

5. 基準津波の策定

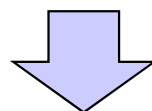
1. 地震以外の津波	4
2. 火山による山体崩壊に伴う津波	6
2-1 島原眉山崩壊による津波の考察	8
2-2 検討対象の抽出(海域火山)	11
2-3 検討対象の抽出(陸域火山)	14
2-4 津波影響評価	44
3. 陸上の斜面崩壊(陸上地すべり)に伴う津波	67
3-1 リツヤ湾津波に関する考察	71
3-2 川白に関する検討結果	81
3-3 兜岩に関する検討結果	138
3-4 堀株に関する検討結果	159
3-5 二つ岩に関する検討結果	163
3-6 弁慶岩に関する検討結果	170
3-7 津波影響評価	183
4. 陸上の斜面崩壊(岩盤崩壊)に伴う津波	215
4-1 岩盤崩壊に関する検討	217
4-2 津波影響評価	268
5. 基準津波の策定	296
6. 津波に対する安全性	312
6-1 砂移動評価について	314
6-2 取水路の水位変動について	320
6-3 貯留堰の容量について	334
6-4 考慮する潮位について	340
7. 津波堆積物調査結果	343
参考資料	353
参考文献	369

5. 基準津波の策定

検討方針

【既検討について】

- 基準津波策定に当たり、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波と組み合わせを考慮する地震以外の津波として、「海底地すべりに伴う津波」及び「陸上地すべりに伴う津波」について、計7ケースを選定した。
- 日本海東縁部に想定される地震（に伴う津波）の発生後、2分間のうちに「海底地すべりに伴う津波」及び「陸上地すべりに伴う津波」が発生するものとして、組合せ後の影響が最大となる水位時刻歴波形を抽出した結果、3号炉並びに1号及び2号炉で、計5ケースの基準津波候補が抽出された。
- 時間差の検討結果を考慮した同時発生モデルでの数値シミュレーションを実施した結果、いずれの水位変動も日本海東縁部単独とほぼ同等の結果となったことから、**日本海東縁部単独**を基準津波とした。



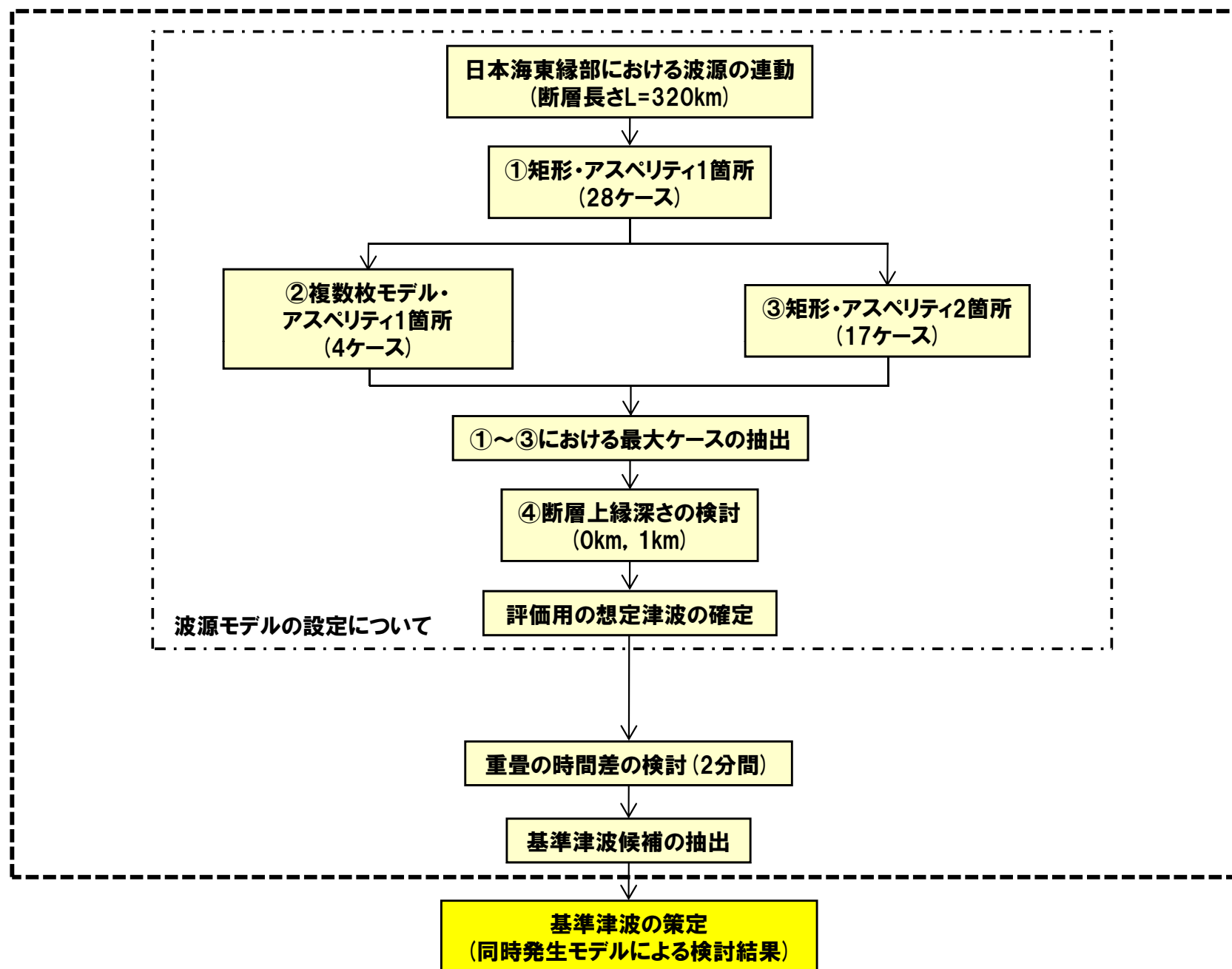
【追加検討について】

- 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波と組み合わせを考慮する地震以外の津波として、新たに「火山による山体崩壊に伴う津波」及び「陸上地すべりに伴う津波」について、計3ケースを選定する。
- 日本海東縁部に想定される地震（に伴う津波）の発生後、2分間のうちに「火山による山体崩壊に伴う津波」及び「陸上地すべりに伴う津波」が発生するものとして、組合せ後の影響が最大となる水位時刻歴波形を抽出する。
- 各評価点において、新たに抽出した3ケースそれぞれで最大となる組み合わせについて、既検討との比較を行い、基準津波を検討する。

5. 基準津波の策定

検討フロー

一部修正(H26/1/29審査会合)

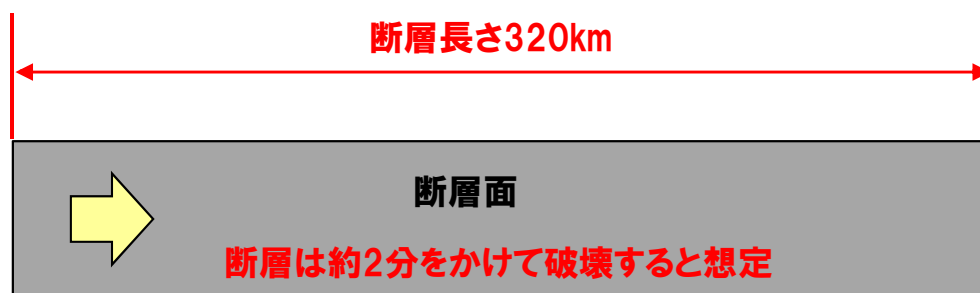


5. 基準津波の策定

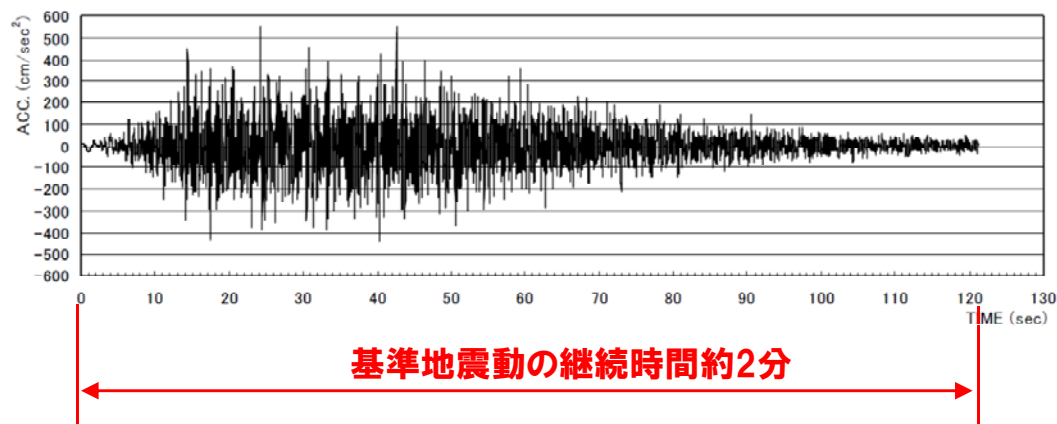
重畳の時間差の検討-継続時間の検討

一部修正(H25/11/29審査会合)

- 津波波源として想定する断層の破壊継続時間はおよそ2分間(120秒)。
- 基準地震動Ss(550gal)の地震継続時間はおよそ2分間(120秒)。
- 以上から、日本海東縁部に想定される地震(に伴う津波)の発生後、2分間のうちに「火山による山体崩壊に伴う津波」及び「陸上地すべりに伴う津波」が発生するものとして、組合せ後の影響が最大となる水位時刻歴波形を抽出する。



※破壊伝播速度2.7km/sとし、断層が120秒かけて破壊(320km÷2.7km/s≒120秒)すると想定。



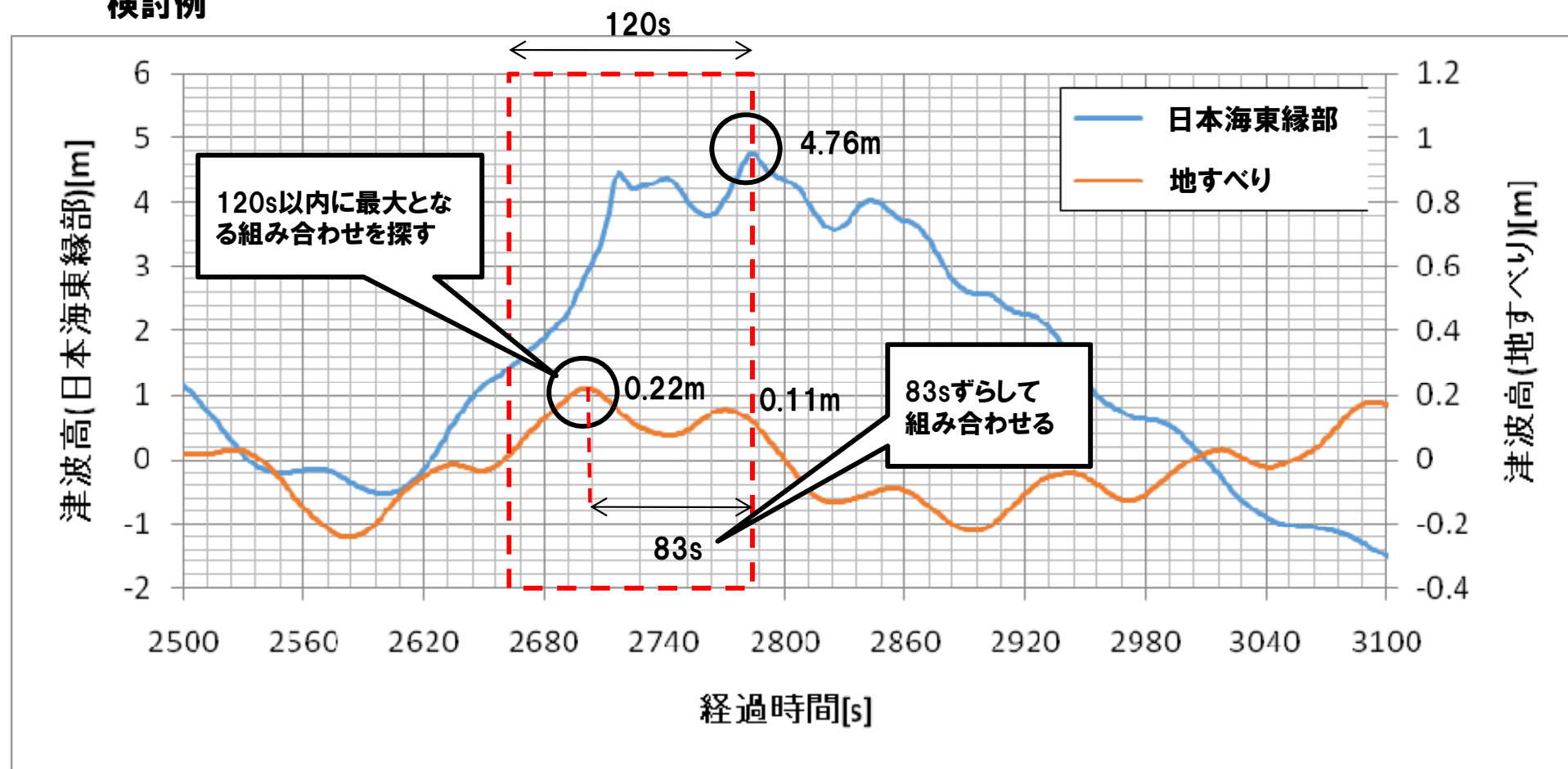
5. 基準津波の策定

重畳の時間差の検討-時間遅れの考慮

一部修正(H25/11/29審査会合)

- 崩壊開始時刻を地震発生後、0～120秒以内とし、最大の津波高になるよう重畳させる。
- 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波のピークを基準とし、120秒間のうち「火山による山体崩壊に伴う津波」及び「陸上地すべりに伴う津波」のピークとなる時間分の遅れを考慮し、重畳させる。

