2. 世界のM9クラスの超巨大地震から得られた知見の整理
  - 3-3. まとめ
4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
  - 4-1. 2011年東北地方太平洋沖地震による津波等の再現性確認
  - 4-2. 分岐断層に関する検討
  - 4-3. ライズタイムの影響検討
  - 4-4. 動的破壊特性の不確かさの影響確認
5. チリ沖に想定される地震に伴う津波の影響検討
6. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
  - 6-1. 地すべり地形分布図
  - 6-2. 二層流モデルの適用性について
7. 海底地すべりに起因する津波
  - 7-1. 急傾斜部を対象とした地形判読
  - 7-2. 海底地すべり海上音波探査記録
  - 7-3. 海底地すべり地形崩壊量算定
  - 7-4. ハワイ付近の海底地すべりの影響について
8. 火山現象に起因する津波
  - 8-1. kinematic landslideモデルによる追加検討
9. 津波発生要因の組合せに関する検討
  - 9-1. 組合せ対象地すべりエリアの選定
  - 9-2. 線形足し合せ評価位置の検討
10. 津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性
  - 10-1. 検討方法
  - 10-2. 日本海側からの津波に対する検討
  - 10-3. 太平洋側からの津波に対する検討
  - 10-4. まとめ
11. 津波の伝播特性について



## ①. 津軽海峡及び発電所専用港湾の周期特性の把握：評価結果 (1 / 2)

### 津軽海峡内

- ・ 津軽海峡内の代表地点における正弦波の増幅特性は以下のとおり。
- ・ 基準津波策定位置では、他の代表地点に比べ顕著な水位増幅傾向は認められない。

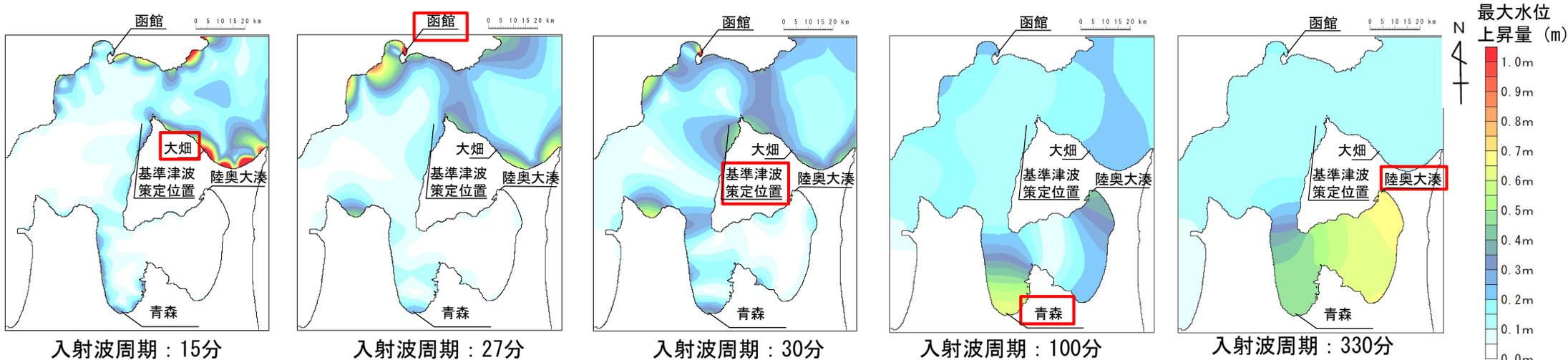


代表地点において水位の増幅が認められる周期

代表地点	顕著な水位の増幅が認められる周期
大畑	11分, 15分
函館	27分, 50分
青森	19分, 100分
陸奥大湊	110分, 330分
基準津波策定位置	30分, 180分

太字：最も水位の増幅率が大きな周期

津軽海峡内における正弦波入射波周期と最大水位上昇量の関係



正弦波入射波周期と最大水位上昇量分布の関係

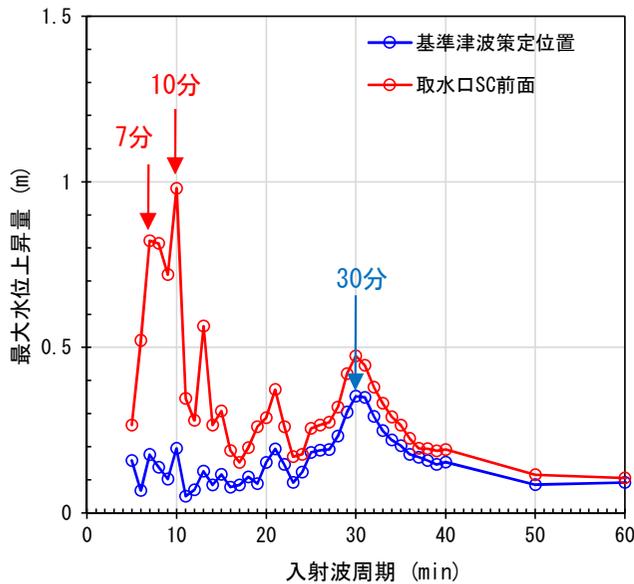
□：該当周期で水位の増幅が認められる地点



## ①. 津軽海峡及び発電所専用港湾の周期特性の把握：評価結果 (2 / 2)

### 発電所専用港湾周辺

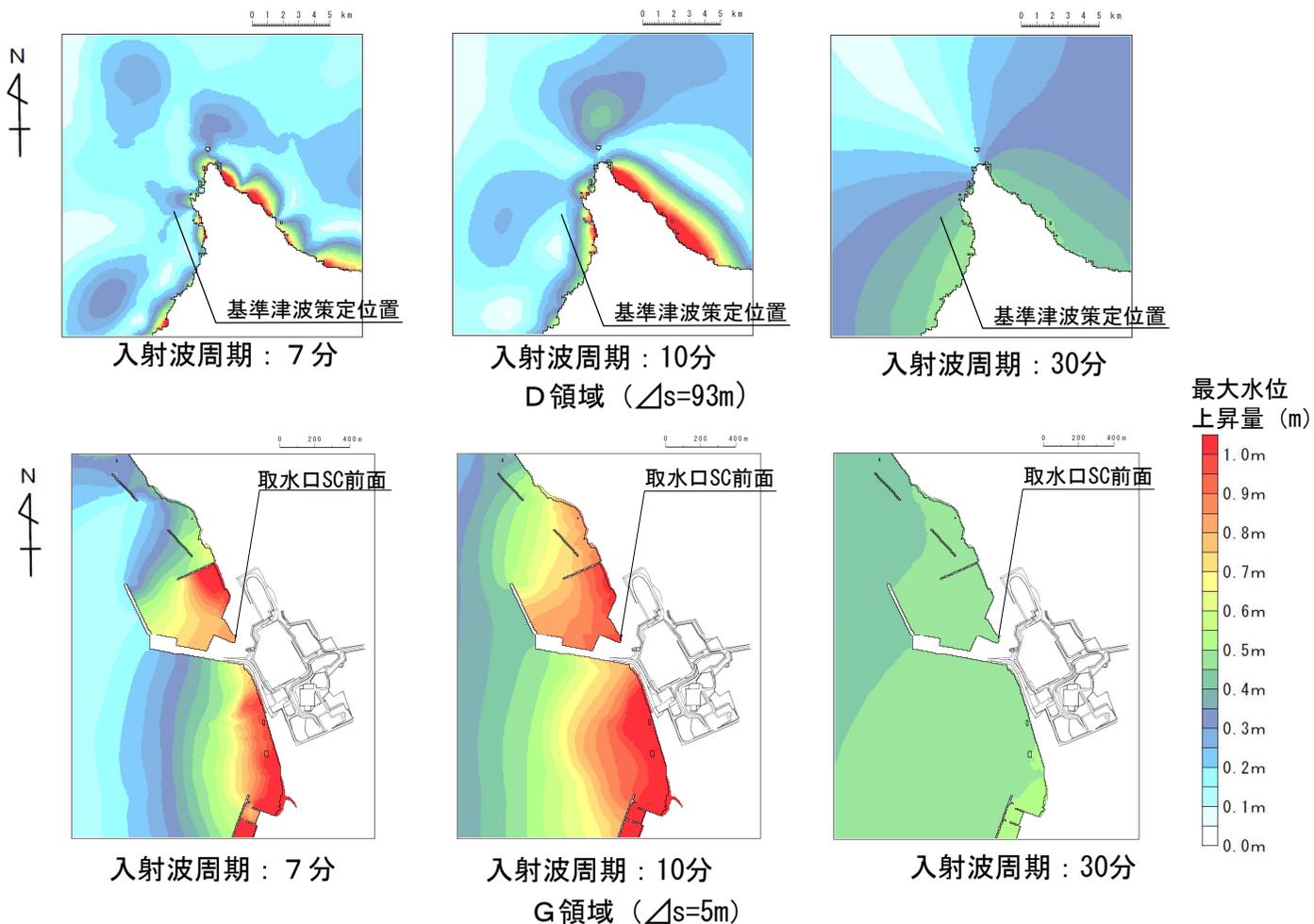
- ・ 発電所専用港湾周辺の代表地点における正弦波の増幅特性は以下のとおり。
- ・ 基準津波策定位置では，水位の増幅率は大きくないものの，周期30分に水位の増幅が認められる。
- ・ 取水口スクリーン室前面においても，周期30分で水位の増幅が認められ，さらに周期7分及び10分では顕著な水位の増幅が認められる。



発電所専用港湾周辺における正弦波入射波周期と最大水位上昇量の関係

代表地点において水位の増幅が認められる周期

代表地点	顕著な水位増幅が認められる周期
基準津波策定位置	30分
取水口スクリーン室前面	7分, 10分



正弦波入射波周期と最大水位上昇量分布の関係

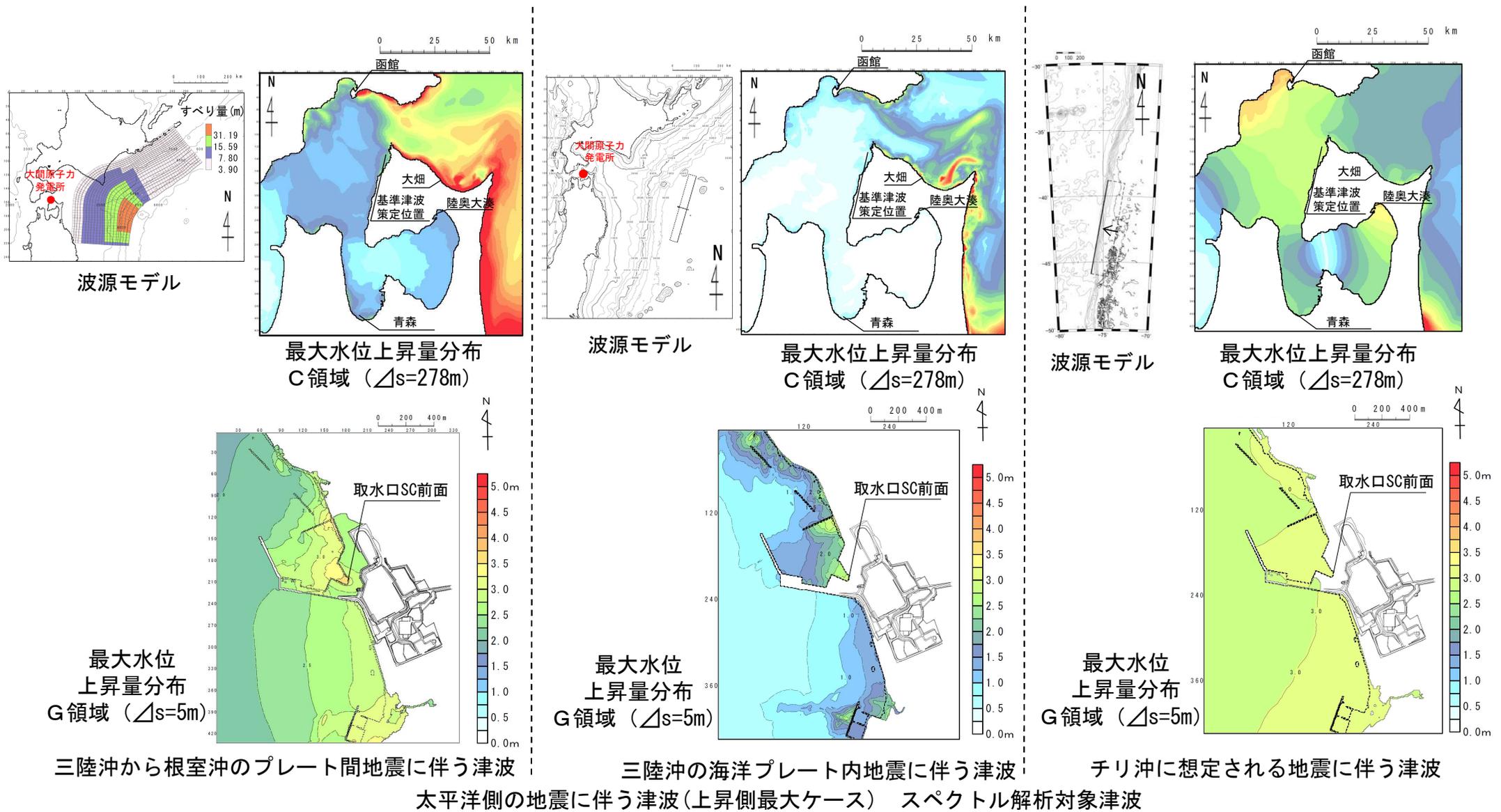
(余白)



## ・太平洋側からの津波

### ②. 津波の周期特性の把握：スペクトル解析対象津波

・太平洋側の地震に伴う津波のスペクトル解析の対象とした波源及び最大水位上昇量は以下のとおり。



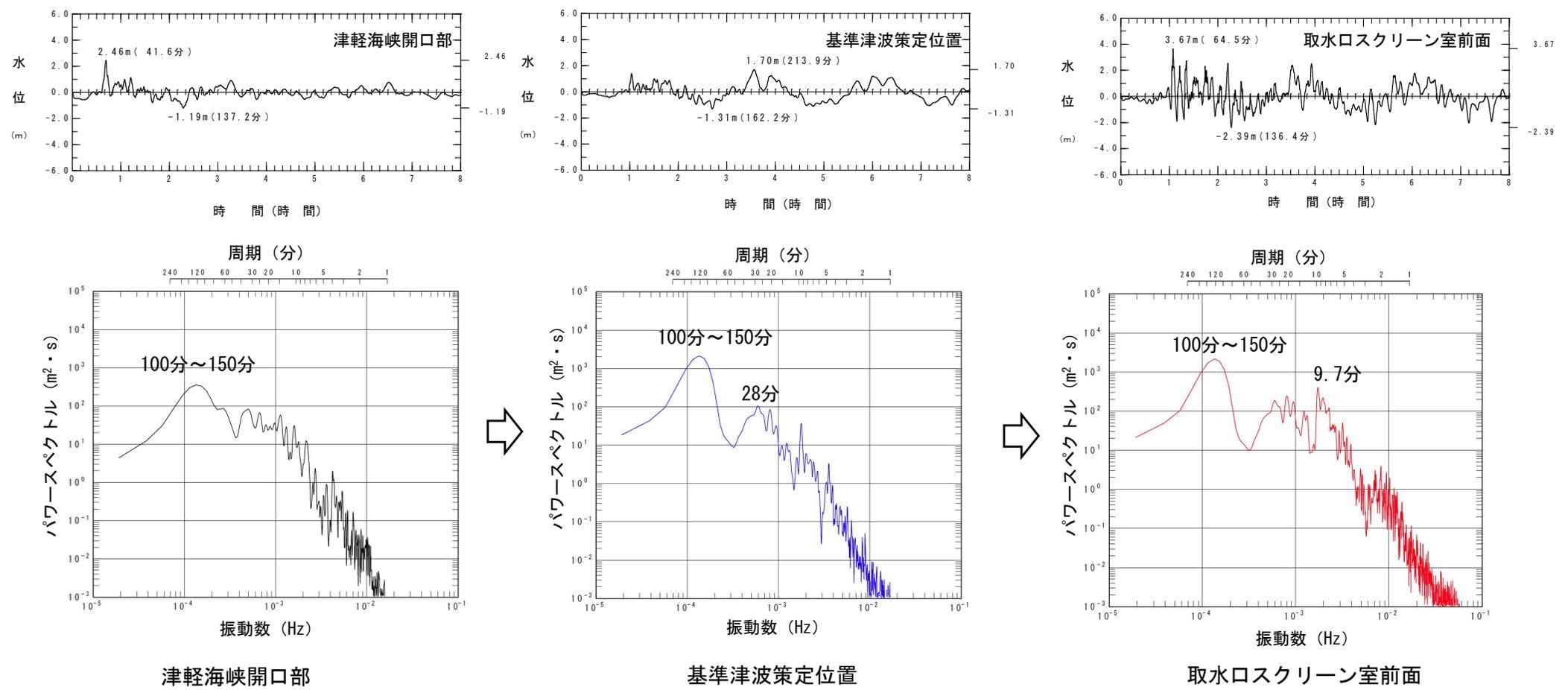


## (1) 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (P. 10.3-5左図参照) (1 / 2)

### ②. 津波の周期特性の把握：スペクトル解析結果

三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波のスペクトル解析結果は以下のとおり。

- ・ 津軽海峡開口部：津軽海峡入射時には、周期100分～150分が卓越している。
- ・ 基準津波策定位置：津軽海峡内の伝播に伴い、周期100分～150分の強度が増し、周期28分程度にもピークが現れる。
- ・ 取水口スクリーン室前面：さらに発電所専用港湾内への伝播に伴い、周期10分程度にもピークが現れる。



三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波(上昇側最大ケース)  
スペクトル解析結果

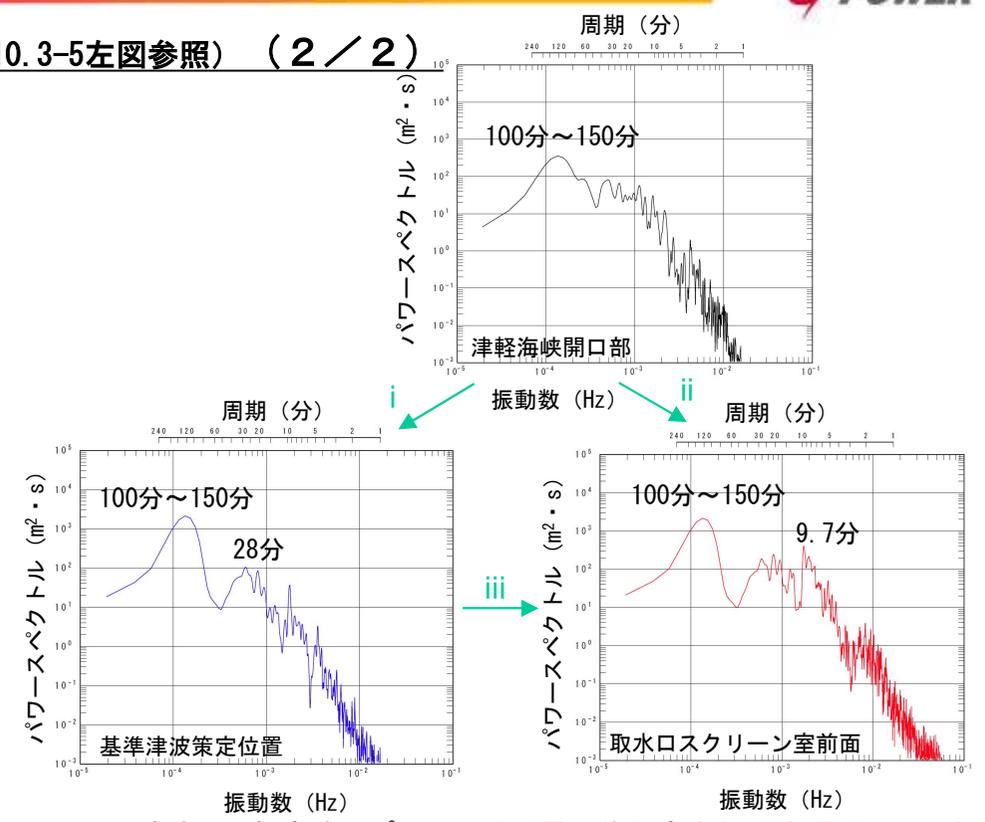


# 10-3. 太平洋側からの津波に対する検討 (5 / 13)

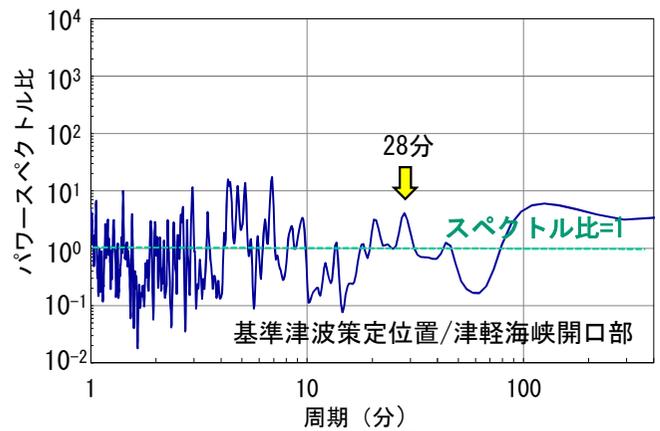
## (1) 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (P. 10. 3-5左図参照) (2 / 2)

### ②. 津波の周期特性の把握：スペクトル比

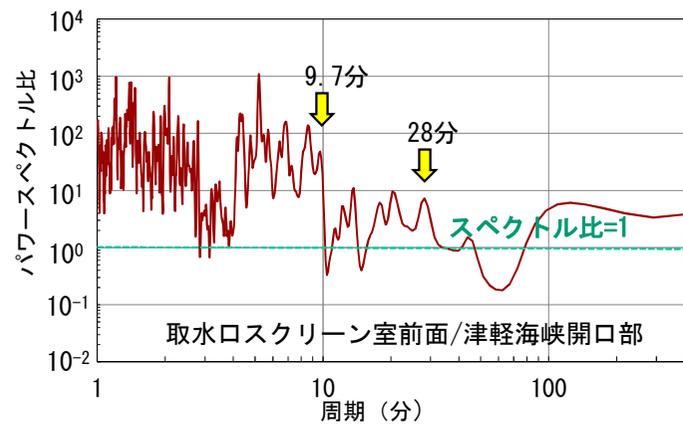
- 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の代表地点のスペクトル比を比較した。
  - 【津軽海峡開口部→基準津波策定位置】**  
スペクトル比はおおむね1付近又は短周期（約4分以下）では1以下に分布する。基準津波策定位置において卓越する周期28分にもピークが認められる。
  - 【津軽海峡開口部→取水口スクリーン室前面】**  
取水口スクリーン室前面で顕著な増幅特性を示した10分程度以下の短周期のスペクトル比が1を超えて大きくなる。基準津波策定位置において卓越する周期28分にもピークが認められる。
  - 【基準津波策定位置→取水口スクリーン室前面】**  
取水口スクリーン室前面で顕著な増幅特性を示した10分程度以下の短周期のスペクトル比が1を超えて大きくなる。



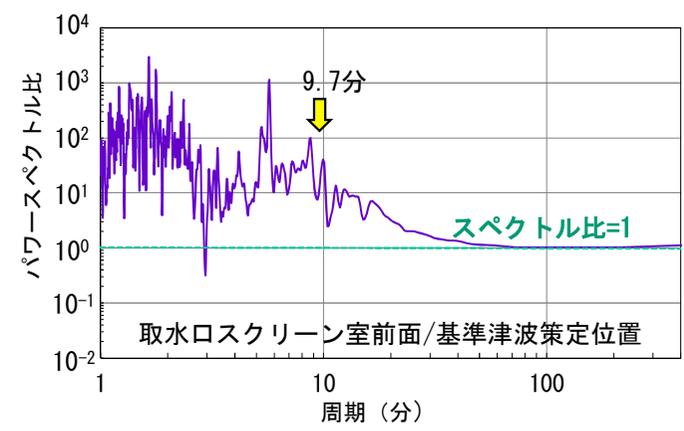
三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波(上昇側最大ケース) スペクトル解析結果



i 津軽海峡開口部→基準津波策定位置



ii 津軽海峡開口部→取水口スクリーン室前面



iii 基準津波策定位置→取水口スクリーン室前面

三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波(上昇側最大ケース)代表地点間のスペクトル比



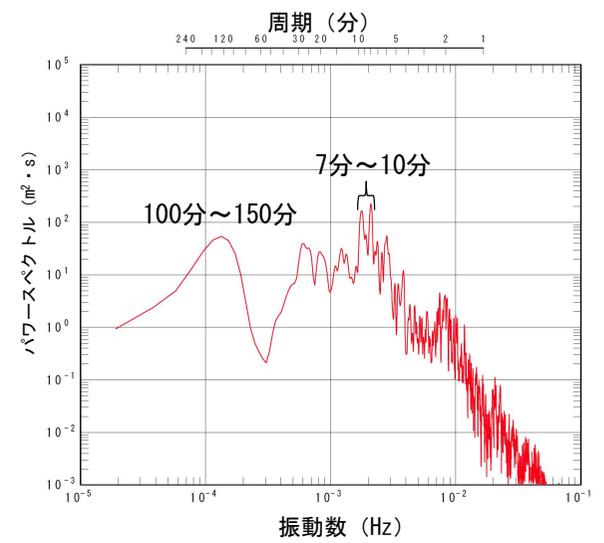
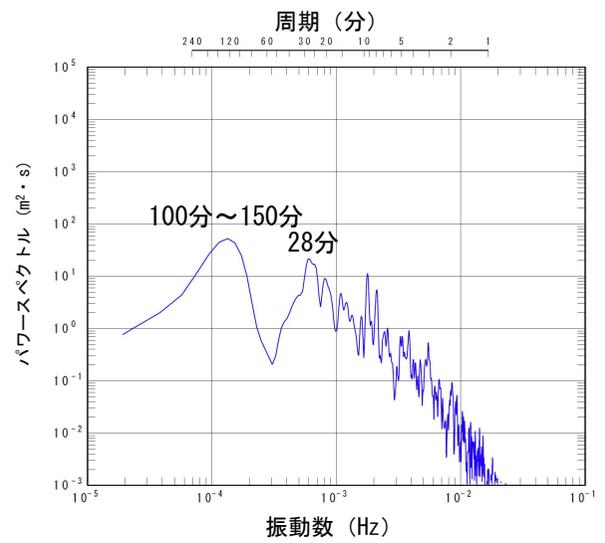
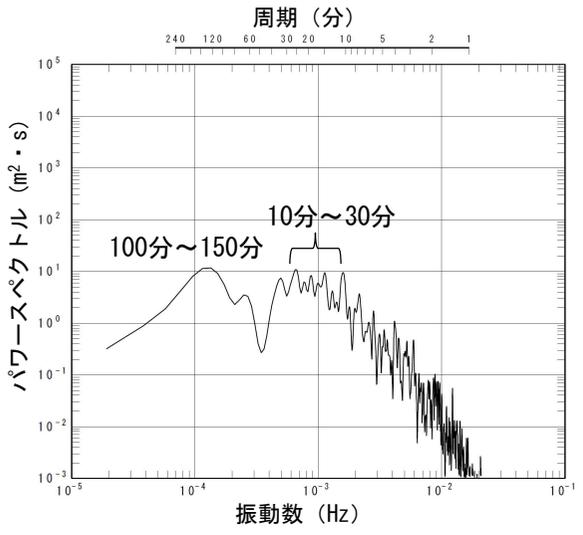
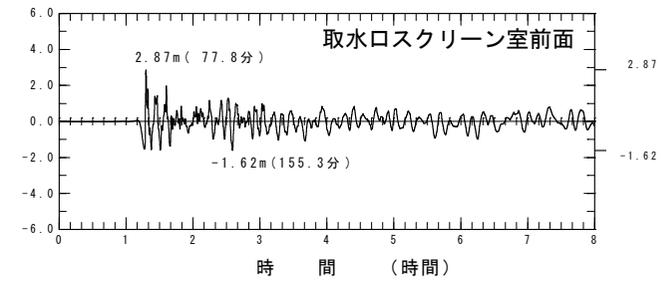
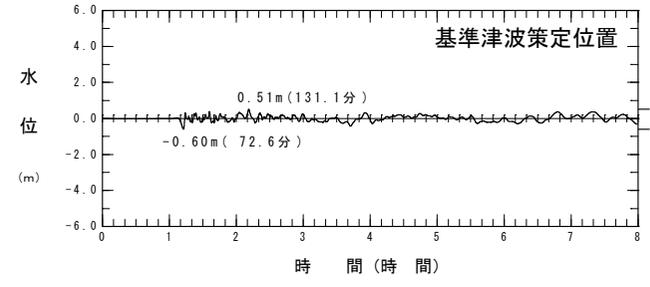
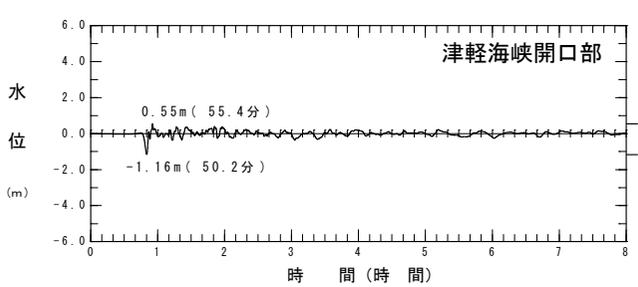
# 10-3. 太平洋側からの津波に対する検討 (6/13)