検討例

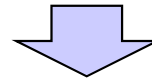


5. 基準津波の策定

評価点における波源の組合せ

波源 評価点	日本海東縁部	既検討ケース							追加検討ケース		
		日本海東縁部 + 海底地すべりA	日本海東縁部 + 海底地すべりB	日本海東縁部 + 海底地すべりE	日本海東縁部 + 川白1	日本海東縁部 + 川白3	日本海東縁部 + 川白8	日本海東縁部 + 川白10,11	日本海東縁部 + 渡島大島 (現地形)	日本海東縁部 + 川白 (不安定 ブロック一括)	日本海東縁部 + 弁慶岩 (不安定 ブロック一括)
敷地前面 最大水位上昇量	+8.15m	$\Delta h = -0.01\text{m}$ T=120s	$\Delta h = -0.04\text{m}$ T=120s	$\Delta h = +0.16\text{m}$ T=99s	$\Delta h = 0.00\text{m}$ T=61s	$\Delta h = -0.02\text{m}$ T=34s	$\Delta h = -0.03\text{m}$ T=120s	$\Delta h = -0.01\text{m}$ T=120s	$\Delta h = +0.08\text{m}$ T=120s	$\Delta h = -0.07\text{m}$ T=120s	$\Delta h = +0.08\text{m}$ T=37s
3号炉取水口 最大水位上昇量	+6.61m	$\Delta h = -0.03\text{m}$ T=120s	$\Delta h = -0.04\text{m}$ T=120s	$\Delta h = +0.16\text{m}$ T=120s	$\Delta h = -0.01\text{m}$ T=115s	$\Delta h = -0.03\text{m}$ T=69s	$\Delta h = -0.04\text{m}$ T=0s	$\Delta h = -0.02\text{m}$ T=0s	$\Delta h = +0.07\text{m}$ T=120s	$\Delta h = +0.09\text{m}$ T=120s	$\Delta h = +0.08\text{m}$ T=57s
3号炉取水口 最大水位下降量	-7.50m	$\Delta h = -0.13\text{m}$ T=0s	$\Delta h = -0.16\text{m}^*$ T=15s	$\Delta h = -0.16\text{m}^*$ T=106s	$\Delta h = -0.06\text{m}$ T=120s	$\Delta h = -0.02\text{m}$ T=120s	$\Delta h = -0.02\text{m}$ T=0s	$\Delta h = -0.04\text{m}$ T=0s	$\Delta h = \pm 0.00\text{m}$ T=0s	$\Delta h = +0.11\text{m}$ T=0s	$\Delta h = -0.10\text{m}$ T=70s
1号及び2号炉取水口 最大水位上昇量	+6.82m	$\Delta h = -0.01\text{m}$ T=120s	$\Delta h = -0.03\text{m}$ T=120s	$\Delta h = +0.14\text{m}$ T=120s	$\Delta h = 0.00\text{m}$ T=64s	$\Delta h = -0.02\text{m}$ T=42s	$\Delta h = -0.03\text{m}$ T=120s	$\Delta h = -0.01\text{m}$ T=120s	$\Delta h = +0.09\text{m}$ T=120s	$\Delta h = -0.07\text{m}$ T=120s	$\Delta h = +0.08\text{m}$ T=39s
1号及び2号炉取水口 最大水位下降量	-7.18m	$\Delta h = -0.05\text{m}$ T=0s	$\Delta h = -0.11\text{m}$ T=0s	$\Delta h = -0.14\text{m}$ T=64s	$\Delta h = -0.09\text{m}$ T=120s	$\Delta h = -0.07\text{m}$ T=120s	$\Delta h = +0.08\text{m}$ T=0s	$\Delta h = +0.03\text{m}$ T=0s	$\Delta h = \pm 0.00\text{m}$ T=0s	$\Delta h = +0.05\text{m}$ T=120s	$\Delta h = -0.09\text{m}$ T=23s

※有効数字3桁で大きい方を採用



○組み合わせを検討した結果、表中のハッチングケースによる水位が最大となり、いずれの追加検討ケースにおいても、既検討結果を上回らないことを確認した。

5. 基準津波の策定

全体のまとめ

【既検討について】

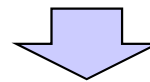
- 基準津波策定に当たり、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波と組み合わせを考慮する地震以外の津波として、「海底地すべりに伴う津波」及び「陸上地すべりに伴う津波」について、計7ケースを選定した。
- 組合せ後の影響が最大となるケースについて、時間差の検討結果を考慮した同時発生モデルでの数値シミュレーションを実施した結果、いずれの水位変動も日本海東縁部単独とほぼ同等の結果となったことから、日本海東縁部単独を基準津波とした。

【追加検討について】

- 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波と組み合わせを考慮する地震以外の津波として、新たに「火山による山体崩壊に伴う津波」及び「陸上地すべりに伴う津波」について、計3ケースを選定する。
- 各評価点において、新たに抽出した3ケースそれぞれで最大となる組み合わせについて、既検討との比較を行い、基準津波を検討する。

	日本海東縁部	既検討ケース							追加検討ケース		
		日本海東縁部 + 海底地すべりA	日本海東縁部 + 海底地すべりB	日本海東縁部 + 海底地すべりE	日本海東縁部 + 川白1	日本海東縁部 + 川白3	日本海東縁部 + 川白8	日本海東縁部 + 川白10,11	日本海東縁部 + 渡島大島 (現地形)	日本海東縁部 + 川白 (不安定 ブロッカー括)	日本海東縁部 + 弁慶岩 (不安定 ブロッカー括)
敷地前面 最大水位上昇量	+8.15m	$\Delta h = -0.01\text{m}$ T=120s	$\Delta h = -0.04\text{m}$ T=120s	$\Delta h = +0.16\text{m}$ T=99s	$\Delta h = 0.00\text{m}$ T=61s	$\Delta h = -0.02\text{m}$ T=34s	$\Delta h = -0.03\text{m}$ T=120s	$\Delta h = -0.01\text{m}$ T=120s	$\Delta h = +0.08\text{m}$ T=120s	$\Delta h = -0.07\text{m}$ T=120s	$\Delta h = +0.08\text{m}$ T=37s
3号炉取水口 最大水位上昇量	+6.61m	$\Delta h = -0.03\text{m}$ T=120s	$\Delta h = -0.04\text{m}$ T=120s	$\Delta h = +0.16\text{m}$ T=120s	$\Delta h = -0.01\text{m}$ T=115s	$\Delta h = -0.03\text{m}$ T=69s	$\Delta h = -0.04\text{m}$ T=0s	$\Delta h = -0.02\text{m}$ T=0s	$\Delta h = +0.07\text{m}$ T=120s	$\Delta h = +0.09\text{m}$ T=120s	$\Delta h = +0.08\text{m}$ T=57s
3号炉取水口 最大水位下降量	-7.50m	$\Delta h = -0.13\text{m}$ T=0s	$\Delta h = -0.16\text{m}^*$ T=15s	$\Delta h = -0.16\text{m}^*$ T=106s	$\Delta h = -0.06\text{m}$ T=120s	$\Delta h = -0.02\text{m}$ T=120s	$\Delta h = -0.02\text{m}$ T=0s	$\Delta h = -0.04\text{m}$ T=0s	$\Delta h = \pm 0.00\text{m}$ T=0s	$\Delta h = +0.11\text{m}$ T=0s	$\Delta h = -0.10\text{m}$ T=70s
1号及び2号炉取水口 最大水位上昇量	+6.82m	$\Delta h = -0.01\text{m}$ T=120s	$\Delta h = -0.03\text{m}$ T=120s	$\Delta h = +0.14\text{m}$ T=120s	$\Delta h = 0.00\text{m}$ T=64s	$\Delta h = -0.02\text{m}$ T=42s	$\Delta h = -0.03\text{m}$ T=120s	$\Delta h = -0.01\text{m}$ T=120s	$\Delta h = +0.09\text{m}$ T=120s	$\Delta h = -0.07\text{m}$ T=120s	$\Delta h = +0.08\text{m}$ T=39s
1号及び2号炉取水口 最大水位下降量	-7.18m	$\Delta h = -0.05\text{m}$ T=0s	$\Delta h = -0.11\text{m}$ T=0s	$\Delta h = -0.14\text{m}$ T=64s	$\Delta h = -0.09\text{m}$ T=120s	$\Delta h = -0.07\text{m}$ T=120s	$\Delta h = +0.08\text{m}$ T=0s	$\Delta h = +0.03\text{m}$ T=0s	$\Delta h = \pm 0.00\text{m}$ T=0s	$\Delta h = +0.05\text{m}$ T=120s	$\Delta h = -0.09\text{m}$ T=23s

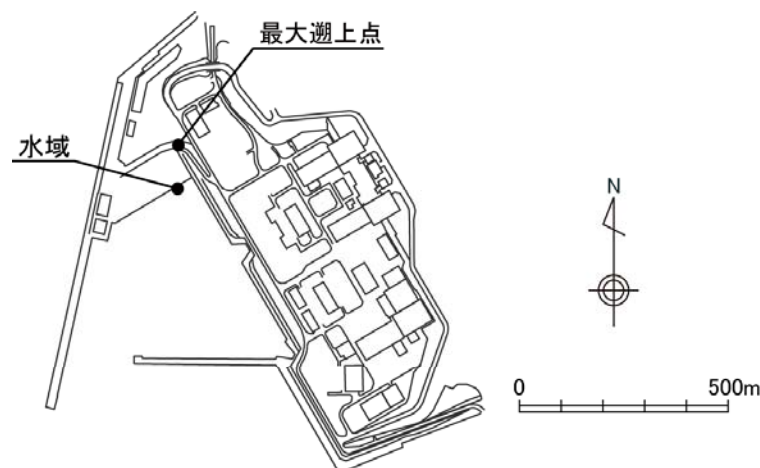
※有効数字3桁で大きい方を採用



- 組合せを検討した結果、表中のハッチングケースによる水位が最大となり、いずれの追加検討ケースにおいても、既検討結果を上回らないことを確認したことから、**日本海東縁部単独**を基準津波とする。

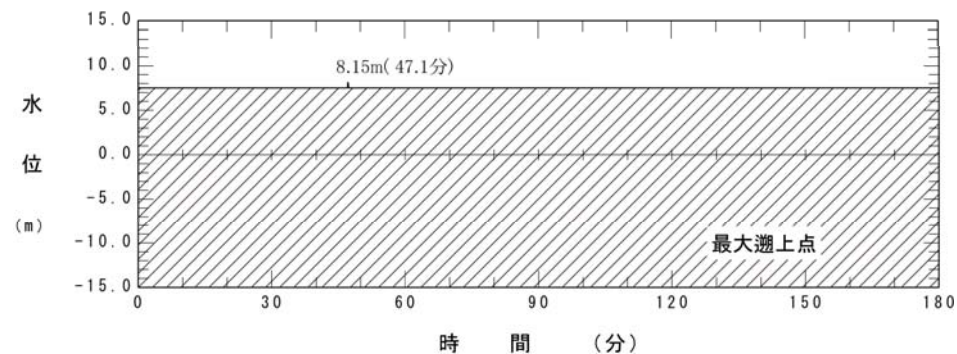
5. 基準津波の策定

評価点における時刻歴波形 (最大遡上点) (渡島大島・現地形)

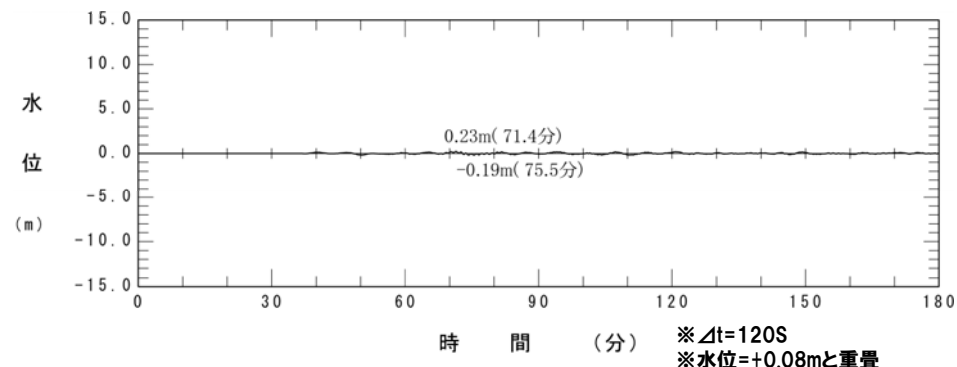


※最大遡上点は、火山による山体崩壊に伴う津波が遡上しないため、最大遡上点付近の水域の波形と重量の検討を実施。

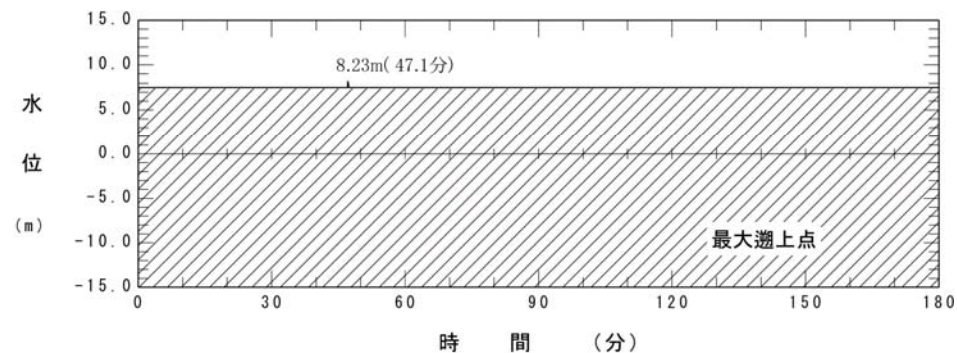
日本海東縁部



渡島大島(現地形)



重ね合わせ後

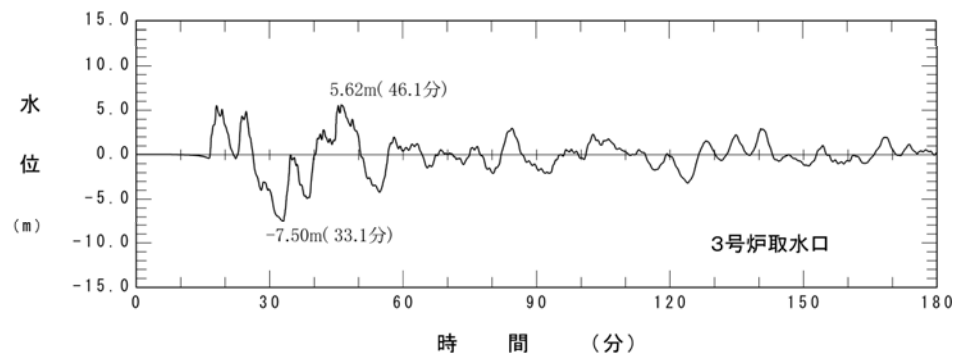
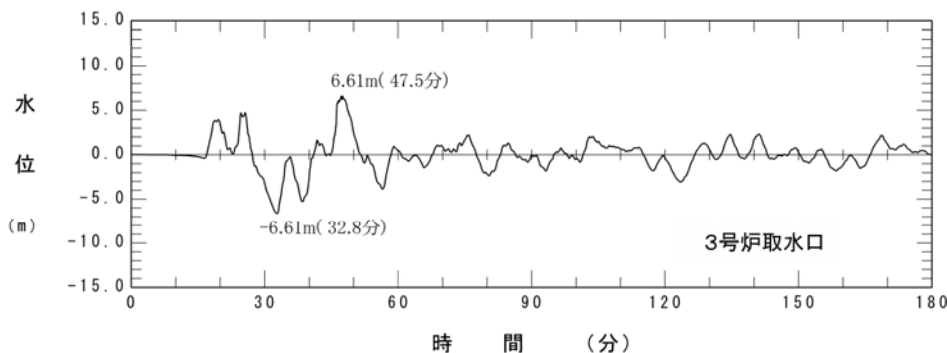


時刻歴波形 (最大遡上点)

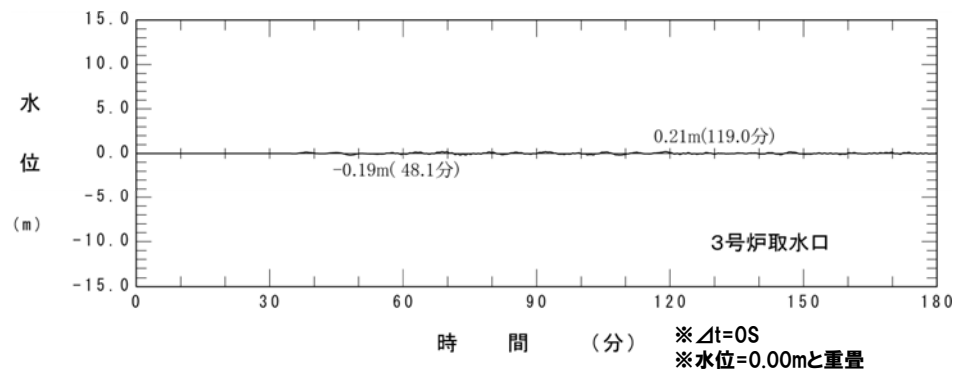
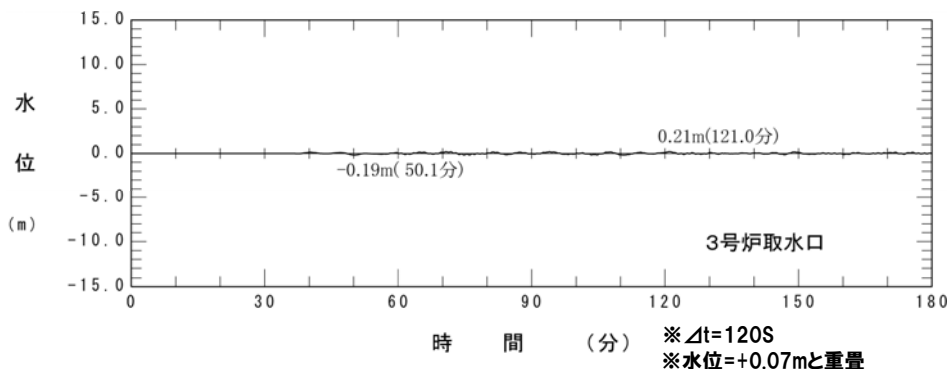
5. 基準津波の策定

評価点における時刻歴波形 (3号炉) (渡島大島・現地形)

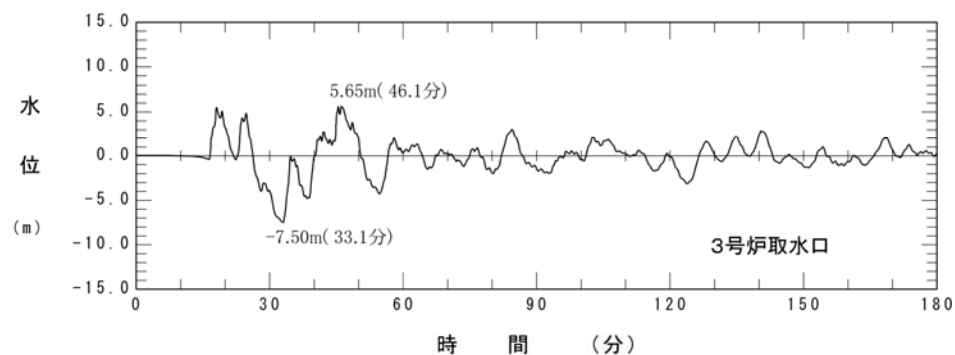
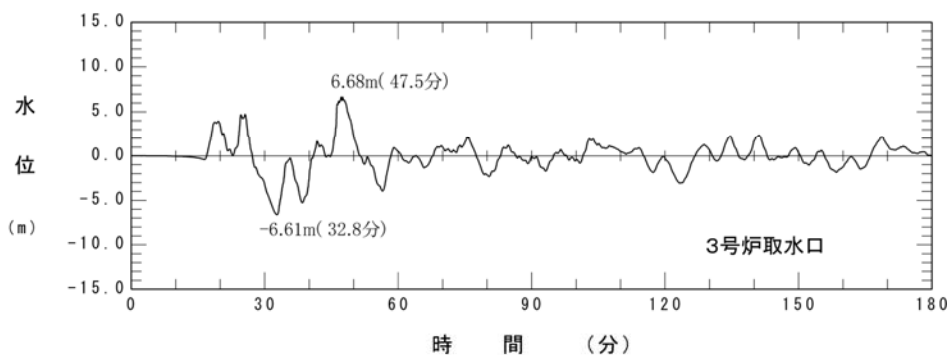
日本海東縁部



渡島大島 (現地形)



重ね合わせ後



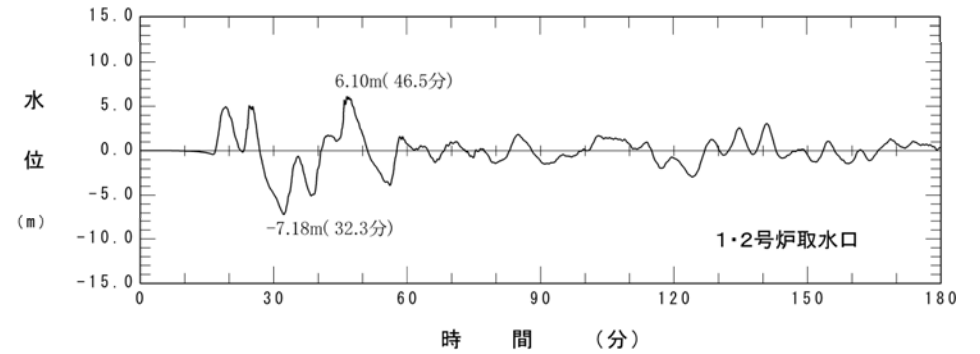
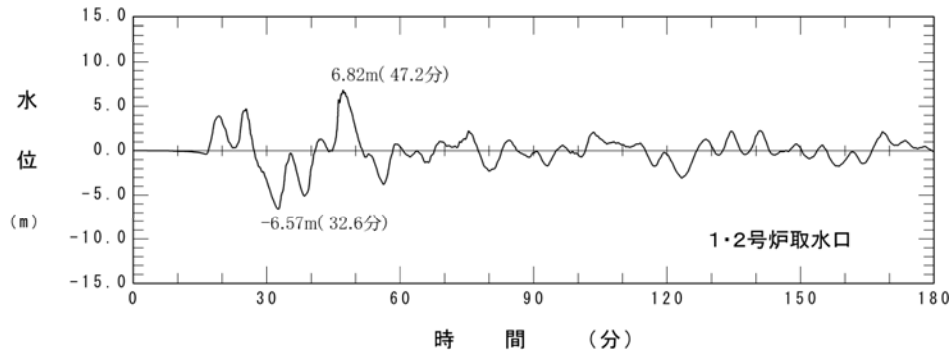
時刻歴波形 (上昇側最大)

時刻歴波形 (下降側最大)

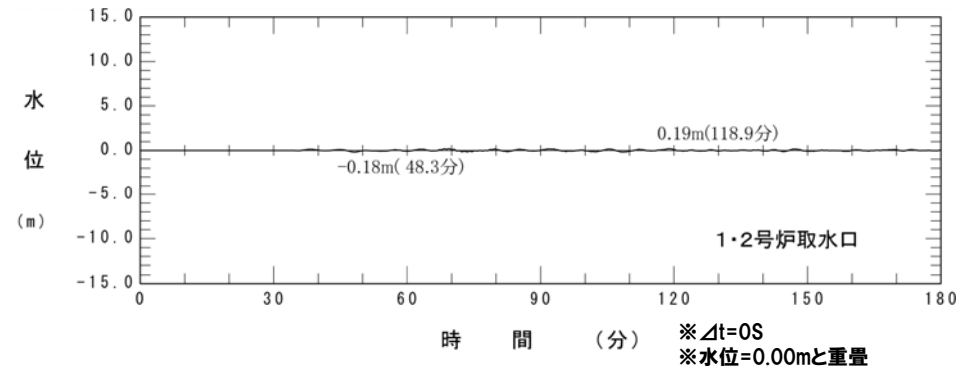
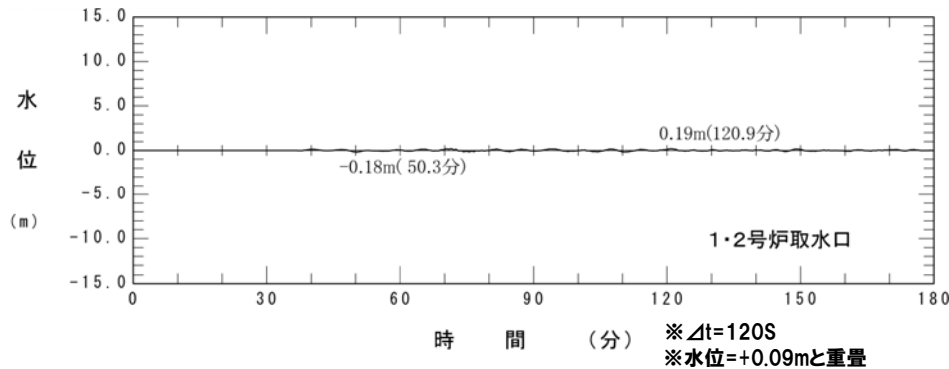
5. 基準津波の策定

評価点における時刻歴波形 (1, 2号炉) (渡島大島・現地形)

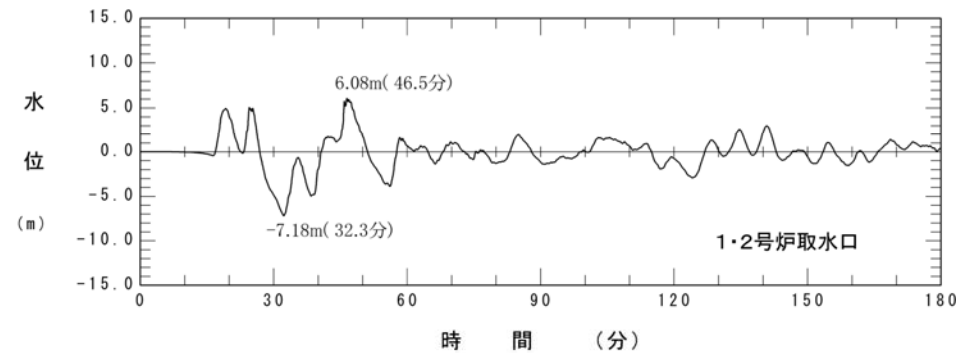
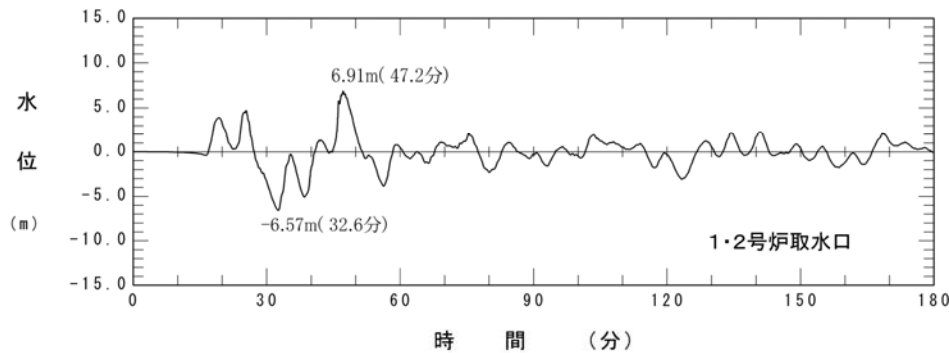
日本海東縁部