## (2) 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波 (P. 10.3-5中央図参照) (1/2)

### ②. 津波の周期特性の把握：スペクトル解析結果

三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波のスペクトル解析結果は以下のとおり。

- ・ 津軽海峡開口部：津軽海峡入射時には、周期100分～150分及び10分～30分程度が卓越している。
- ・ 基準津波策定位置：津軽海峡内の伝播に伴い、周期100分～150分の強度が増し、周期28分程度にもピークが現れる。
- ・ 取水口スクリーン室前面：さらに発電所専用港湾内への伝播に伴い、周期7分～10分程度の強度が顕著に増す。



津軽海峡開口部

基準津波策定位置

取水口スクリーン室前面

三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波(上昇側最大ケース)  
スペクトル解析結果

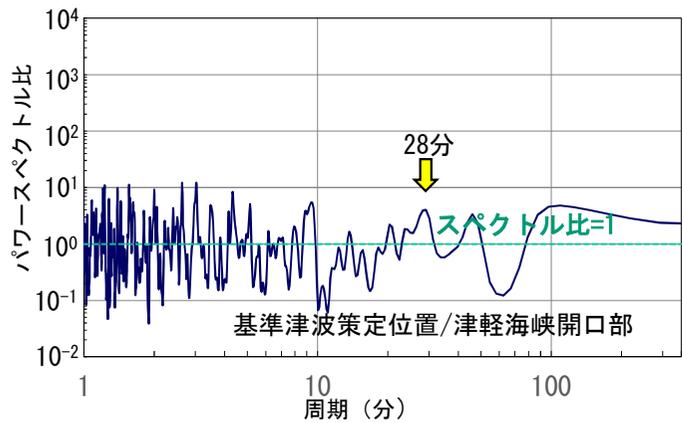
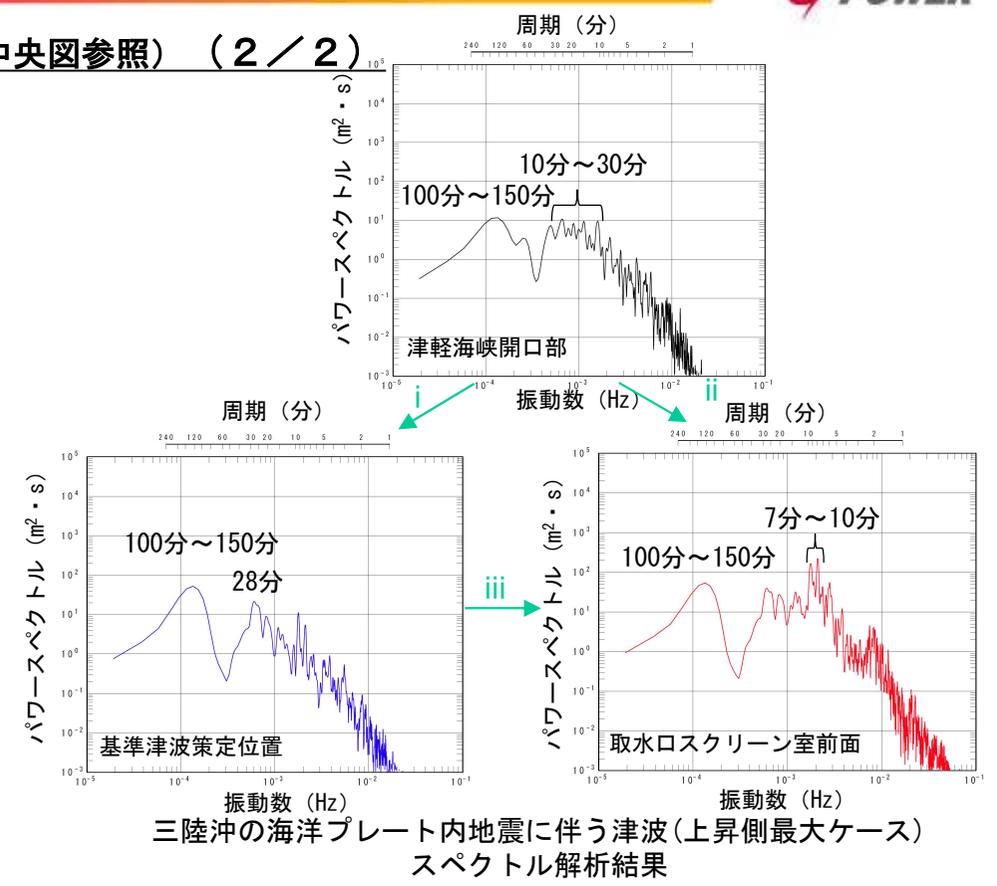


# 10-3. 太平洋側からの津波に対する検討 (7/13)

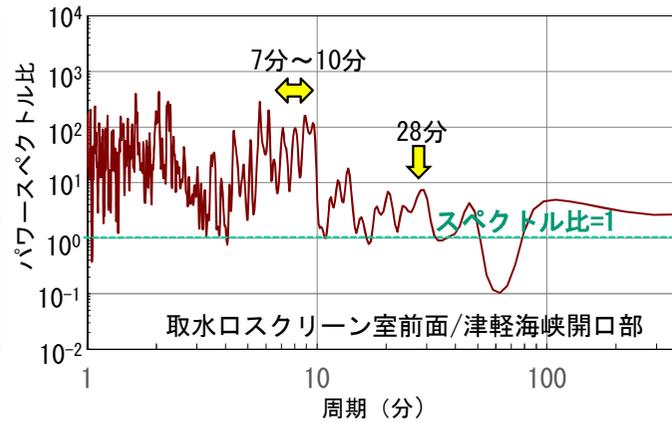
## (2) 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波 (P. 10.3-5中央図参照) (2/2)

### ②. 津波の周期特性の把握：スペクトル比

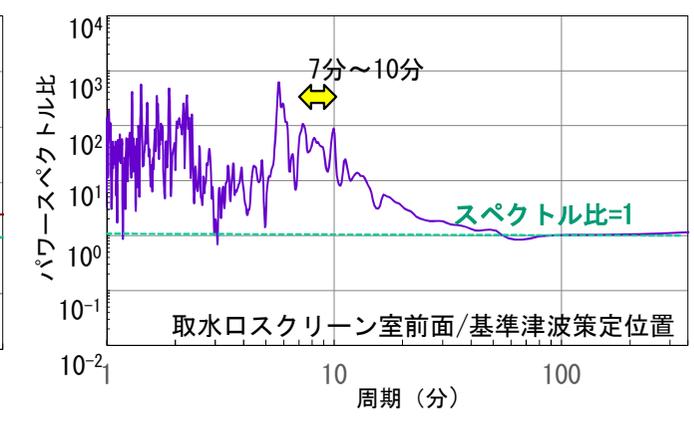
- 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波の代表地点のスペクトル比を比較した。
  - i 【津軽海峡開口部→基準津波策定位置】  
スペクトル比は1付近に分布する。基準津波策定位置において卓越する周期28分にもピークが認められる。
  - ii 【津軽海峡開口部→取水口スクリーン室前面】  
取水口スクリーン室前面で顕著な増幅特性を示した7分～10分程度以下の短周期のスペクトル比が1を超えて大きくなる。基準津波策定位置において卓越する周期28分にもピークが認められる。
  - iii 【基準津波策定位置→取水口スクリーン室前面】  
取水口スクリーン室前面で顕著な増幅特性を示した7分～10分程度以下の短周期のスペクトル比が1を超えて大きくなる。



i 津軽海峡開口部→基準津波策定位置



ii 津軽海峡開口部→取水口スクリーン室前面



iii 基準津波策定位置→取水口スクリーン室前面

三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波(上昇側最大ケース)代表地点間のスペクトル比

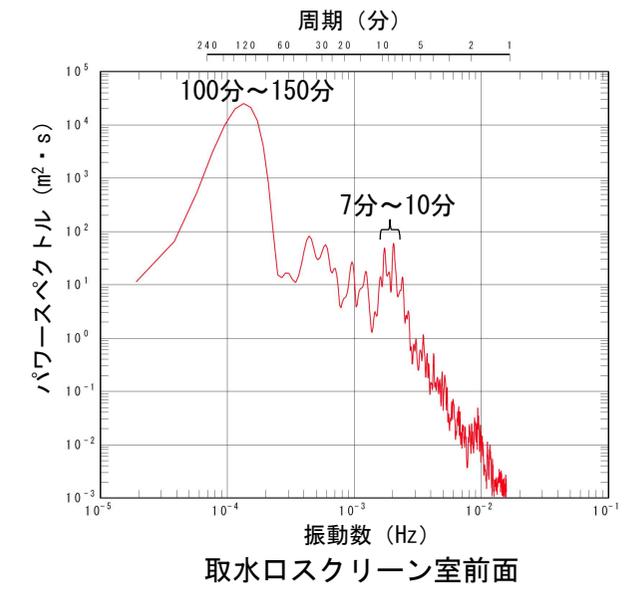
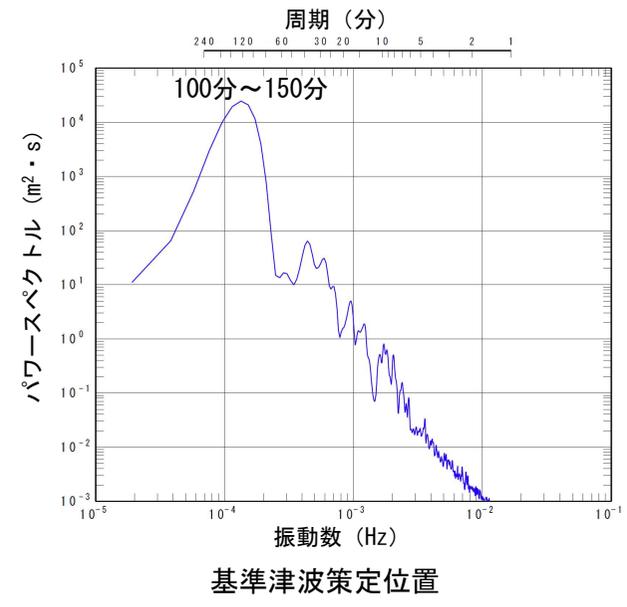
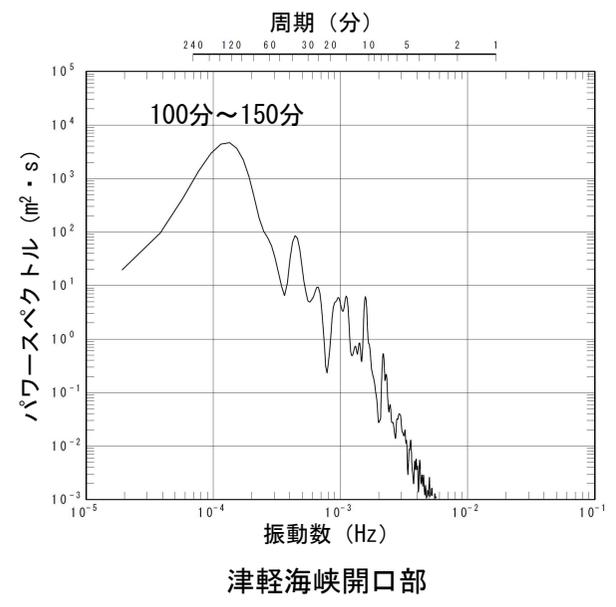
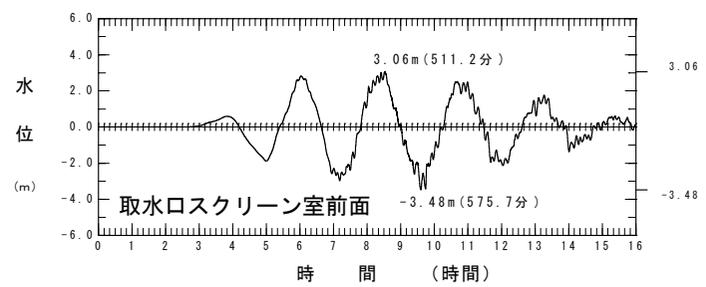
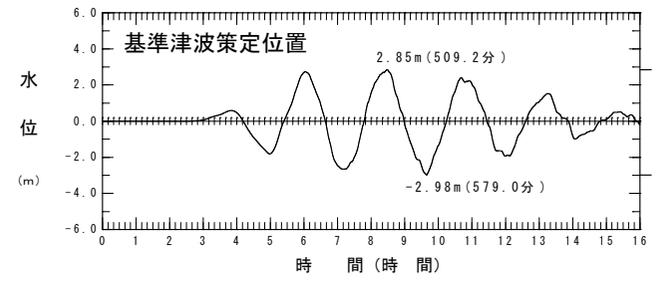
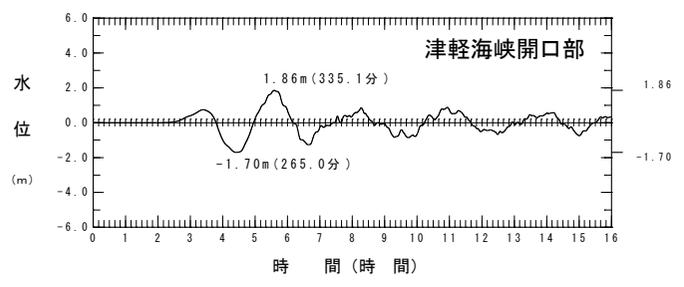