渡島大島(現地形)



重ね合わせ後

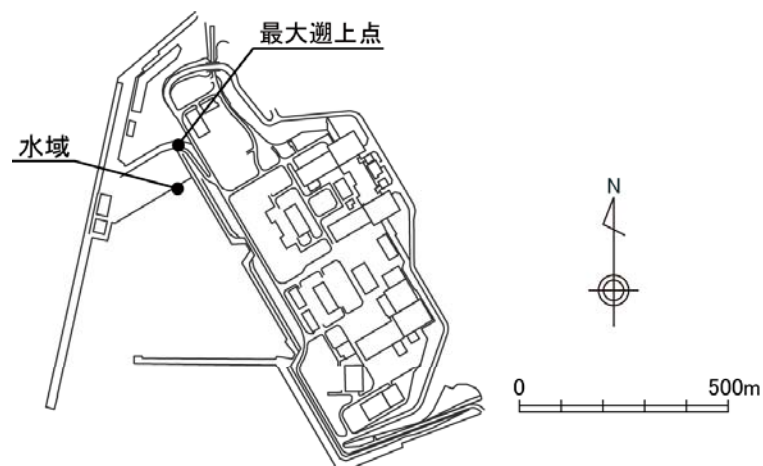


時刻歴波形(上昇側最大)

時刻歴波形(下降側最大)

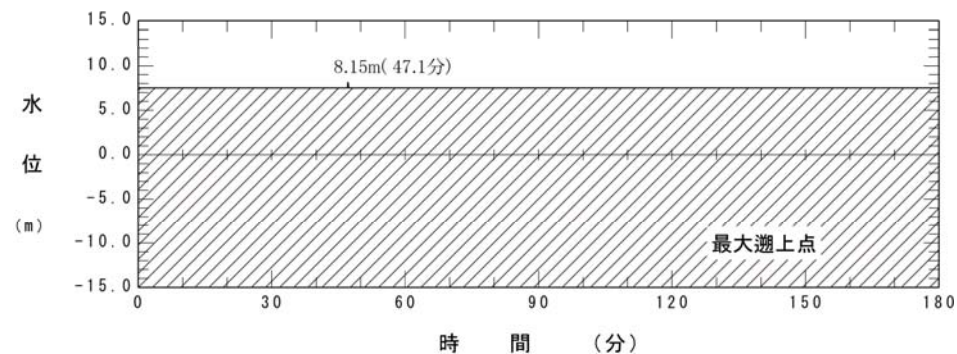
5. 基準津波の策定

評価点における時刻歴波形(最大遡上点)(川白不安定ブロック一括)

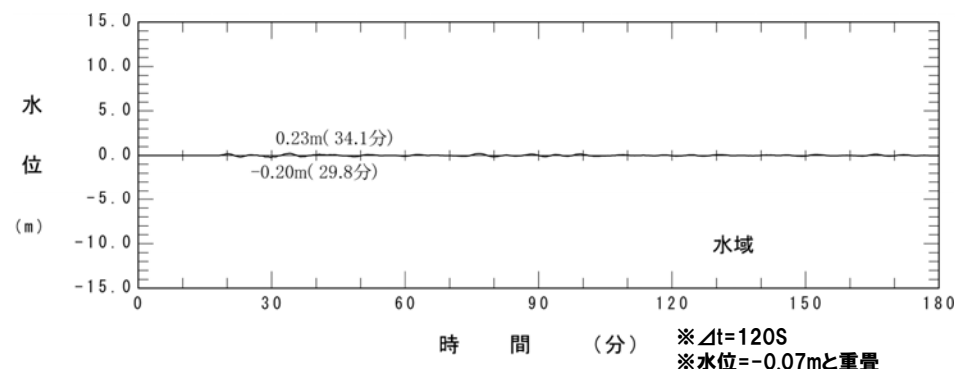


※最大遡上点は、陸上地すべりに伴う津波が遡上しないため、最大遡上点付近の水域の波形と重量の検討を実施。

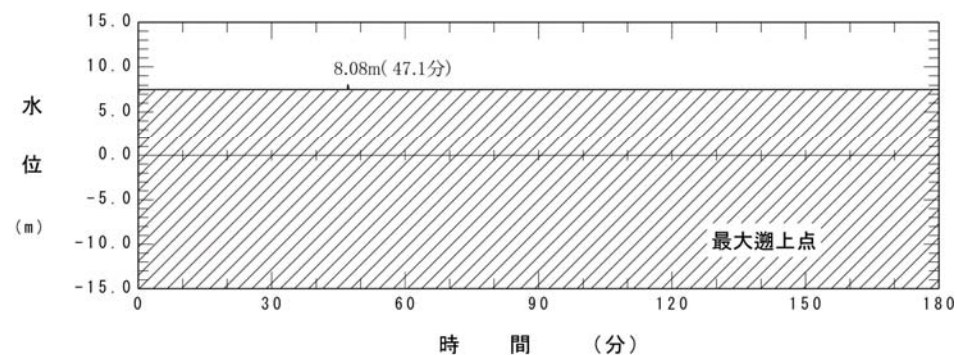
日本海東縁部



川白(不安定ブロック一括)



重ね合わせ後

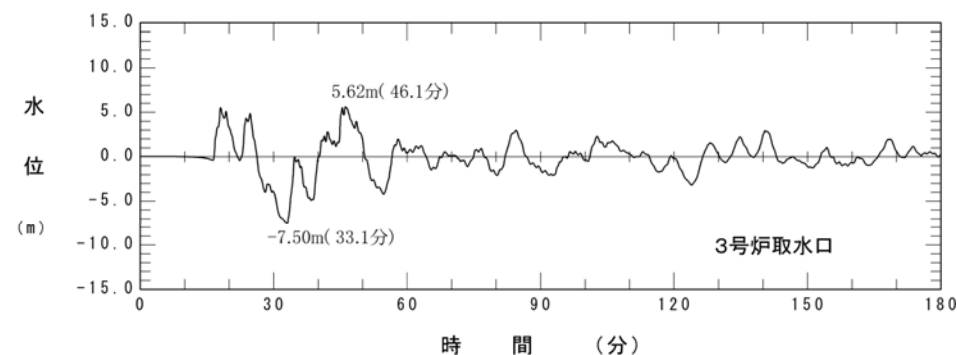
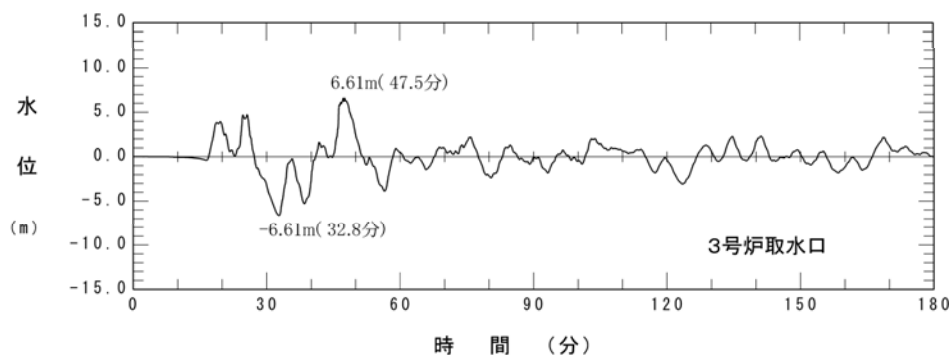


時刻歴波形(最大遡上点)

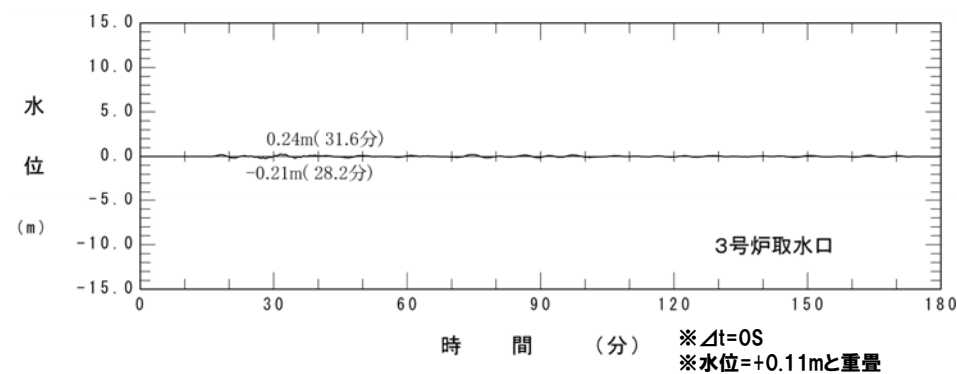
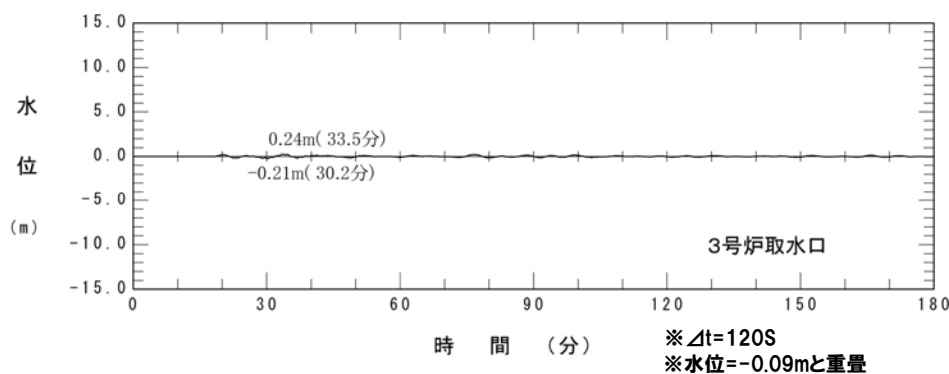
5. 基準津波の策定

評価点における時刻歴波形(3号炉)(川白不安定ブロック一括)

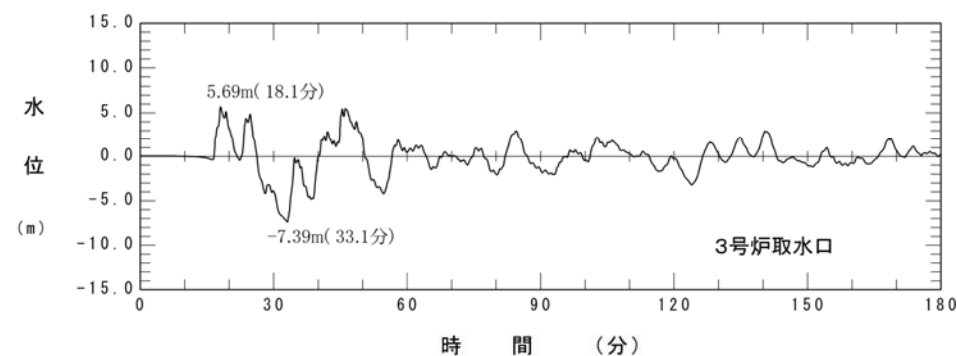
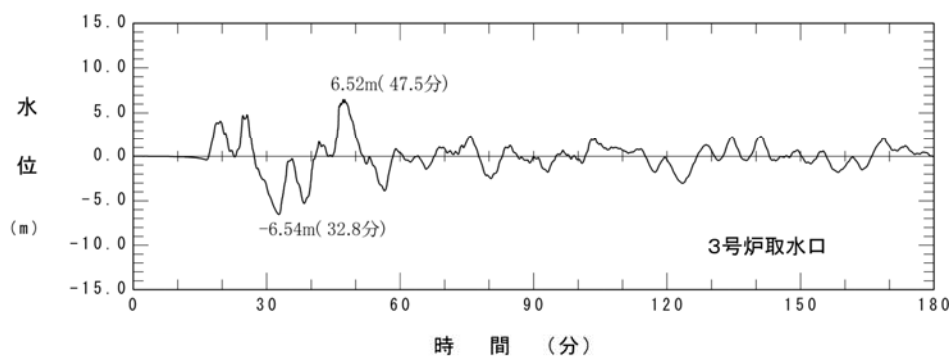
日本海東縁部



川白(不安定ブロック一括)



重ね合わせ後



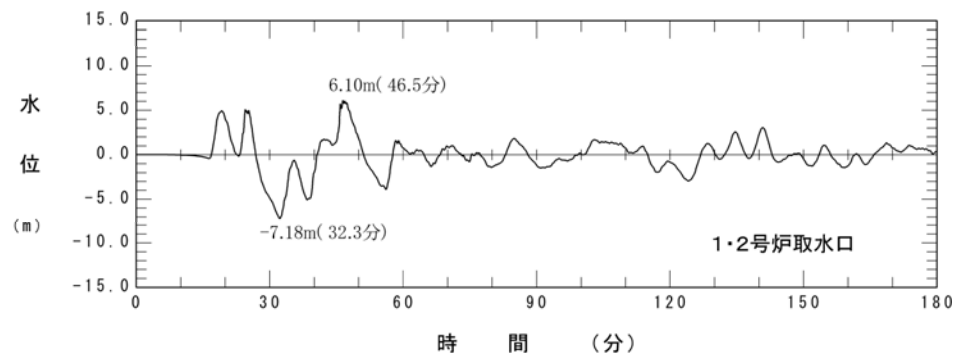
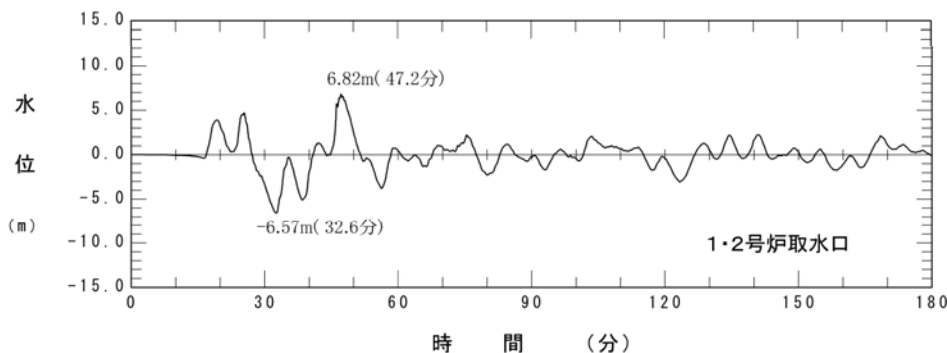
時刻歴波形(上昇側最大)

時刻歴波形(下降側最大)

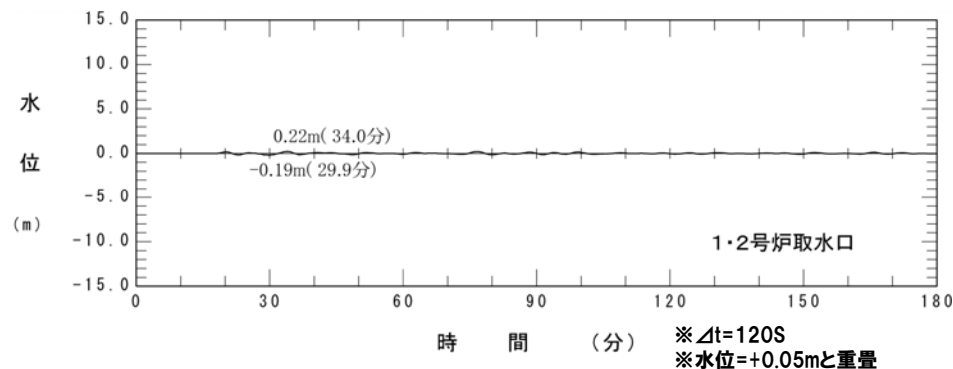
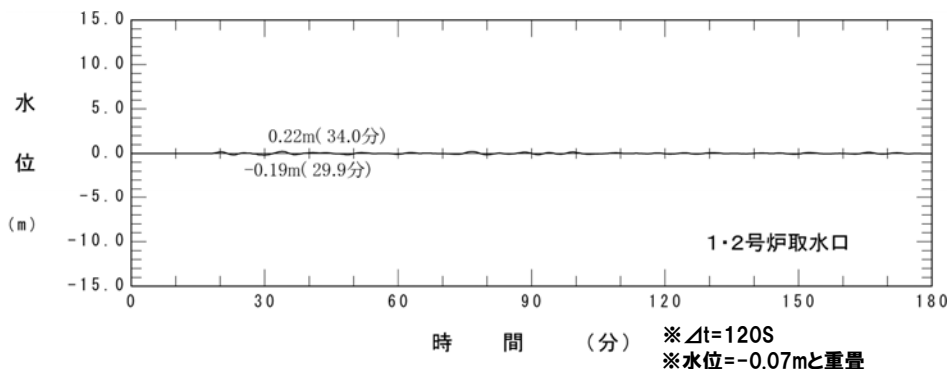
5. 基準津波の策定

評価点における時刻歴波形 (1, 2号炉) (川白不安定ブロック一括)

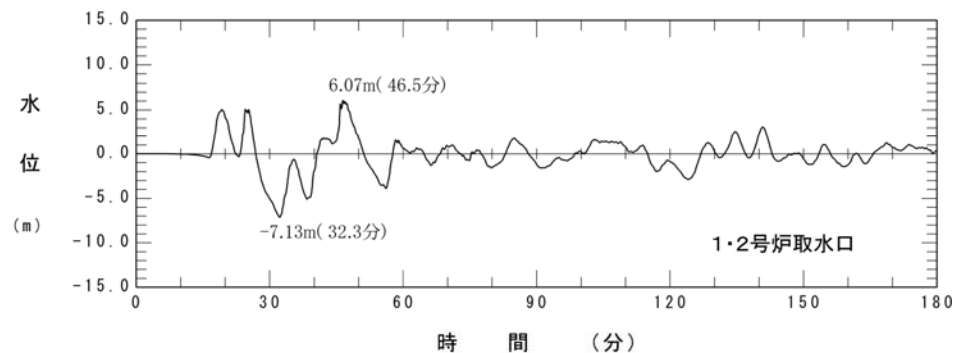
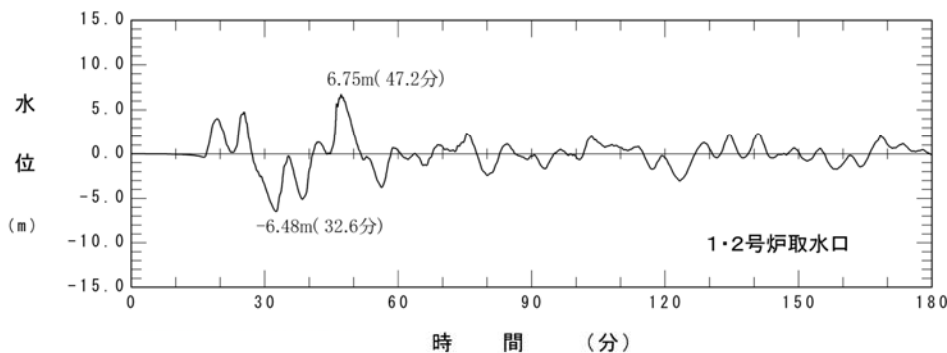
日本海東縁部



川白(不安定ブロック一括)



重ね合わせ後

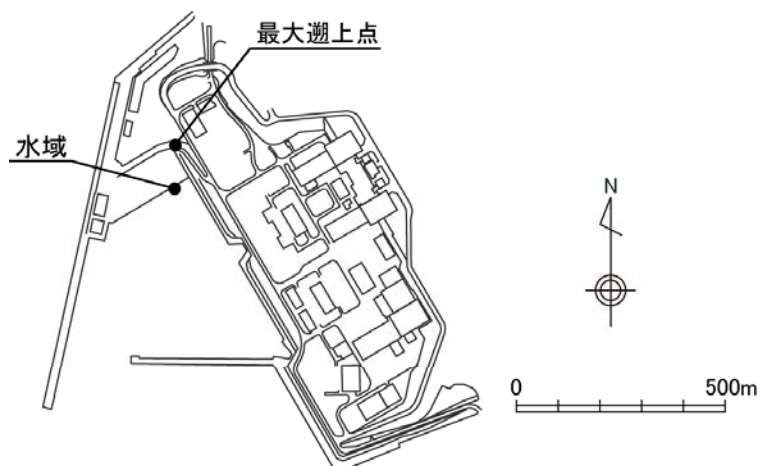


時刻歴波形 (上昇側最大)

時刻歴波形 (下降側最大)

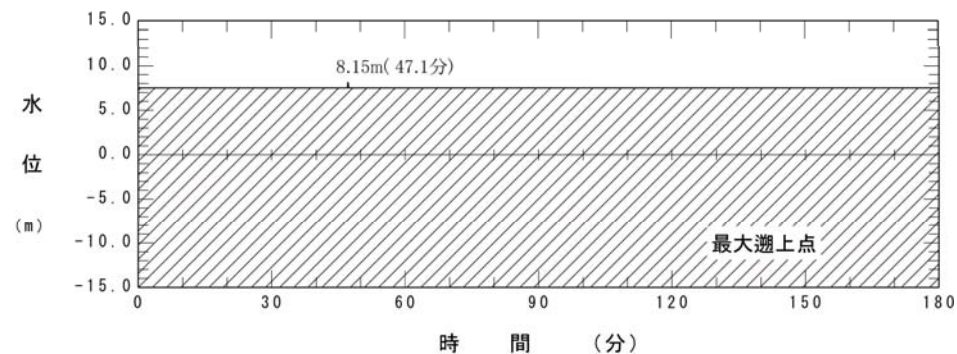
5. 基準津波の策定

評価点における時刻歴波形 (最大遡上点) (弁慶岩不安定ブロック一括)

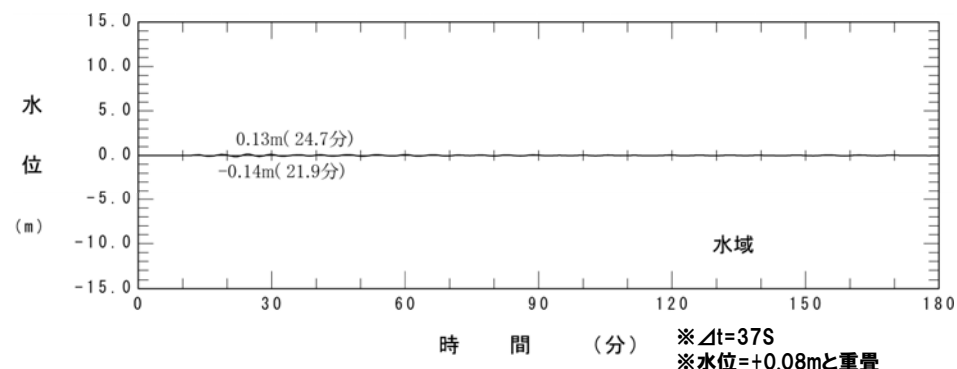


※最大遡上点は、陸上地すべりに伴う津波が遡上しないため、最大遡上点付近の水域の波形と重量の検討を実施。

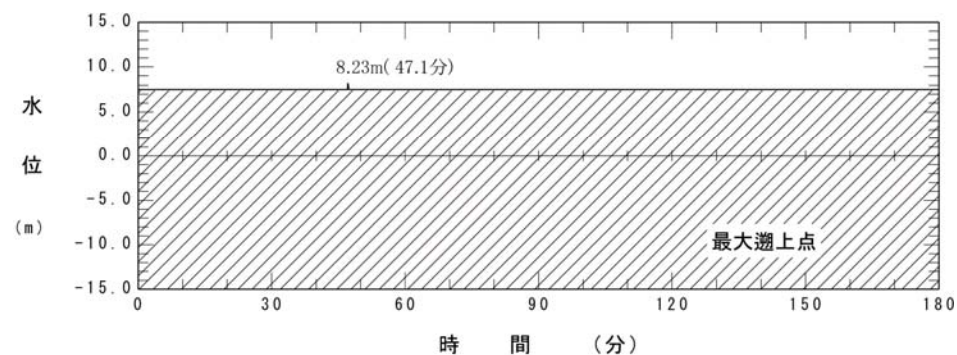
日本海東縁部



弁慶岩(不安定ブロック一括)



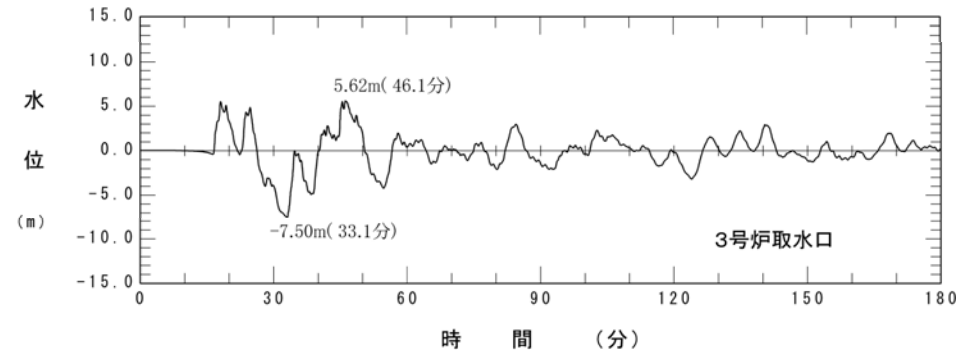
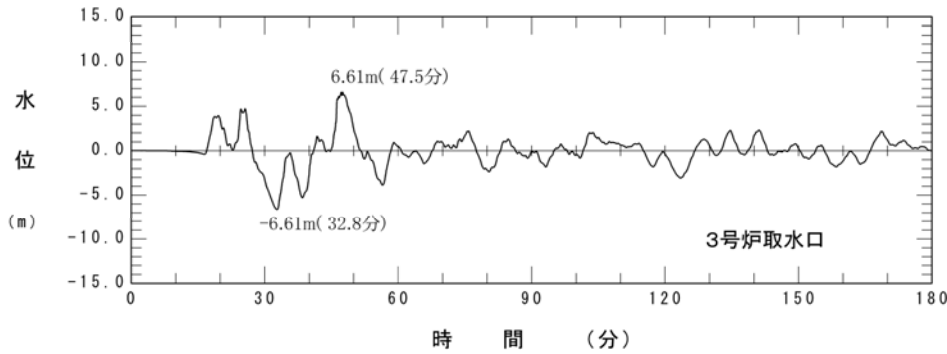
重ね合わせ後



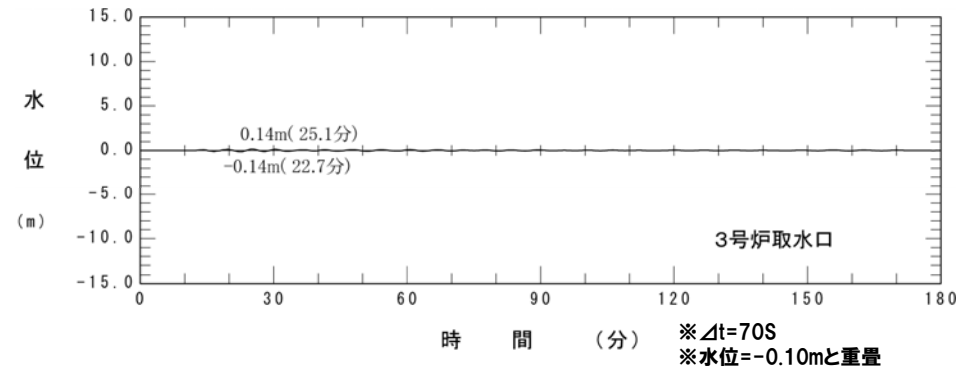
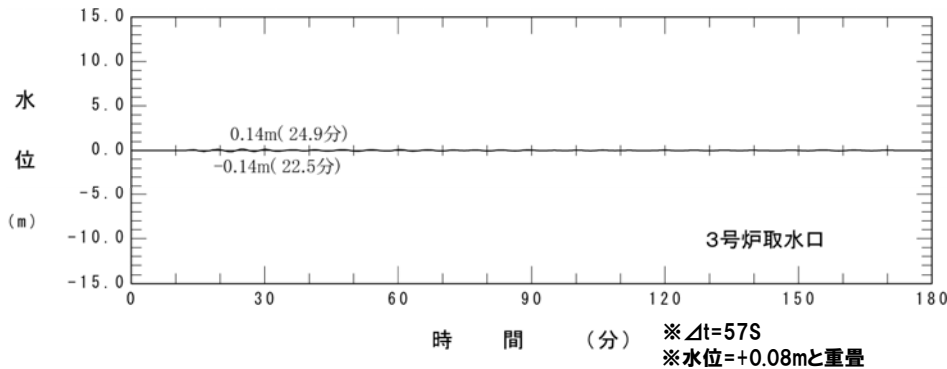
時刻歴波形 (最大遡上点)