## (3) チリ沖に想定される地震に伴う津波 (P.10.3-5右図参照) (1/2)

### ②. 津波の周期特性の把握：スペクトル解析結果

チリ沖に想定される地震に伴う津波のスペクトル解析結果は以下のとおり。

- ・ 津軽海峡開口部：津軽海峡入射時には、周期100分～150分程度が卓越している。
- ・ 基準津波策定位置：津軽海峡内の伝播に伴い、周期100分～150分の強度が増す。
- ・ 取水口スクリーン室前面：さらに発電所専用港湾内への伝播に伴い、周期7分～10分程度の強度が顕著に増す。



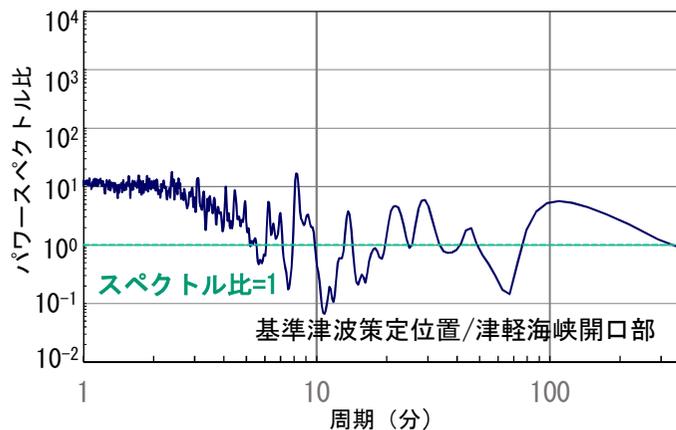
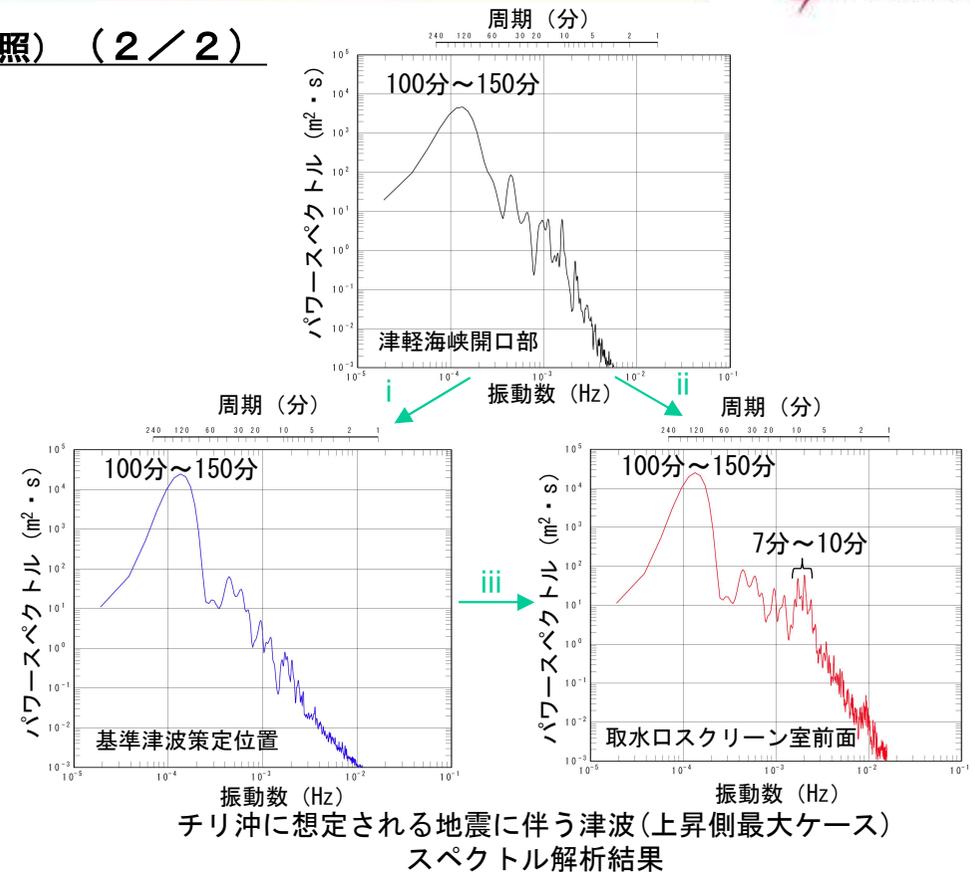
チリ沖に想定される地震に伴う津波(上昇側最大ケース)  
スペクトル解析結果



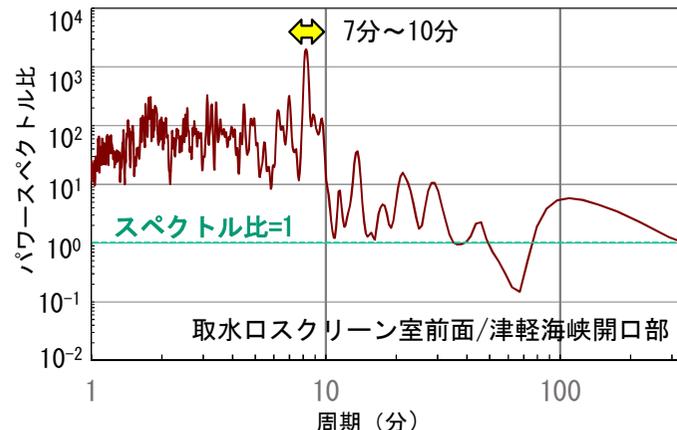
## (3) チリ沖に想定される地震に伴う津波 (P.10.3-5右図参照) (2/2)

### ②. 津波の周期特性の把握：スペクトル比

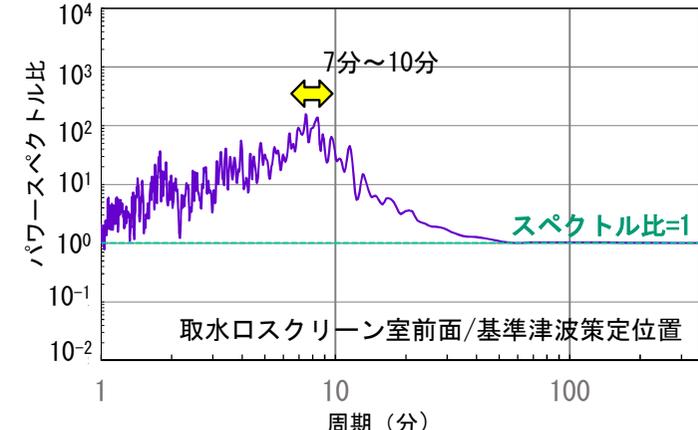
- チリ沖に想定される地震に伴う津波の代表地点のスペクトル比を比較した。
  - i 【津軽海峡開口部→基準津波策定位置】  
周期10分以下の短周期では、ほぼ1を超え増幅傾向を示す。その他の周期帯では、おおむね1付近に分布する。
  - ii 【津軽海峡開口部→取水口スクリーン室前面】  
取水口スクリーン室前面で顕著な増幅特性を示した7分～10分程度以下の短周期のスペクトル比が10を超えて大きくなる。
  - iii 【基準津波策定位置→取水口スクリーン室前面】  
取水口スクリーン室前面で顕著な増幅特性を示した7分～10分程度以下の短周期のスペクトル比が1を超えて大きくなる。



i 津軽海峡開口部→基準津波策定位置



ii 津軽海峡開口部→取水口スクリーン室前面



iii 基準津波策定位置→取水口スクリーン室前面

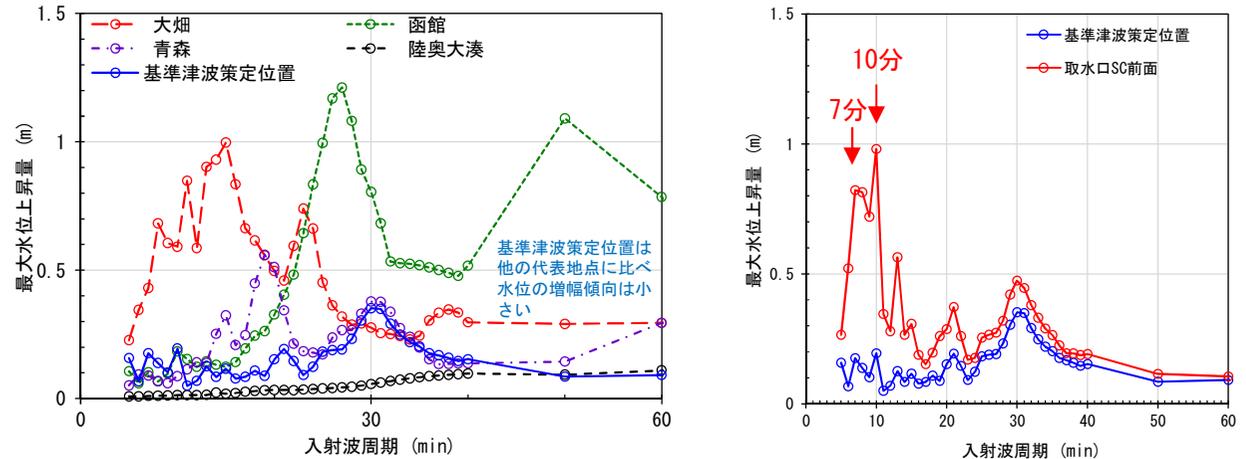
チリ沖に想定される地震に伴う津波 (上昇側最大ケース) 代表地点間のスペクトル比



## ・太平洋側からの津波 ③. 津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性の比較

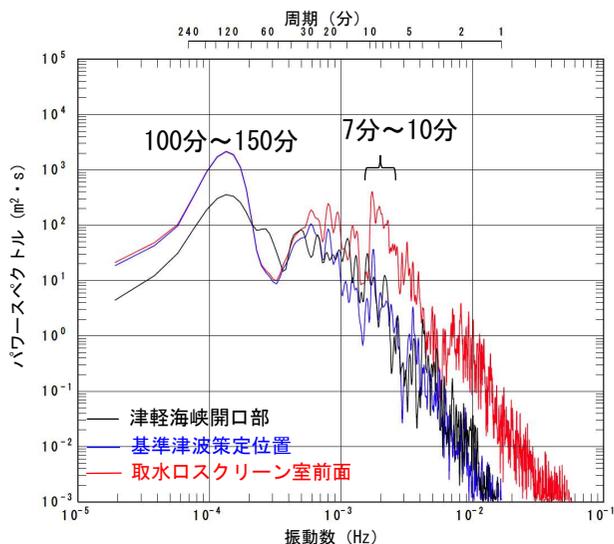
- 「①. 津軽海峡及び発電所専用港湾の周期特性」の検討 (P.10.3-2, P.10.3-3参照)では、基準津波策定位置は津軽海峡の他の代表地点に比べ水位の増幅傾向は小さいこと及び取水口スクリーン室前面では、周期7分及び10分で顕著な水位の増幅が確認された。
- 「②. 津波の周期特性」の把握 (P.10.3-6, P.10.3-8, P.10.3-10参照)では、津軽海峡開口部と基準津波策定位置における周期特性には大きな変化は認められないが、取水口スクリーン室前面では、7分~10分の周期が顕著に増幅していることが確認された。
- 以上より、これらの正弦波による各代表地点の周期毎の増幅特性と、スペクトル解析による各代表地点における津波の周期特性とは、整合的な結果を示すため、津波の解析波形には地形の影響が適切に反映されていることが確認できた。

「①. 津軽海峡及び発電所専用港湾の周期特性」評価結果 (各代表地点の周期毎の増幅特性)

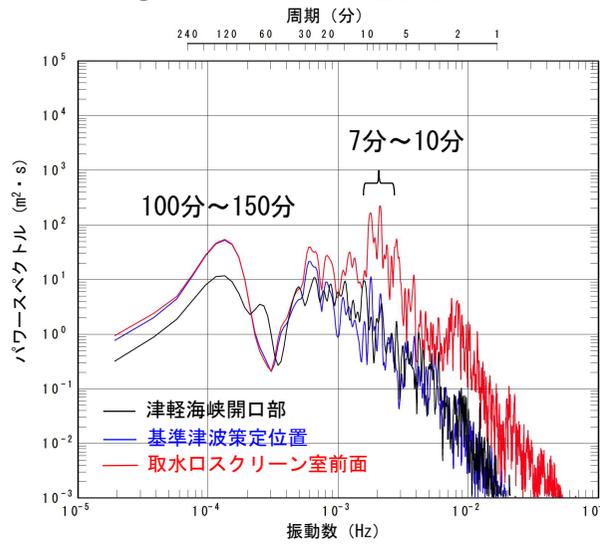


正弦波入射波周期と最大水位上昇量の関係  
太平洋側からの正弦波による解析結果 (P.10.3-2, P.10.3-3参照)

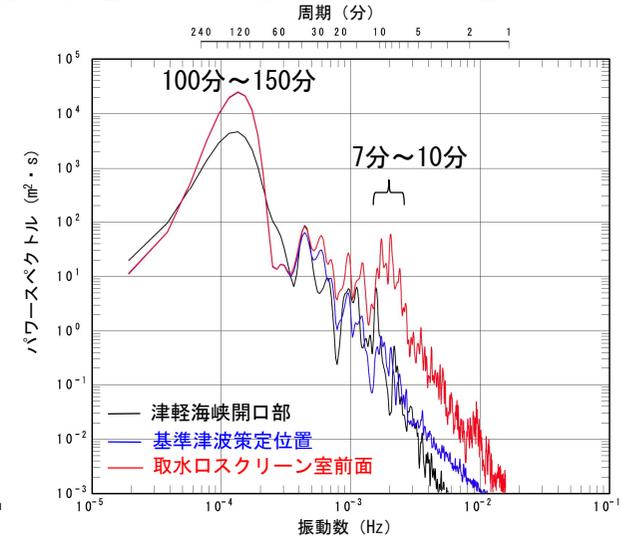
「②. 津波の周期特性」評価結果 (各代表地点における津波の周期特性)



三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波  
(上昇側最大ケース)



三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波  
(上昇側最大ケース)



チリ沖に想定される地震に伴う津波  
(上昇側最大ケース)