評価点における時刻歴波形 (3号炉) (弁慶岩不安定ブロック一括)

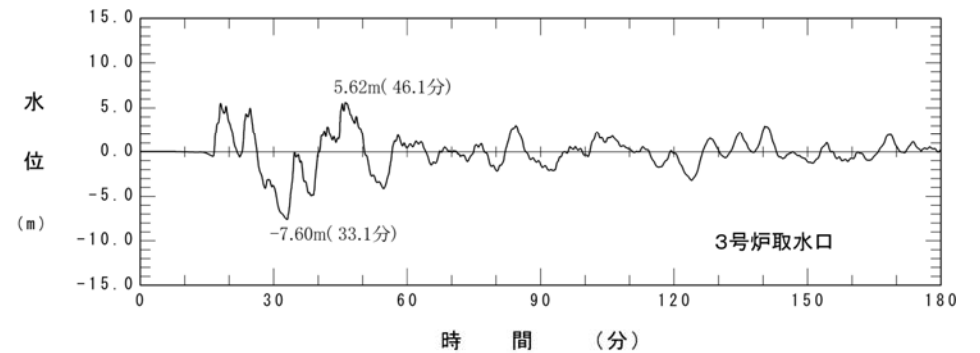
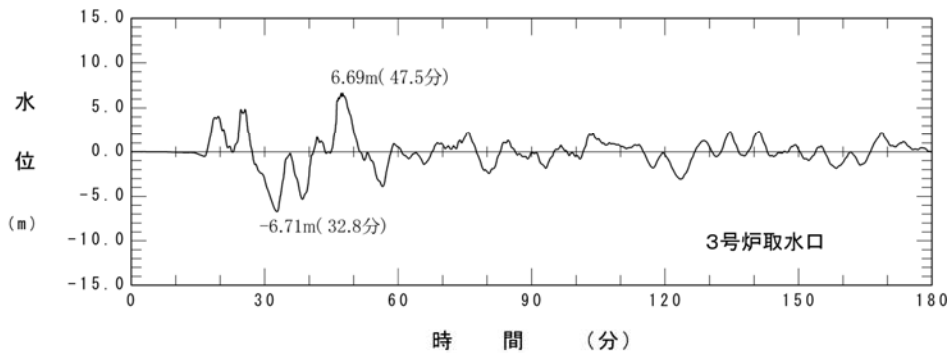
日本海東縁部



弁慶岩(不安定ブロック一括)



重ね合わせ後



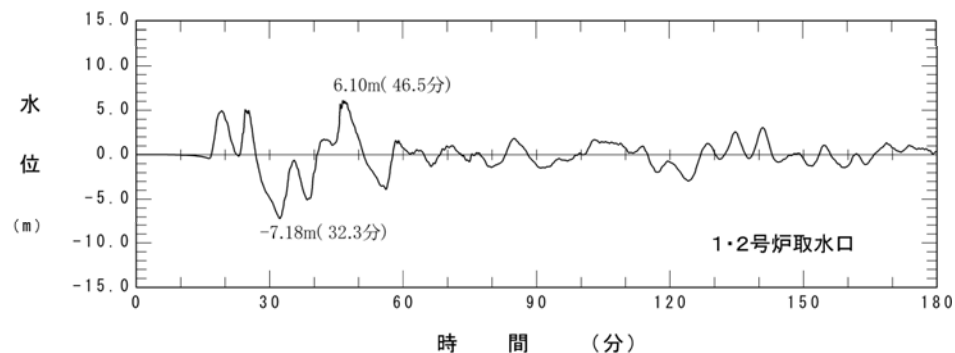
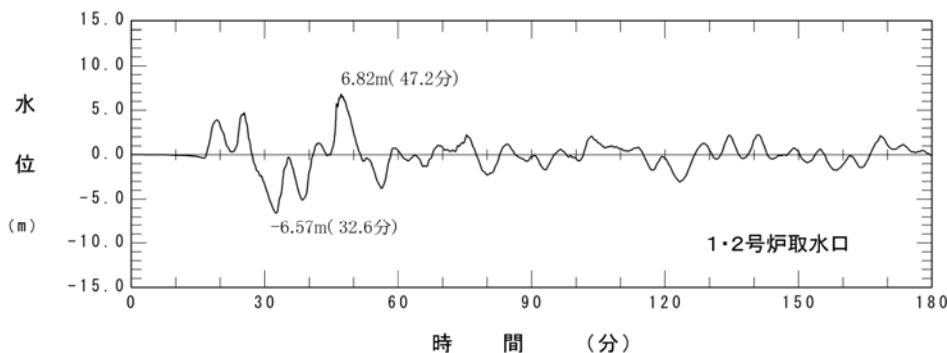
時刻歴波形 (上昇側最大)

時刻歴波形 (下降側最大)

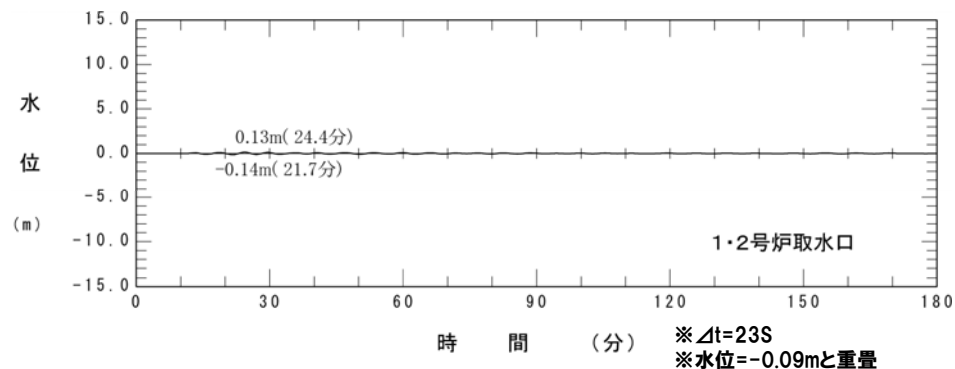
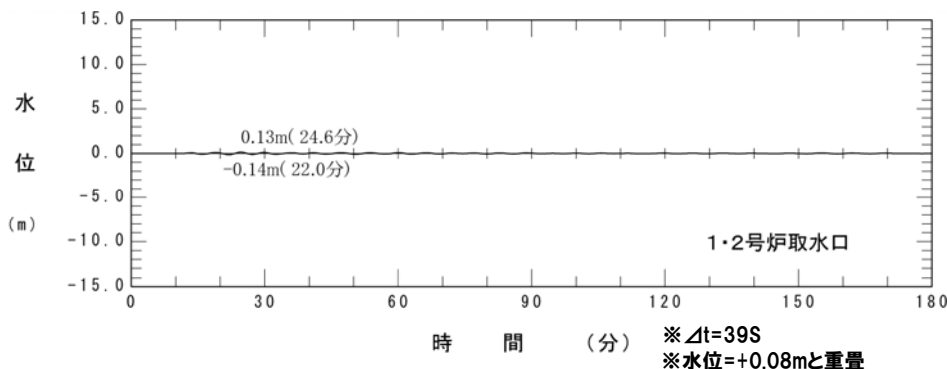
5. 基準津波の策定

評価点における時刻歴波形 (1, 2号炉) (弁慶岩不安定ブロック一括)

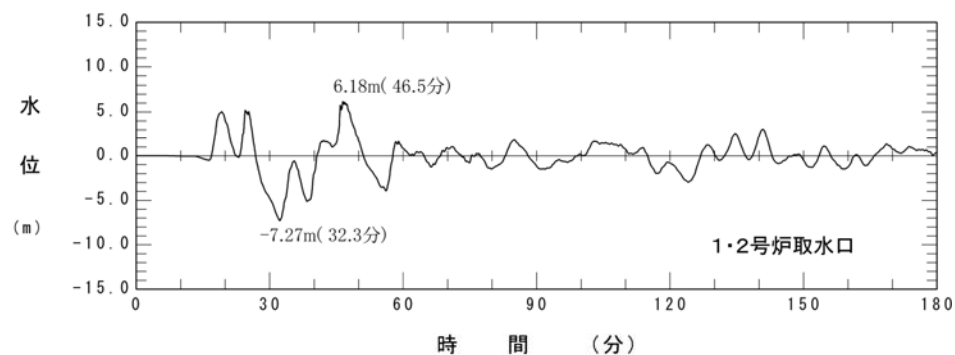
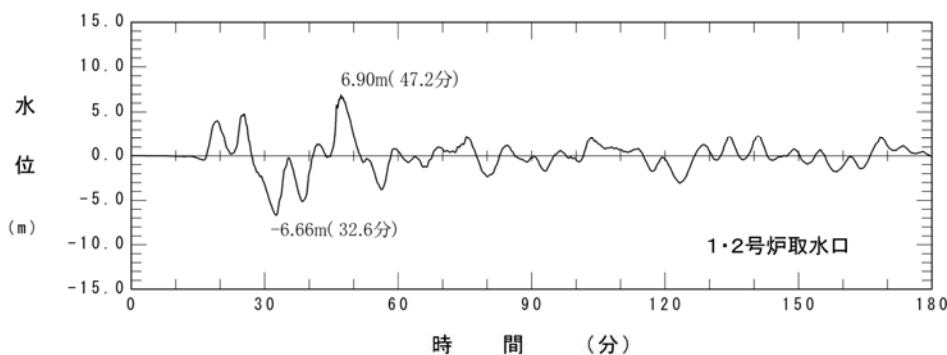
日本海東縁部



弁慶岩(不安定ブロック一括)



重ね合わせ後



時刻歴波形 (上昇側最大)

時刻歴波形 (下降側最大)

6. 津波に対する安全性

1. 地震以外の津波	4
2. 火山による山体崩壊に伴う津波	6
2-1 島原眉山崩壊による津波の考察	8
2-2 検討対象の抽出(海域火山)	11
2-3 検討対象の抽出(陸域火山)	14
2-4 津波影響評価	44
3. 陸上の斜面崩壊(陸上地すべり)に伴う津波	67
3-1 リツヤ湾津波に関する考察	71
3-2 川白に関する検討結果	81
3-3 兜岩に関する検討結果	138
3-4 堀株に関する検討結果	159
3-5 二つ岩に関する検討結果	163
3-6 弁慶岩に関する検討結果	170
3-7 津波影響評価	183
4. 陸上の斜面崩壊(岩盤崩壊)に伴う津波	215
4-1 岩盤崩壊に関する検討	217
4-2 津波影響評価	268
5. 基準津波の策定	296
6. 津波に対する安全性	312
6-1 砂移動評価について	314
6-2 取水路の水位変動について	320
6-3 貯留堰の容量について	334
6-4 考慮する潮位について	340
7. 津波堆積物調査結果	343
参考資料	353
参考文献	369

6. 津波に対する安全性

検討方針

- 津波に対する安全性の検討として、以下について追加検討及び整理を行った。
- ①砂移動評価における、取水ピットポンプ室での砂の堆積量及び濃度の検討。
 - ②取水路の水位変動評価における、地震以外の津波との重畳の影響の検討。
 - ③貯留堰の容量に対する、海水ポンプの運転可能時間の整理。
 - ④水位評価において考慮する、潮位についての整理。

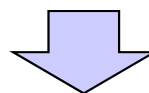
1. 地震以外の津波	4
2. 火山による山体崩壊に伴う津波	6
2-1 島原眉山崩壊による津波の考察	8
2-2 検討対象の抽出(海域火山)	11
2-3 検討対象の抽出(陸域火山)	14
2-4 津波影響評価	44
3. 陸上の斜面崩壊(陸上地すべり)に伴う津波	67
3-1 リツヤ湾津波に関する考察	71
3-2 川白に関する検討結果	81
3-3 兜岩に関する検討結果	138
3-4 堀株に関する検討結果	159
3-5 二つ岩に関する検討結果	163
3-6 弁慶岩に関する検討結果	170
3-7 津波影響評価	183
4. 陸上の斜面崩壊(岩盤崩壊)に伴う津波	215
4-1 岩盤崩壊に関する検討	217
4-2 津波影響評価	268
5. 基準津波の策定	296
6. 津波に対する安全性	312
6-1 砂移動評価について	314
6-2 取水路の水位変動について	320
6-3 貯留堰の容量について	334
6-4 考慮する潮位について	340
7. 津波堆積物調査結果	343
参考資料	353
参考文献	369

検討方針

【既検討について】

- 基準津波①～③を対象に津波に伴う砂移動評価として、3号炉及び1, 2号炉取水口位置における砂の堆積量を算出した。
- 取水口位置における砂の堆積量は最大で10cm程度であり、取水に支障は生じないことを確認した。

	モデル	上限濃度	水深変化量 (m)	
			3号炉取水口	1, 2号炉取水口
基準津波①	藤井ほか(1998)	1%	0.00	0.00
		5%	0.00	0.00
	高橋ほか(1999)	1%	0.01	0.01
		5%	0.02	0.02
基準津波②	藤井ほか(1998)	1%	0.00	0.00
		5%	0.00	0.00
	高橋ほか(1999)	1%	0.01	0.01
		5%	0.02	0.03
基準津波③	藤井ほか(1998)	1%	0.00	0.00
		5%	0.00	0.00
	高橋ほか(1999)	1%	0.02	0.04
		5%	0.07	0.10



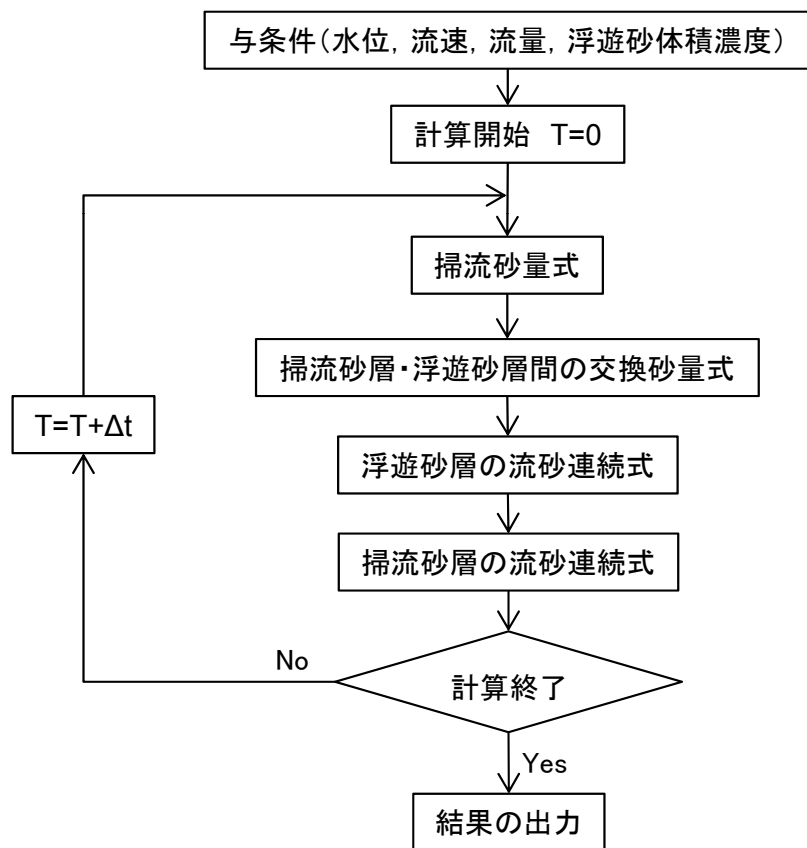
【追加検討について】

- 3号炉及び1, 2号炉取水設備を別途一次元でモデル化し、原子炉補機冷却海水ポンプ位置での砂の浮遊砂体積濃度及び堆積量を算出する。
- 平面二次元モデルによる砂移動の数値シミュレーション結果より、水深変化量が最も大きくなる基準津波③、高橋ほか(1999)の手法による結果を用いる。

数値シミュレーションの手法

○水路内の砂移動評価については、高橋ほか(1999)による手法に基づき数値シミュレーションを実施する。

砂移動の数値シミュレーションフロー



	基礎方程式
水深変化量の連続式	$\frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda} \left(\frac{\partial q_b}{\partial x} + \frac{E-S}{\sigma} \right) = 0$
浮遊砂体積濃度連続式	$\frac{\partial(C_s D)}{\partial t} + \frac{\partial(M C_s)}{\partial x} - \frac{E-S}{\sigma} = 0$
掃流砂量の式	$q_b = 21\tau_*^{1.5} \sqrt{sgd^3}$
巻き上げ量の式	高橋ほか(1999)の実験式 $E = 0.012\tau_*^2 \sqrt{sgd} \cdot \sigma$
沈降量の算定式	$S = w C_s \cdot \sigma$
摩擦速度の算定式	マンシング則より算出 $u_* = U \sqrt{gn^2 / R^{1/3}}$

Z : 水深変化量 (m)

t : 時間 (s)

λ : 空隙率

x : 平面座標

ρ : 砂の密度 (kg/m³)

C_s : 浮遊砂体積濃度 (kg/m³)

D : 全水深 (m)

M : $U \times D$ (m²/s)

U : 流速 (m/s)

τ_* : シールズ数

s : $= \sigma / \rho - 1$

ρ : 海水の密度 (kg/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

d : 砂の粒径 (m)

w : 土粒子の沈降速度 (m/s)

n : マンシングの粗度係数 (s/m^{1/3})

R : 径深 (m)

6-1 砂移動評価について

計算条件

項目		設定値	備考
砂移動モデル		高橋ほか(1999)によるモデル	
計算時間間隔		0.025秒	
粗度係数		$0.014\text{m}^{-1/3}\cdot\text{s}$	管路解析と同値
貝の付着代		0.00m	管路解析と同値
取水槽側境界条件 (ポンプ取水量)		3号炉 : $1.0\text{m}^3/\text{s}$ (水路一連あたり) 1, 2号炉 : $1.0\text{m}^3/\text{s}$ (水路一連あたり)	管路解析と同値
計算潮位		水位上昇側 : 朔望平均満潮位 T.P.+0.26m 水位下降側 : 朔望平均干潮位 T.P.-0.14m	管路解析と同値
計算対象現象時間		地震発生後3時間	
砂	粒径	0.154mm	平面二次元モデルによる 砂移動の数値シミュレーション結果と同値
	密度	$2,744\text{ kg/m}^3$	平面二次元モデルによる 砂移動の数値シミュレーション結果と同値
	空隙率	0.4	平面二次元モデルによる 砂移動の数値シミュレーション結果と同値
海水密度		$1,030\text{ kg/m}^3$	平面二次元モデルによる 砂移動の数値シミュレーション結果と同値
上限浮遊砂体積濃度		1% 5%	平面二次元モデルによる 砂移動の数値シミュレーション結果と同値

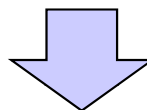
6-1 砂移動評価について

砂の堆積に対する施設の評価（原子炉補機冷却海水設備）

○3号炉及び1, 2号炉の原子炉補機冷却海水ポンプ位置における堆積量はともに1cm程度である。

ケース	上限濃度	津波波形	3号炉		1, 2号炉	
			最大浮遊砂 体積濃度	最大堆積量	最大浮遊砂 体積濃度	最大堆積量
水位 上昇側	1%	基準津波③	0.01%	0.00m	0.01%	0.01m
	5%	基準津波③	0.01%	0.01m	0.02%	0.01m
水位 下降側	1%	基準津波③	0.01%	0.01m	0.01%	0.01m
	5%	基準津波③	0.01%	0.01m	0.02%	0.01m

※浮遊砂体積濃度及び堆積量は、小数点第3位を切り上げた値。



○砂の移動により原子炉補機冷却海水設備の取水に支障が生じることはない。

1. 地震以外の津波	4
2. 火山による山体崩壊に伴う津波	6
2-1 島原眉山崩壊による津波の考察	8
2-2 検討対象の抽出(海域火山)	11
2-3 検討対象の抽出(陸域火山)	14
2-4 津波影響評価	44
3. 陸上の斜面崩壊(陸上地すべり)に伴う津波	67
3-1 リツヤ湾津波に関する考察	71
3-2 川白に関する検討結果	81
3-3 兜岩に関する検討結果	138
3-4 堀株に関する検討結果	159
3-5 二つ岩に関する検討結果	163
3-6 弁慶岩に関する検討結果	170
3-7 津波影響評価	183
4. 陸上の斜面崩壊(岩盤崩壊)に伴う津波	215
4-1 岩盤崩壊に関する検討	217
4-2 津波影響評価	268
5. 基準津波の策定	296
6. 津波に対する安全性	312
6-1 砂移動評価について	314
6-2 取水路の水位変動について	320
6-3 貯留堰の容量について	334
6-4 考慮する潮位について	340
7. 津波堆積物調査結果	343
参考資料	353
参考文献	369

検討方針

【既検討について】

- 基準津波に伴う取水路の水位変動について、仮想スロットモデルを使用した管路解析を実施した。
- 3号炉及び1, 2号炉取水路からの津波の流入を検討した結果、敷地への流入はない。
- 3号炉及び1, 2号炉取水設備の原子炉補機冷却海水ポンプの取水性への影響を検討した結果、原子炉補機冷却海水ポンプの取水性に影響はない。

波源 評価点	日本海東縁部	同時発生モデル	
		日本海東縁部 + 海底地すべりB	日本海東縁部 + 海底地すべりE
敷地前面 最大水位上昇量	+8.15m	-	+8.09m*
3号炉取水口 最大水位上昇量	+6.61m	-	+6.61m*
3号炉取水口 最大水位下降量	-7.50m	-7.50m*	-
1号及び2号炉取水口 最大水位上昇量	+6.82m	-	+6.81m*
1号及び2号炉取水口 最大水位下降量	-7.18m	-	-7.16m*

※同時計算による計算値(最大値)

追加検討ケース

【追加検討について】

- 地震以外の津波との重畳の影響についての検討として、組み合わせが最大となる、同時発生モデルの時間差を変化させた数値シミュレーションを実施したケースについて、管路解析を実施する。

計算条件

○取水路の水位変動について、仮想スロットモデルを使用した管路解析を実施する。

項目	設定値
計算領域	取水口～取水路～取水ピットスクリーン室～取水ピットポンプ室
計算時間間隔	0.0002秒
基礎方程式	連続式及び運動方程式
取水槽側境界条件 (ポンプ取水量)	原子炉補機冷却海水ポンプの取水流量 3号炉 : 1.0m ³ /s (水路一連あたり) 1, 2号炉 : 1.0m ³ /s (水路一連あたり)
取水路の損失係数	貝の付着代 粗度係数 0.0m 0.014m ^{-1/3} ・s
局所損失係数	水理公式集 土木学会 (1999), 水力発電演習 千秋信一 (1967) 火力・原子力発電所土木構造物の設計 (増補改訂版) 電力土木技術協会 (1995) による
潮位条件	水位上昇側 : 朔望平均満潮位 T.P.+0.26m 水位下降側 : 朔望平均干潮位 T.P.-0.14m
計算時間	地震発生後3時間

連続式

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = -\Delta q$$

運動方程式

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p}{\rho} + \frac{Q^2}{A} \right) = gA(i - i_f - i_s)$$

ここに, A : 流積 Q : 流量 Δq : 単位長さ当たりの溢水量 p : 圧力 ρ : 密度 g : 重力加速度 i : 底面勾配 i_f : 摩擦勾配 i_s : 形状損失勾配

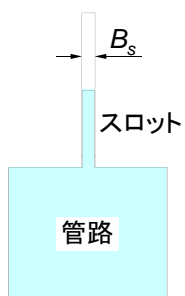
$$p = B \frac{\rho g h^2}{2}$$

$$i_f = \frac{n^2 Q |Q|}{A^2 R^{4/3}}$$

$$i_s = f_s \frac{Q |Q|}{2gA^2}$$

ここに, h : 水深 n : マニングの粗度係数 R : 径深 B : 水路幅 f_s : 単位水路長あたりの形状損失

仮想スロットモデル



$$B_s = \frac{gA}{c^2}$$

 B_s : スロット幅 c : 圧力波の伝播速度

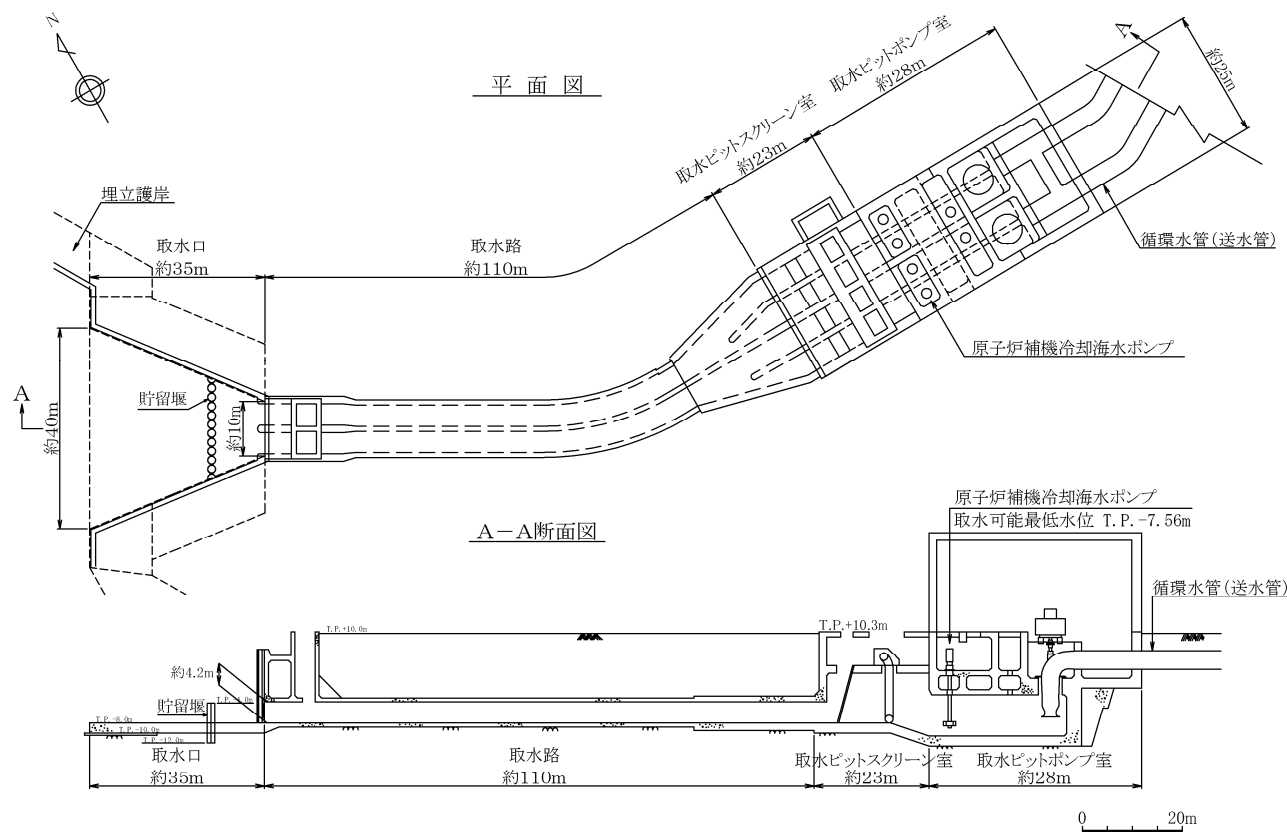
6-2 取水路の水位変動について

検討結果 (3号炉取水路-水位上昇側) (1/3)