# 10-3. 太平洋側からの津波に対する検討 (11/13)

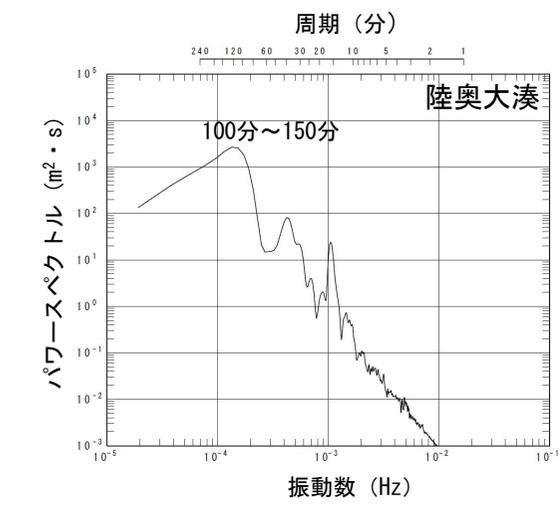
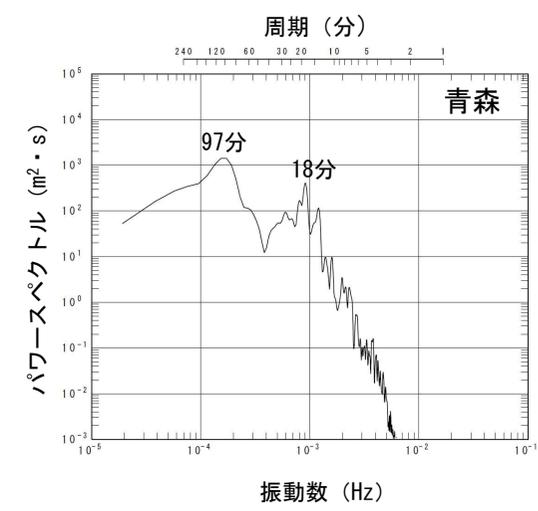
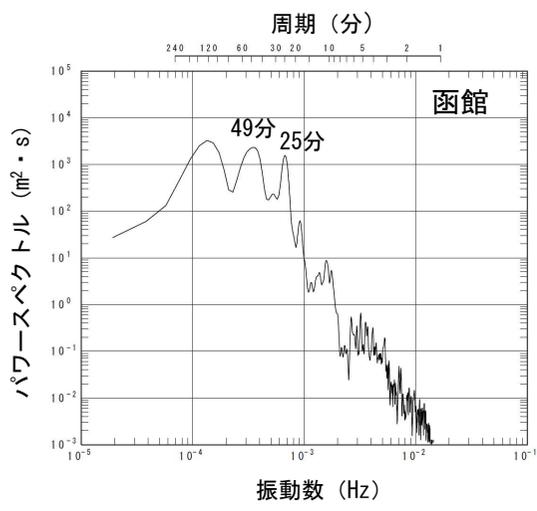
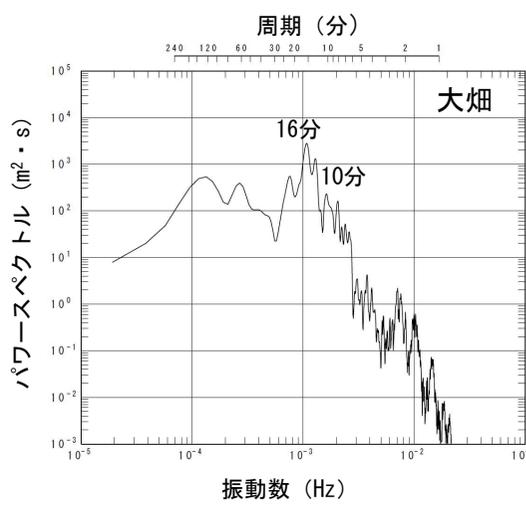
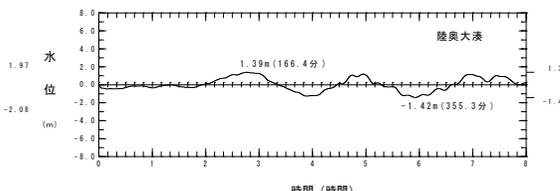
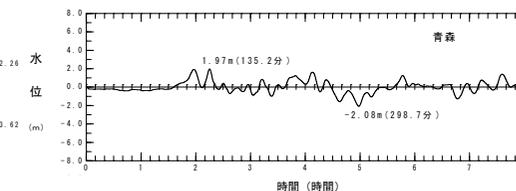
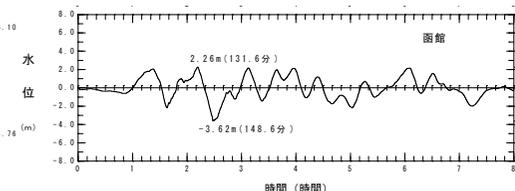
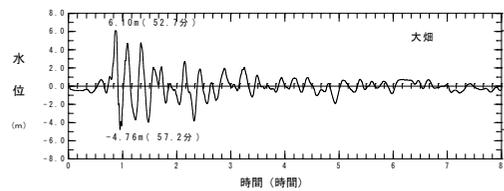
## ③. 【補足】津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性の比較 (1/3)

三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波

- 各代表地点において、三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の解析波形には、正弦波による解析で得られた水位が増幅する周期と整合する周期にピークが認められた。
- 以上からも、津波の解析波形に津軽海峡の地形の影響が適切に考慮されていることが確認できた。

代表地点において水位の増幅が認められる周期  
(太平洋側からの正弦波による解析結果) (P.10.3-2参照)

代表地点	顕著な水位の増幅が認められる周期
大畑	11分, 15分
函館	27分, 50分
青森	19分, 100分
陸奥大湊	110分, 330分



三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波(上昇側最大ケース)  
(スペクトル解析結果)



# 10-3. 太平洋側からの津波に対する検討 (12/13)

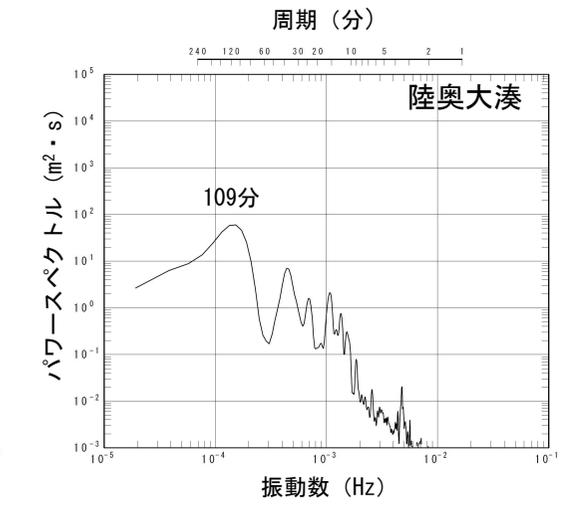
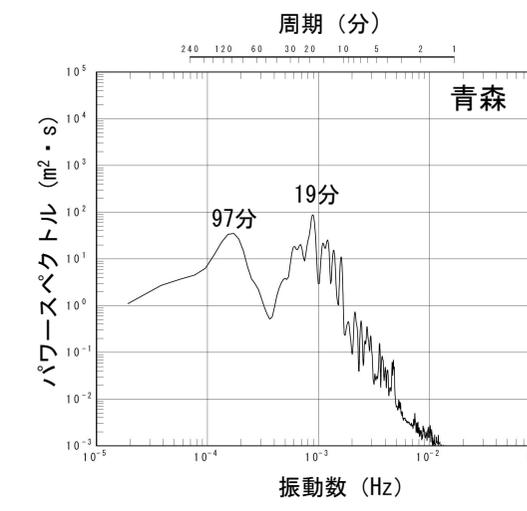
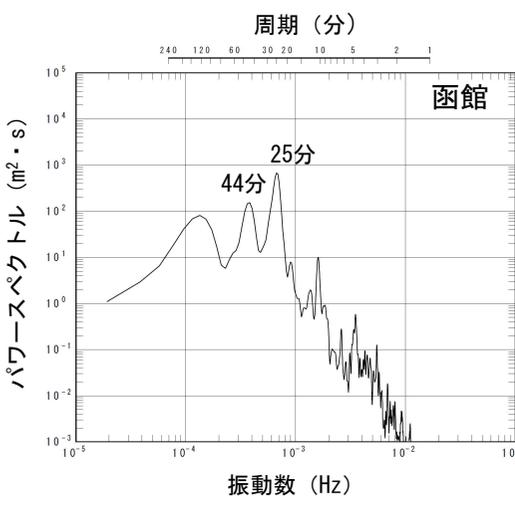
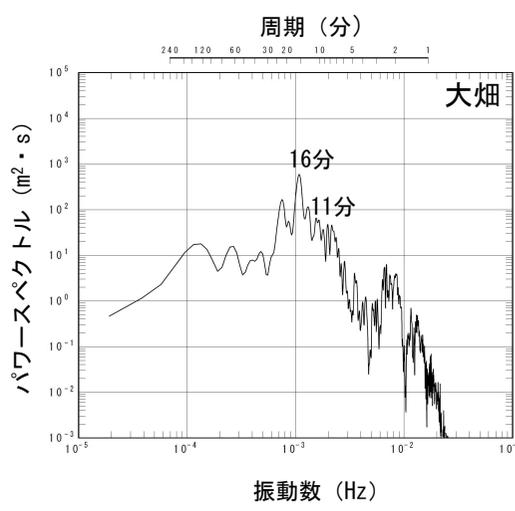
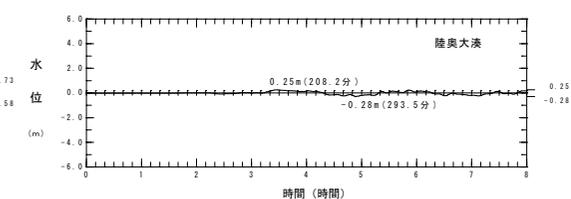
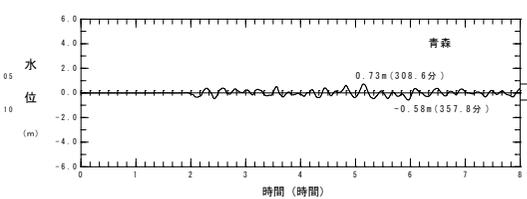
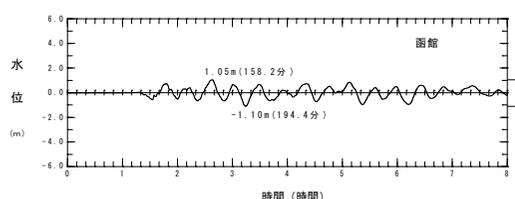
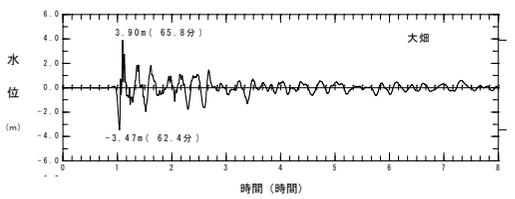
## ③. 【補足】津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性の比較 (2/3)

三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波

- 各代表地点において、三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波の解析波形には、正弦波による解析で得られた水位が増幅する周期と整合する周期にピークが認められた。
- 以上からも、津波の解析波形に津軽海峡の地形の影響が適切に考慮されていることが確認できた。

代表地点において水位の増幅が認められる周期  
(太平洋側からの正弦波による解析結果) (P.10.3-2参照)

代表地点	顕著な水位の増幅が認められる周期
大畑	11分, 15分
函館	27分, 50分
青森	19分, 100分
陸奥大湊	110分, 330分



三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波(上昇側最大ケース)  
(スペクトル解析結果)



# 10-3. 太平洋側からの津波に対する検討 (13 / 13)

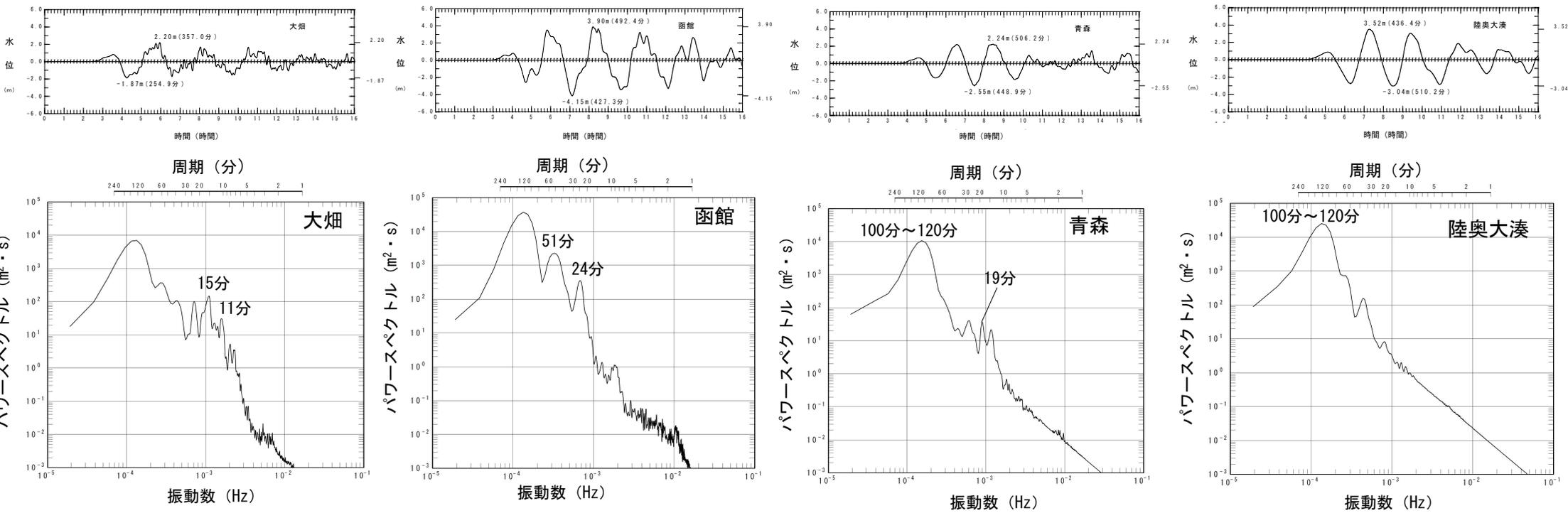
## ③. 【補足】津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性の比較 (3 / 3)

チリ沖に想定される地震に伴う津波

- 各代表地点において、チリ沖に想定される地震に伴う津波の解析波形には、正弦波による解析で得られた水位が増幅する周期と整合する周期にピークが認められた。
- 以上からも、津波の解析波形に津軽海峡の地形の影響が適切に考慮されていることが確認できた。

代表地点において水位の増幅が認められる周期  
(太平洋側からの正弦波による解析結果) (P.10.3-2参照)

代表地点	顕著な水位の増幅が認められる周期
大畑	11分, 15分
函館	27分, 50分
青森	19分, 100分
陸奥大湊	110分, 330分



チリ沖に想定される地震に伴う津波(上昇側最大ケース)  
(スペクトル解析結果)

1. 津波堆積物調査（現地調査）
2. 日本海東縁部に設定された地方自治体による波源モデル
3. 2011年東北地方太平洋沖地震を始めとするM9クラスの超巨大地震から得られた知見
  - 3-1. 2011年東北地方太平洋沖地震から得られた知見
  - 3-2. 世界のM9クラスの超巨大地震から得られた知見の整理
  - 3-3. まとめ
4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
  - 4-1. 2011年東北地方太平洋沖地震による津波等の再現性確認
  - 4-2. 分岐断層に関する検討
  - 4-3. ライズタイムの影響検討
  - 4-4. 動的破壊特性の不確かさの影響確認
5. チリ沖に想定される地震に伴う津波の影響検討
6. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
  - 6-1. 地すべり地形分布図
  - 6-2. 二層流モデルの適用性について
7. 海底地すべりに起因する津波
  - 7-1. 急傾斜部を対象とした地形判読
  - 7-2. 海底地すべり海上音波探査記録
  - 7-3. 海底地すべり地形崩壊量算定
  - 7-4. ハワイ付近の海底地すべりの影響について
8. 火山現象に起因する津波
  - 8-1. kinematic landslideモデルによる追加検討
9. 津波発生要因の組合せに関する検討
  - 9-1. 組合せ対象地すべりエリアの選定
  - 9-2. 線形足し合せ評価位置の検討
10. 津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性
  - 10-1. 検討方法
  - 10-2. 日本海側からの津波に対する検討
  - 10-3. 太平洋側からの津波に対する検討
  - 10-4. まとめ
11. 津波の伝播特性について

## 10-4. まとめ

### 津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性

- 「①. 津軽海峡及び発電所専用港湾の周期特性」の検討（正弦波による解析）
  - ✓ 津軽海峡内の各代表地点では、それぞれの地形の影響により、特定の周期で水位が増幅する傾向が確認された。（P. 10. 2-2, P. 10. 3-2）
  - ✓ 敷地沖合の基準津波策定位置では、津軽海峡の他の代表地点に比べ水位増幅の傾向は小さいが、発電所専用港湾内の取水口スクリーン室前面では、特定の周期（7分，9分，10分）で顕著な水位の増幅が確認された。（P. 10. 2-3, P. 10. 3-3）
- 「②. 津波の周期特性」の検討（スペクトル解析）
  - ✓ 津軽海峡内の伝播に伴い、津軽海峡へ入射する津波の周期特性に各代表地点の地形の影響による周期特性が加わるため、各代表地点の特定の周期が増幅されることが確認された。（P. 10. 2-6, P. 10. 3-6, P. 10. 3-8, P. 10. 3-10）
  - ✓ このため、取水口スクリーン室前面では、正弦波による解析とほぼ同様の周期（7分～10分）で顕著な水位の増幅が確認された。（P. 10. 2-6, P. 10. 3-6, P. 10. 3-8, P. 10. 3-10）
- 「③. 津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性の比較」
  - ✓ 正弦波による各代表地点の周期毎の増幅特性と、各津波の周期特性を踏まえた各代表地点の増幅特性（スペクトル解析による各代表地点における津波の周期特性）とは、統合的な結果を示すため、津波の解析波形には地形の影響が適切に反映されていることが確認できた。（P. 10. 2-8, P. 10. 3-12）

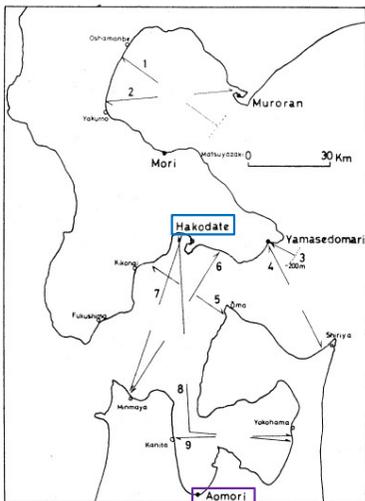


# 10-4. まとめ (参考情報)

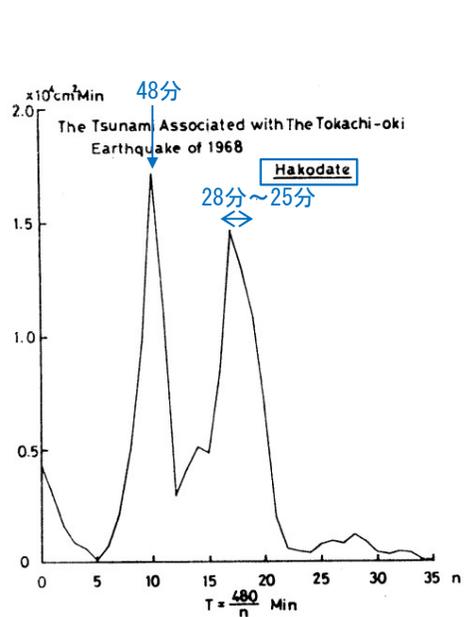
## 津軽海峡及び発電所専用港湾の周期特性の把握 (太平洋側からの津波)

### 高橋 (1976) による津軽海峡内における周期特性

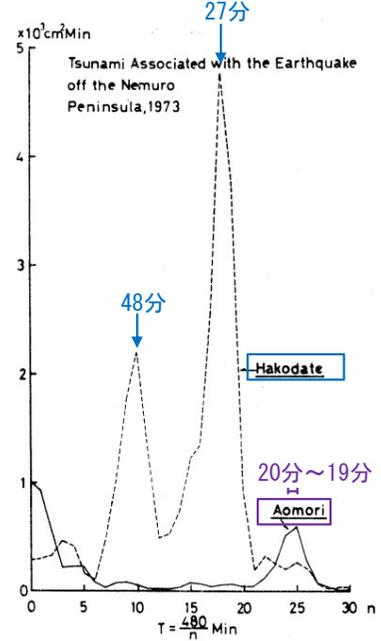
- 高橋 (1976) <sup>(69)</sup> では、津軽海峡内の函館、青森及び山背泊の各検潮所で観測された津波を対象としてスペクトル解析が実施されており、そのうちP. 10. 3-2で代表地点とした函館及び青森における津波の周期特性について以下のとおり纏められている。
  - ✓ 函館港における1968年十勝沖地震津波及び1973年根室半島沖地震津波には、48分と28分～25分の二つの強いピークが認められる。
  - ✓ 青森港における1973年根室半島沖地震津波には、20分～19分の範囲に弱いピークが認められる。
- 上記の検討結果と太平洋側からの正弦波による解析結果とは、おおむね整合的であることが確認できる。



検潮所位置図



1968年十勝沖地震津波  
パワースペクトル密度  
(函館港)



1973年根室半島沖地震津波  
パワースペクトル密度  
(青森港・函館港)

代表地点において水位の増幅が認められる周期  
(太平洋側からの正弦波による解析結果)  
(P. 10. 3-2参照)

代表地点	顕著な水位の増幅が認められる周期
函館	27分, 50分
青森	19分, 100分

高橋 (1976) <sup>(69)</sup> に一部加筆

(余白)

# 目次

1. 津波堆積物調査（現地調査）
2. 日本海東縁部に設定された地方自治体による波源モデル
3. 2011年東北地方太平洋沖地震を始めとするM9クラスの超巨大地震から得られた知見
  - 3-1. 2011年東北地方太平洋沖地震から得られた知見
  - 3-2. 世界のM9クラスの超巨大地震から得られた知見の整理
  - 3-3. まとめ
4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
  - 4-1. 2011年東北地方太平洋沖地震による津波等の再現性確認
  - 4-2. 分岐断層に関する検討
  - 4-3. ライズタイムの影響検討
  - 4-4. 動的破壊特性の不確かさの影響確認
5. チリ沖に想定される地震に伴う津波の影響検討
6. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
  - 6-1. 地すべり地形分布図
  - 6-2. 二層流モデルの適用性について
7. 海底地すべりに起因する津波
  - 7-1. 急傾斜部を対象とした地形判読
  - 7-2. 海底地すべり海上音波探査記録
  - 7-3. 海底地すべり地形崩壊量算定
  - 7-4. ハワイ付近の海底地すべりの影響について
8. 火山現象に起因する津波
  - 8-1. kinematic landslideモデルによる追加検討
9. 津波発生要因の組合せに関する検討
  - 9-1. 組合せ対象地すべりエリアの選定
  - 9-2. 線形足し合せ評価位置の検討
10. 津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性
  - 10-1. 検討方法
  - 10-2. 日本海側からの津波に対する検討
  - 10-3. 太平洋側からの津波に対する検討
  - 10-4. まとめ
11. 津波の伝播特性について



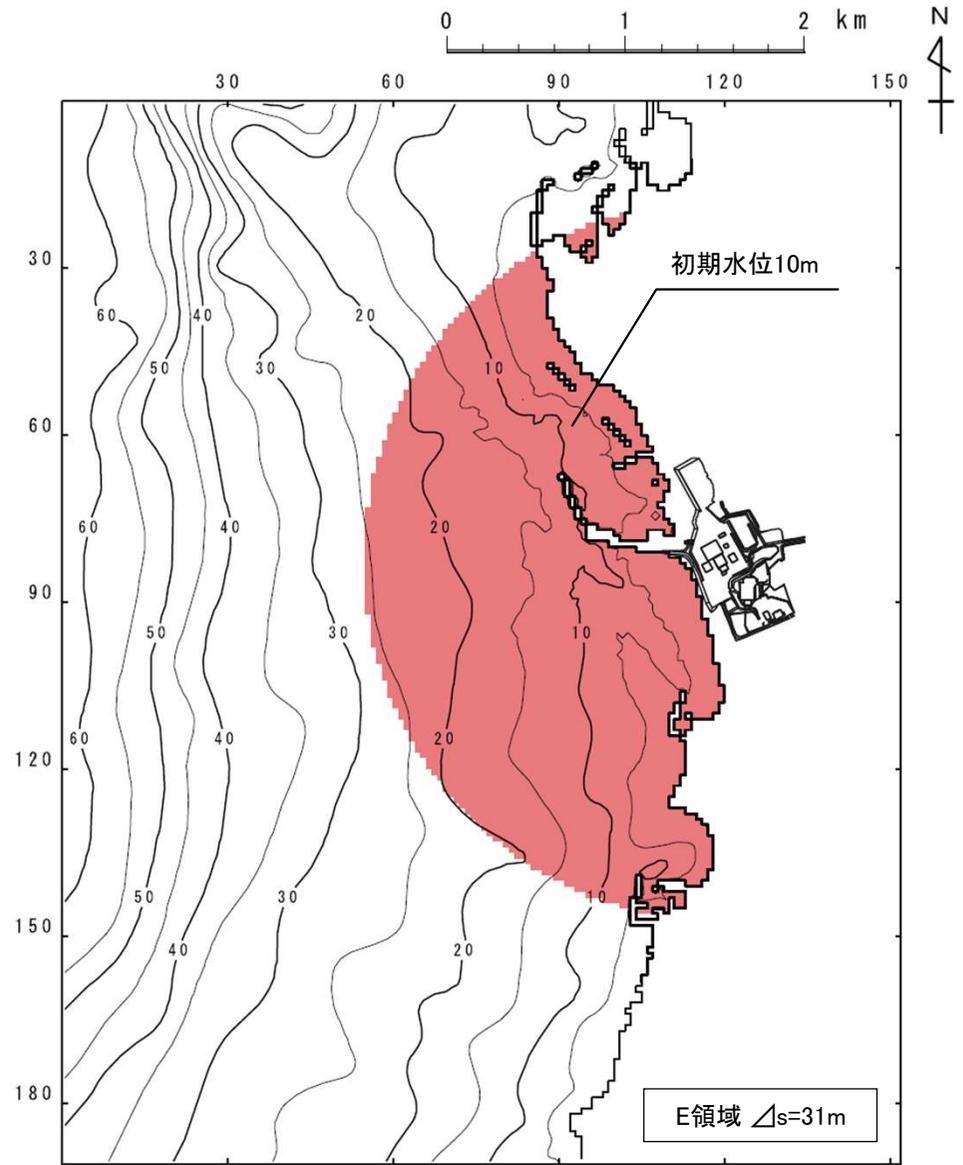
発電所への津波伝播特性の大局的な傾向を把握することを目的として、発電所を津波波源と仮定した場合の数値シミュレーションを実施した。



# 1 1. 津波の伝播特性について (2 / 5)

## 検討波源

- 発電所を津波波源と仮定した場合の数値シミュレーションにより大局的な伝播特性の傾向を確認した。
- 津波波源として、大間発電所を中心とする半径2kmの円を設定し、一律10mの初期水位を与え、津波伝播計算を実施した。



発電所を津波波源と仮定した場合の初期水位分布

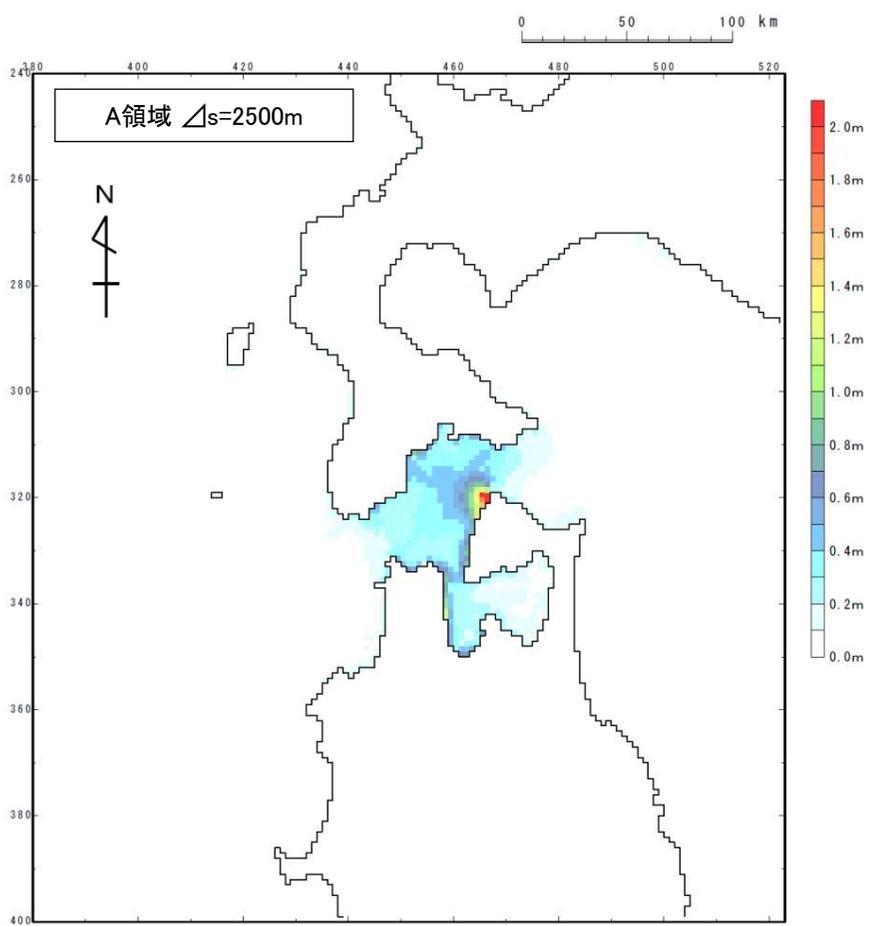


# 1 1. 津波の伝播特性について (3 / 5)

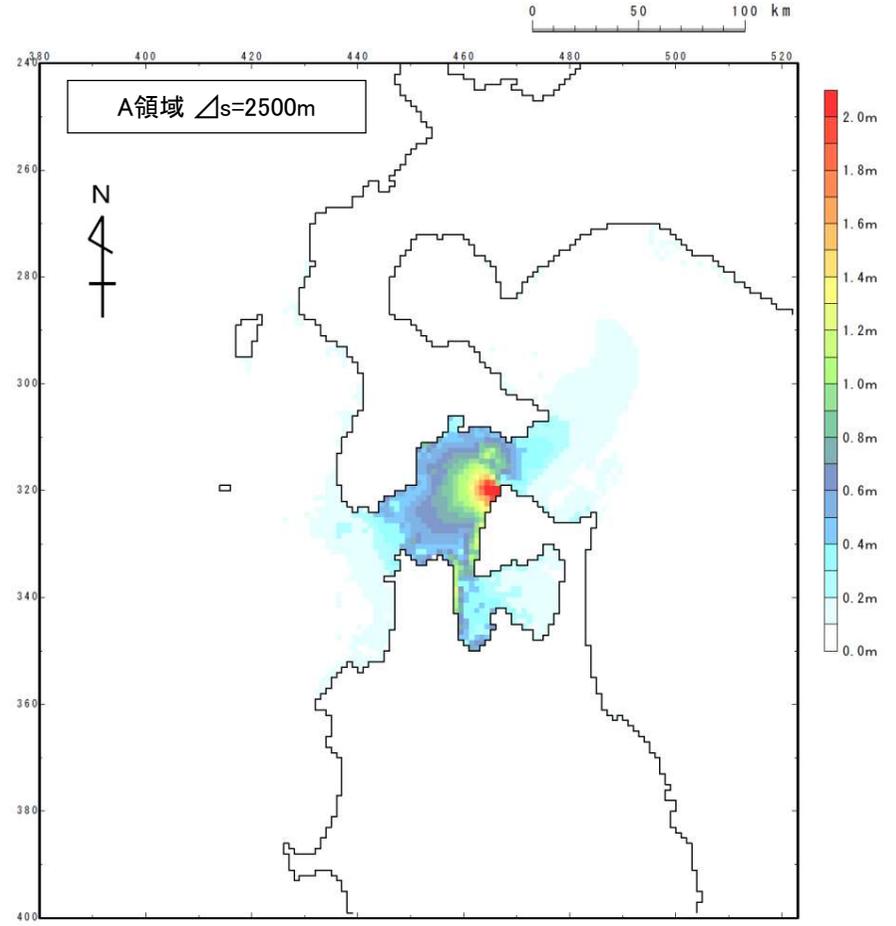
## 津波の伝播特性検討結果 (1 / 3)

- 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」を用いて最大水位上昇量を補正※した場合も示した。
- 津軽海峡外へ伝播していく津波は、ほとんど認められない。

※：波源位置の水深を $h_0$  (=10m)，沖合地点の水深を $h$ として，数値シミュレーションで得られる各格子の最大水位上昇量を「 $(h_0/h)^{1/4}$ 」で除して補正。



水位補正前



水位補正後

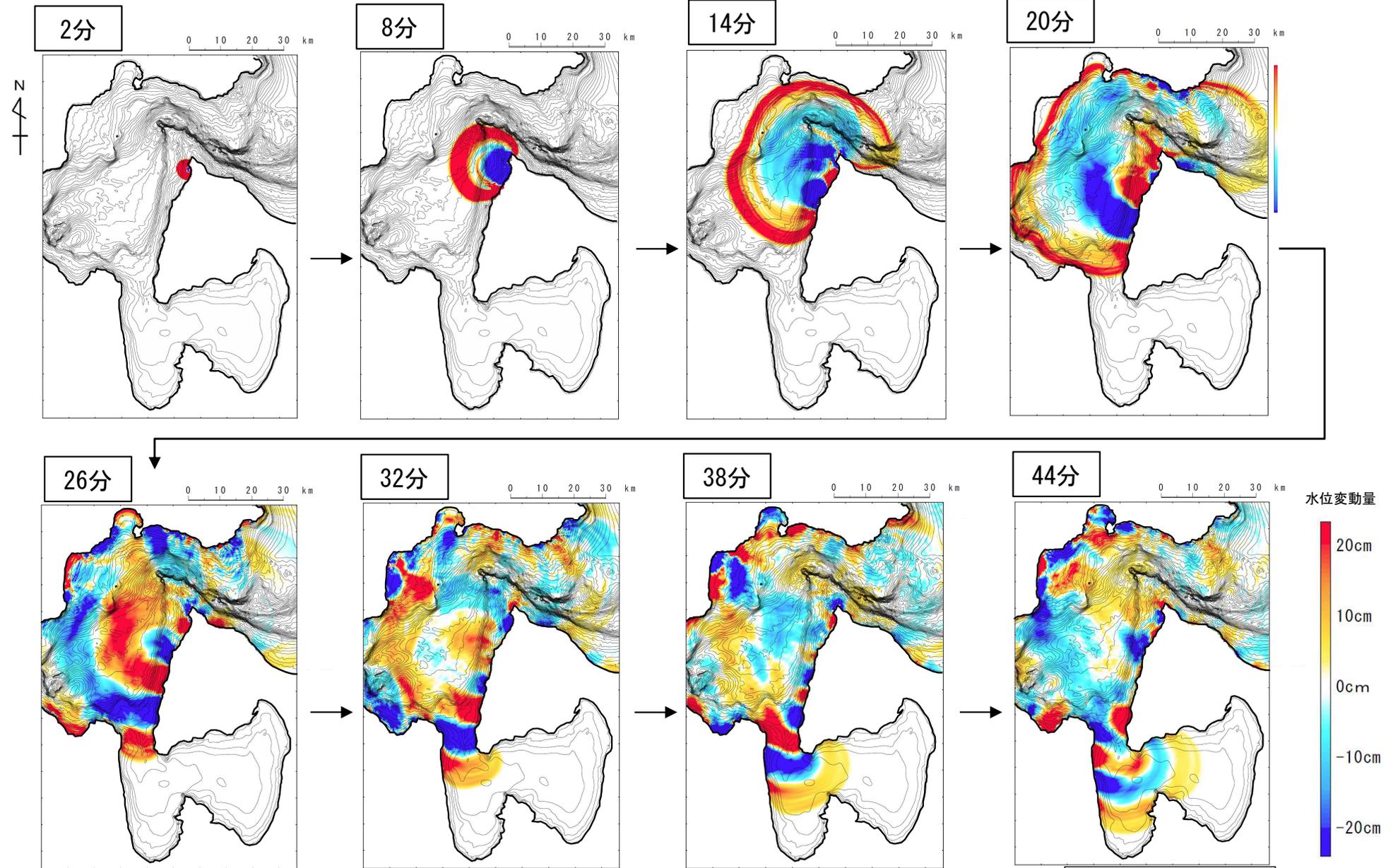
発電所を津波波源と仮定した場合の最大水位上昇量分布



# 1 1. 津波の伝播特性について (4 / 5)

## 津波の伝播特性評価結果 (2 / 3)

波源域から敷地周辺海域へ、同心円状に津波が伝播するが、対岸に津波が到達する約20分以降は、津軽海峡内での反射等の影響により、同心円形状が崩れていく。



発電所近傍の津波の伝播状況(2分~44分)

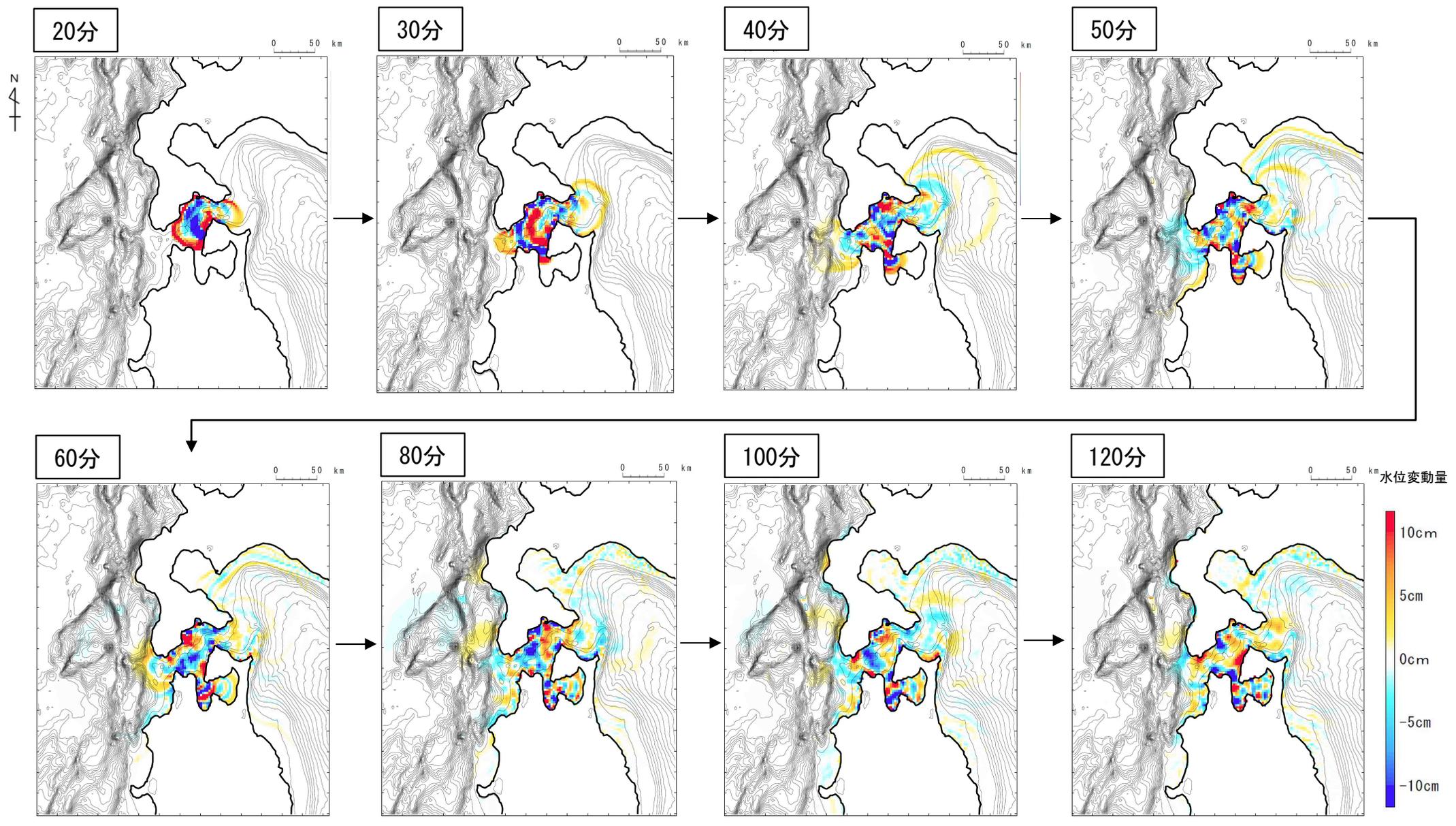
C領域  $\Delta s=278m$



# 1 1. 津波の伝播特性について (5 / 5)

## 津波の伝播特性評価結果 (3 / 3)

津軽海峡外への卓越した津波伝播の傾向は認められない。



津軽海峡外への津波の伝播状況(20分~120分)

A領域  $\Delta s=2500m$

# 参考文献



- (1) 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2003) : 日本海東縁部の地震活動の長期評価について, 62p.
- (2) 北海道(2013) : 北海道に津波被害をもたらす想定地震の再検討ワークグループ, 平成24年度, 日本海沿岸の津波浸水想定の特検・見直し報告書.
- (3) 青森県(2015) : 第7回青森県海岸津波対策検討会資料.
- (4) 秋田県(2013) : 秋田県地震被害想定調査報告書.
- (5) 山形県(2012) : 津波浸水域予測図.
- (6) 新潟県(2016) : 新潟県地域防災計画(津波災害対策編)平成28年3月修正.
- (7) 富山県(2012) : 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ現地調査結果, 2012/12/29.
- (8) 石川県(2012) : 石川県津波浸水想定区域図.
- (9) 福井県(2012) : 福井県における津波シミュレーション結果について.
- (10) 鳥取県(2012) : 鳥取県津波対策検討委員会津波波源の設定について.
- (11) 島根県(2012) : 島根県地震被害想定調査報告書津波の想定.
- (12) 山口県(2015) : 津波浸水想定(日本海沿岸)について.
- (13) 徳山英一, 本座栄一, 木村政昭, 倉本真一, 芦寿一郎, 岡村行信, 荒戸裕之, 伊藤康人, 徐垣, 日野亮太, 野原壯, 阿部寛信, 坂井眞一, 向山建二郎(2001) : 日本周辺海域中新世最末期以降の構造発達史, 海洋調査技術, 第13巻, 第1号, pp. 27-53.
- (14) 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2019) : 日本海溝沿いの地震活動の長期評価, 144p.
- (15) 佐竹健治(2013) : 第197回地震予知連絡会重点検討課題「世界の巨大地震・津波」概要, pp. 414-416.
- (16) Shinzaburo Ozawa, Takuya Nishimura, Hisashi Suito, Tomokazu Kobayashi, Mikio Tobita & Tetsuro Imakiire (2011) : Coseismic and postseismic slip of the 2011 magnitude-9 Tohoku-Oki earthquake, NATURE, Vol.475, pp. 373-376.
- (17) Akira Hasegawa, Keisuke Yoshida, Youichi Asano, Tomoki Okada(2012) : Change in stress field after the 2011 great Tohoku-Oki earthquake, Earth and Planetary Science Letter 355-356, pp. 231-243.
- (18) 海洋研究開発機構(2013) : 地球深部探査船「ちきゅう」の掘削調査により明らかにされた東北地方太平洋沖地震震源域の応力状態変化, 海洋研究開発機構プレスリリース.
- (19) 佐竹健治(2011) : 日本海溝の巨大地震のスーパーサイクル, 予知連絡会報86.
- (20) 岡村行信, 佐竹健治, 穴倉正展, 藤原治, 澤井祐紀, 小松原純子, 藤野滋弘, 行谷佑一, 藤井雄士郎, Than Tin, Aung(2010) : 地質調査・津波シミュレーションにもとづく地震発生履歴に関する研究, 文部科学省研究開発局他2010重点成果報告\_宮崎沖.
- (21) 菅原大助・今村文彦・松本秀明・後藤和久・箕浦幸治(2013) : 貞観津波と東日本大震災の津波, 平川新・今村文彦・東北大学災害科学国際研究所, 東日本大震災を分析する2 震災と人間・まち・記録, 株式会社明石書店, pp. 179-188.
- (22) 行谷祐一, 佐竹健治, 山本滋(2010) : 宮城県石巻・仙台平野および福島県請戸川河口低地における869年貞観津波の数値シミュレーション, 活断層・古地震研究報告, No. 10 p. 1-21.
- (23) 穴倉正展, 藤原治, 澤井祐紀, 行谷祐一, 谷川晃一郎(2012) : 2011東北地方太平洋沖地震による津波堆積物の仙台・石巻平野における分布限界, 活断層・古地震研究報告, No. 12 p. 45-61.
- (24) Satoshi Ide, Annemarie Baltay, Gregory C. Beroza (2011) : Shallow Dynamic Overshoot and Energetic Deep Rupture in the 2011 Mw9.0 Tohoku-Oki Earthquake, Science, vol. 332, 1426, DOI:10.1126/science.1207020
- (25) 井出哲(2011) : 東北沖地震の二面性—浅部のすべり過ぎと深部の高周波震動—, 東京大学大学院理学系学科, プレスリリース.
- (26) 長谷川昭(2015) : 2011年東北沖地震の震源域で何が起きたか?—東北沖地震の発生機構—, 地震ジャーナル, 60号.
- (27) Tetsuro Tsuru, Jin-Oh Park, Seiichi Miura, Shuichi Kodaira, Yukari Kido, Tsutomu Hayashi (2002) : Along-arc structural variation of the plate boundary at the Japan Trench margin: Implication of interplate coupling, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 107, NO. B12, 2357, doi:10.1029/2001JB001664

- (28) Koichiro Obana, Shuichi Kodaira, Masanao Shinohara, Ryota Hino, Kenji Uehira, Hajime Shiobara, Kazuo Nakahigashi, Tomoaki Yamada, Hiroko Sugioka, Aki Ito, Yasuyuki Nakamura, Seiichi Miura, Tetsuo No, Narumi Takahashi (2013) : Aftershocks near the updip end of the 2011 Tohoku-Oki earthquake, *Earth and Planetary Science Letters*, 382, 111-116, doi.org/10.1016/j.epsl.2013.09.007
- (29) 文部科学省測地球学分科会 (2014) : 「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」平成25年度年次報告 (機関別), 課題番号1205, アスペリティの特性解明に向けた観測研究
- (30) Lingling Ye, Thorne Lay, and Hiroo Kanamori (2012) : The Sanriku-Oki low-seismicity region on the northern margin of the great 2011 Tohoku-Oki earthquake rupture, *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, VOL. 117, B02305, doi:10.1029/2011JB008847.
- (31) 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2012) : 三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価 (第二版) について, 173p.
- (32) Naoki Uchida and Toru Matsuzawa (2011) : Coupling coefficient, hierarchical structure, and earthquake cycle for the source area of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake inferred from small repeating earthquake data, *Earth Planets Space*, 63, 675-679.
- (33) Naoki Uchida, Junichi Nakajima, Akira Hasegawa, Toru Matsuzawa (2009) : What controls interplate coupling?: Evidence for abrupt change in coupling across a border between two overlying plates in the NE Japan subduction zone, *Earth and Planetary Science*, 283 (2009) 111-121.
- (34) Masanao Shinohara, Tomoaki Yamada, Kazuo Nakahigashi, Shin'ichi Sakai, Kimihiro Mochizuki, Kenji Uehira, Yoshihiro Ito, Ryusuke Azuma, Yuka Kaiho, Tetsuo No, Hajime Shiobara, Ryota Hino, Yoshio Murai, Hiroshi Yakiwara, Toshinori Sato, Yuya Machida, Takashi Shinbo, Takehi Isse, Hiroki Miyamachi, Koichiro Obana, Narumi Takahashi, Shuichi Kodaira, Yoshiyuki Kaneda, Kenji Hirata, Sumio Yoshikawa, Kazushige Obara, Takaya Iwasaki, and Naoshi Hirata (2011) : Aftershock observation of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake by using ocean bottom seismometer network, *Earth Planets Space*, 63, 835-840.
- (35) 内閣府 (2012) : 南海トラフの巨大地震モデル検討会 (第二次報告) 津波断層モデル編—津波断層モデルと津波高・浸水域等について—, 南海トラフの巨大地震モデル検討会, 100p.
- (36) 杉野英治, 呉長江, 是永真理子, 根本信, 岩渕洋子, 蛭沢勝三 (2013) : 原子カサイトにおける2011 東北地震津波の検証, *日本地震工学会論文集*, 第13巻, 第2号 (特集号).
- (37) 杉野英治, 岩渕洋子, 橋本紀彦, 松末和之, 蛭沢勝三, 亀田弘行, 今村文彦 (2014) : プレート間地震による津波の特性化波源モデルの提案, *日本地震工学会論文集*, 第14巻, 第5号.
- (38) 穴倉正展 (2013) : 1960年チリ地震 (Mw9.5) の履歴と余効変動, *地震予知連絡会会報*第89巻, 12-7.
- (39) Ian Shennan, Antony Long, Natasha Barlow (2007) : Recurrent Holocene Paleoseismicity and Associated Land/Sea-Level Changes in South Central Alaska, I Shennan, AJ Long and N Barlow.
- (40) 谷岡勇市郎 (2013) : アラスカ・アリューシャン・カムチャッカ沈み込み帯の巨大地震について, *地震予知連絡会会報*第89巻, 12-9.
- (41) Kusala Rajendran (2013) : On the recurrence of great subduction zone earthquakes, *SPECIAL SECTION: EARTH SCIENCES*.
- (42) Yushiro Fujii and Kenji Satake (2013) : Slip Distribution and Seismic Moment of the 2010 and 1960 Chilean Earthquakes Inferred from Tsunami Waveforms and Coastal Geodetic Data, *Pure Appl. Geophys.* 170, pp.1493-1509.
- (43) Kenji Satake, Kelin Wang, Brian F. Atwater (2003) : Fault slip and seismic moment of the 1700 Cascadia earthquake inferred from Japanese tsunami descriptions, *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, VOL. 108, NO. B11, 2535.
- (44) Jean M. Johnson, Kenji Satake, Sanford R Holdahl, Jeanne Sauber (1996) : The 1964 Prince William Sound earthquake: Joint inversion of tsunami and geodetic data, *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, VOL. 101, NO. B1, pp. 523-532.
- (45) Jean M. Johnson and Kenji Satake (1999) : Asperity Distribution of the 1952 Great Kamchatka Earthquake and its Relation to Future Earthquake Potential in Kamchatka, *Pure and applied Geophysics*, pp. 541-553.
- (46) Yuichiro Tanioka, Yudhicara, Tomohiro Kusunose, S. Kathioli, Yuichi Nishimura, Sin-Iti Iwasaki, Kenji Satake (2006) : Rupture process of the 2004 great Sumatra-Andaman earthquake estimated from tsunami waveforms, *Earth Planets Space*, 58, pp.203-209.
- (47) R. McCaffrey (2008) : Global Frequency of Magnitude 9 Earthquakes, *The Geological Society of America*.
- (48) Christopher H. Scholz and Jaime Campos (2012) : The seismic coupling of subduction zones revisited, *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, VOL. 117, B05310, doi:10.1029/2011JB009003, 2012.

# 参考文献



- (49) Daniel Melnick, Bodo Bookhagen, Manfred R. Strecker, Helmut P. Echtler (2009): Segmentation of megathrust rupture zones from fore-arc deformation patterns over hundreds to millions of years, Arauco peninsula, Chile, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 114, B01407.
- (50) Sergio E. Barrientos and Steven N. Ward (1990): The 1960 Chile earthquake: inversion for slip distribution from surface deformation, Geophys. J. Int., 103, pp. 589-598.
- (51) 松本剛・土井明日加・喜瀬慎一郎・阿部なつ江 (2010) : 海洋地球物理観測データに基づくチリ三重点のテクトニクス, 極域科学・宙空圏・気水圏・生物・地学シンポジウム講演予稿集.
- (52) Genyang Tang, Penny J. Barton, Lisa C. McNeill, Timothy J. Henstock, Frederik Tilmann, Simon M. Dean, Muhammad D. Jusuf, Yusuf S. Djajadihardja, Haryadi Permana, Frauke Klingelhoefer, and Heidrun Kopp (2013) : 3-D active source tomography around Simeulue Island offshore Sumatra: Thick crustal zone responsible for earthquake segment boundary, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 40, 48-53, doi:10.1029/2012GL054148.
- (53) Emily S. Finzel, Jeffrey M. Trop, Kenneth D. Ridgway, Eva Enkelmann (2011) : Upper plate proxies for flat-slab subduction processes in southern Alaska, Earth and Planetary Science Letters 303 pp. 348-360.
- (54) Aaron G. Wech (2016) : Extending Alaska's plate boundary: Tectonic tremor generated by Yakutat subduction, GEOLOGY, July 2016; v. 44; no. 7; pp. 587-590.
- (55) Roland von Huene, John J. Miller and Wilhelm Weinrebe (2012) : Subducting plate geology in three great earthquake ruptures of the western Alaska margin, Kodiak to Unimak, Geosphere; June 2012 v. 8 no. 3 pp. 628-644.
- (56) Ian Shennan, Natasha Barlow, Gary Carver, Frank Davies, Ed Garrett and Emma Hocking (2014) : Great tsunamigenic earthquakes during the past 1000 yr on the Alaska megathrust, GEOLOGY, doi:10.1130/G35797.1.
- (57) Kenji Satake, Yushiro Fujii, Tomoya Harada, Yuichi Namegaya (2013) : Time and Space Distribution of Coseismic Slip of the 2011 Tohoku Earthquake as Inferred from Tsunami Waveform Data, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 103, No. 2B, pp. 1473-1492, May 2013, doi:10.1785/0120120122
- (58) Yusuke Yokota and Kazuki Koketsu (2015) : A very long-term transient event preceding the 2011 Tohoku earthquake, NATURE COMMUNICATIONS, DOI: 10.1038/ncomms6934, pp. 1-5.
- (59) 社団法人土木学会原子力土木委員会津波小委員会 (2016) : 原子力発電所の津波評価技術2016.
- (60) 小谷美佐・今村文彦・首藤伸夫 (1998) : GISを利用した津波遡上計算と被害推定法, 海岸工学論文集, 第45巻, 土木学会, pp. 356-360.
- (61) Mansinha, L. and Smylie, D.E. (1971) : The displacement fields of inclined faults, Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 61, No. 5, pp. 1433-1440.
- (62) Changjiang Wu, Hideaki Tsutsumi, Hongjun Si, Yusuke Saijo (2012) : Rupture Process of the 2011 Mw9.0 Tohoku Earthquake And Strong Motion Simulation from the Viewpoint of NPP Seismic Design, 15th World Conference on Earthquake Engineering.
- (63) Toshiya Fujiwara, Shuichi Kodaira, Tetsuo No, Yuka Kaiho, Narumi Takahashi, Yoshiyuki Kaneda (2011) : The 2011 Tohoku-Oki Earthquake: Displacement Reaching the Trench Axis, SCIENCE, VOL334.
- (64) JAMSTEC (2007) : 紀伊半島沖熊野灘における巨大津波の成因について～三次元反射法音波探査による海底下の地質構造の解析結果～, プレスリリース.
- (65) JAMSTEC (2011) : 津波断層の活動痕を初めて発見～地球深部探査船「ちきゅう」による南海トラフ地震発生帯掘削計画の成果～, プレスリリース.
- (66) 奥村与志弘・後藤浩之 (2013) : 海溝型地震の分岐断層破壊シナリオで発生する津波の特徴に関する一考察, 土木学会論文集A1 (構造・地震工学), Vol. 69, No. 4 (地震工学論文集第32巻), I\_750-I\_757.
- (67) Yushiro Fujii and Kenji Satake (2007) : Tsunami Source of the 2004 Sumatra-Andaman Earthquake Inferred from Tide Gauge and Satellite Data, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 97, No. 1A, pp. S192-S207, doi:10.1785/0120050613.
- (68) 河田恵昭・小池信昭・嘉戸重仁・井上雅夫 (1998) : わが国沿岸部における遠地津波の伝播特性について, 海岸工学論文集, 第45巻, pp. 336-340.
- (69) 高橋将 (1976) : 津軽海峡と内浦湾における津波特性, 海岸工学講演会論文集, 第23巻, 土木学会, pp. 459-463.