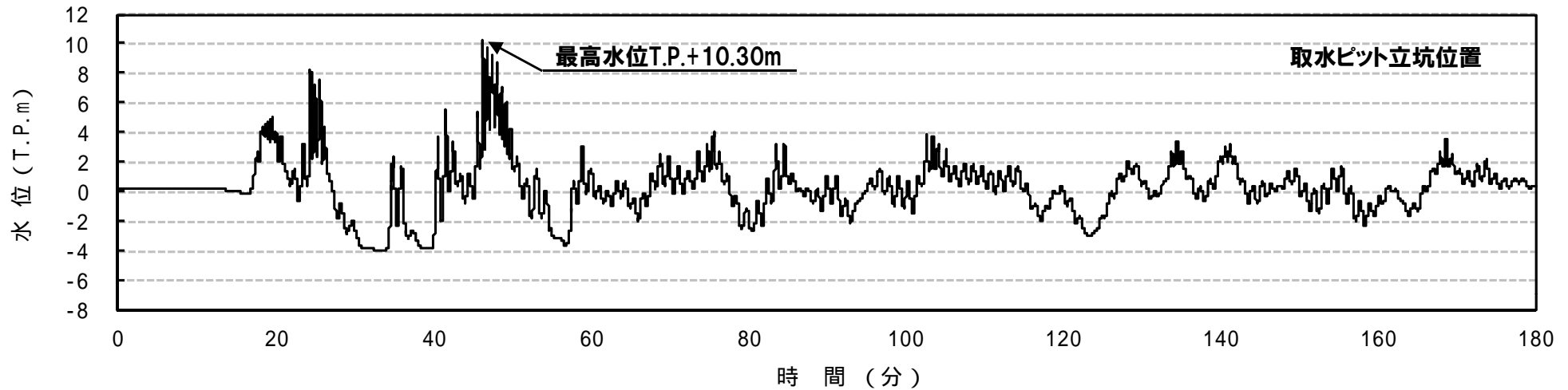
○3号炉取水ピット立坑位置での水位変動を検討した結果、最高水位は取水ピット立坑天端高さのT.P.+10.30mに達する結果となり、日本海東縁部単独とほぼ同等の値となった。

津波波形	最高水位
日本海東縁部 単独	T.P.+10.30m
同時発生モデル (日本海東縁部+ 海底地すべりE)	T.P.+10.30m

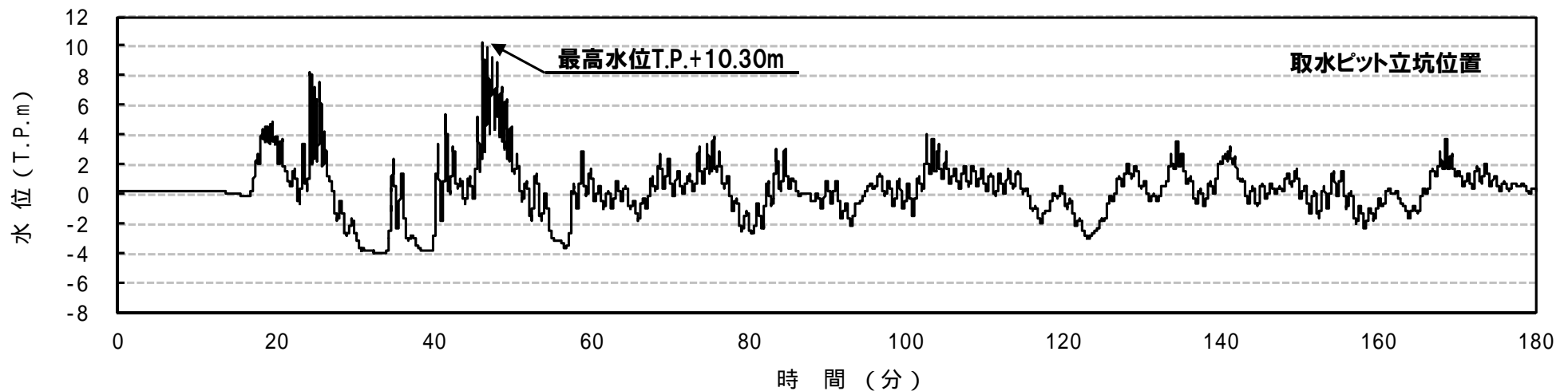
追加検討ケース



検討結果 (3号炉取水路-水位上昇側) (2/3)



日本海東縁部単独

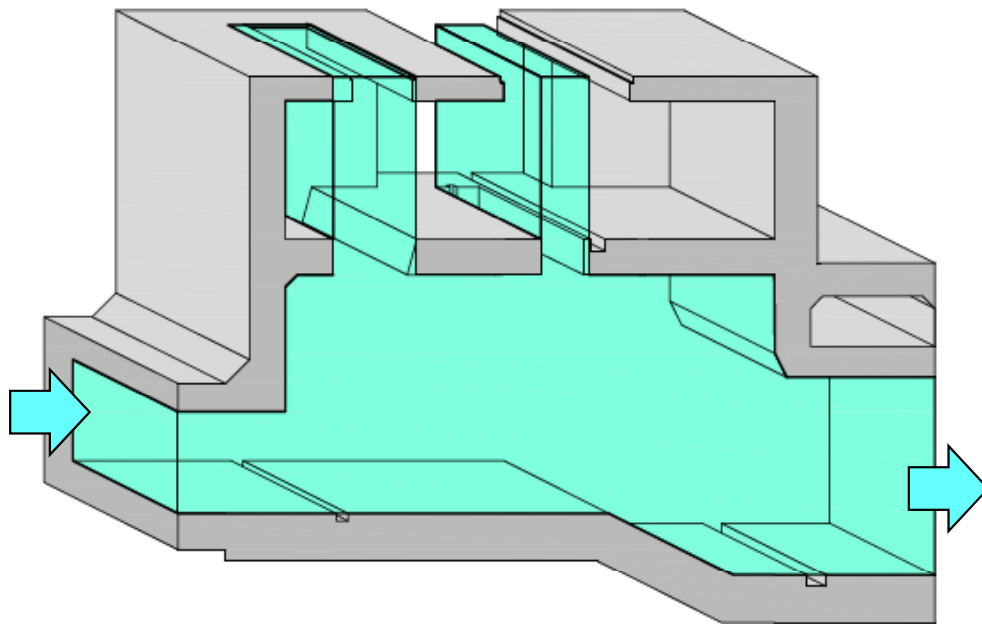


同時発生モデル (日本海東縁部+海底地すべりE)

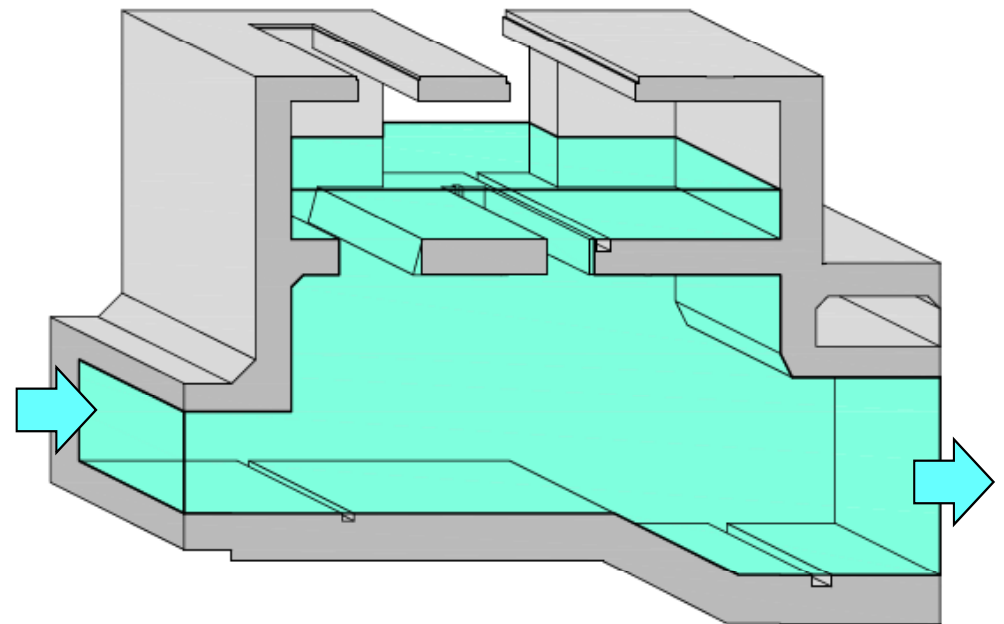
6-2 取水路の水位変動について

検討結果 (3号炉取水路-水位上昇側) (3/3)

- 解析モデル上の取水ピット立坑は、中間スラブの開口部直上部分のみをモデル化しているため、中間ピット容積を考慮すると、評価水位はT.P.+5.44mとなり、敷地への流入はない。
- また、日本海東縁部単独とほぼ同等の値となった。



解析モデル



水位評価モデル

津波波形	評価水位
日本海東縁部単独	T.P.+5.59m
同時発生モデル (日本海東縁部+海底地すべりE)	T.P.+5.44m

追加検討ケース

6-2 取水路の水位変動について

検討結果 (3号炉取水路-水位下降側) (1/2)

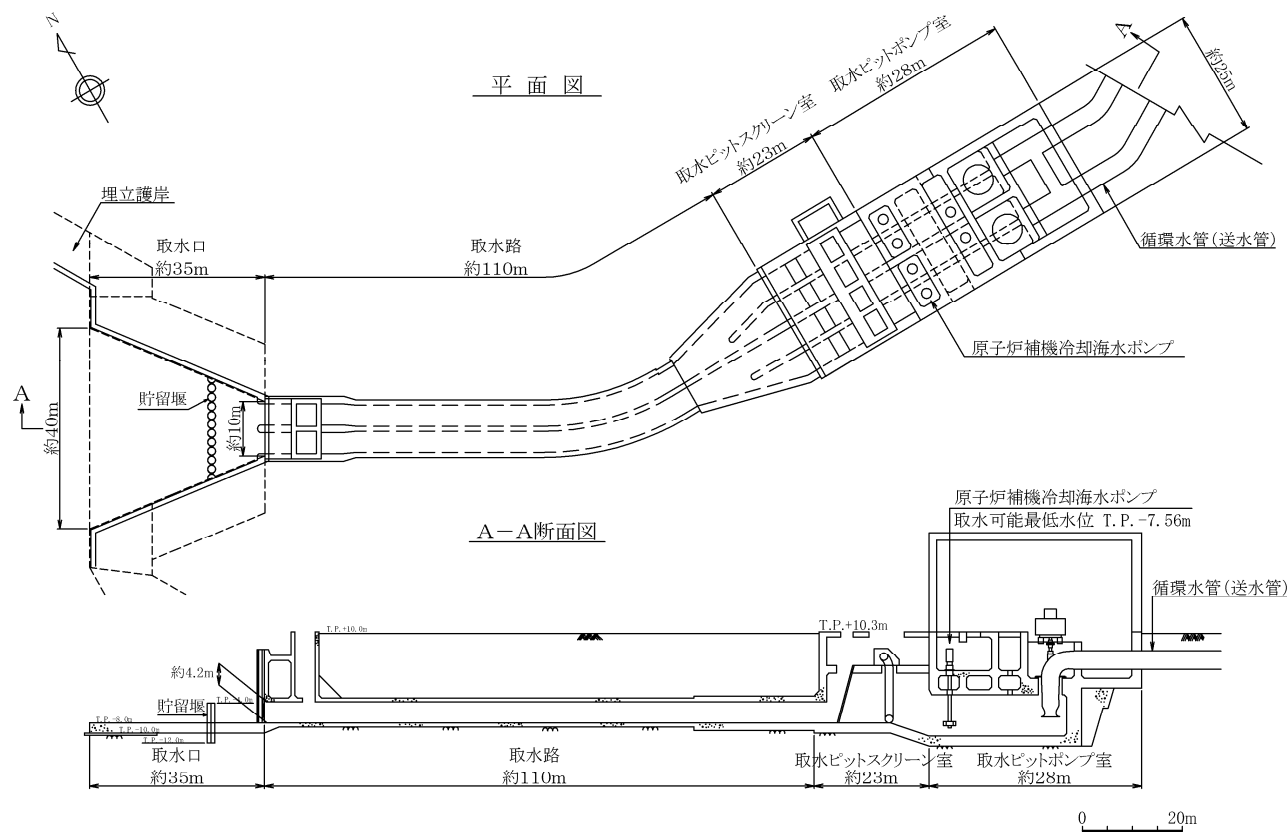
○3号炉取水設備の原子炉補機冷却海水ポンプの取水性への影響を検討した結果、評価水位はT.P.-4.11mとなり、原子炉補機冷却海水ポンプの取水性に影響はなく、日本海東縁部単独とほぼ同等の値となった。

津波波形	最低水位
日本海東縁部 単独	T.P.-4.11m
同時発生モデル (日本海東縁部+ 海底地すべりB)	T.P.-4.11m

追加検討ケース

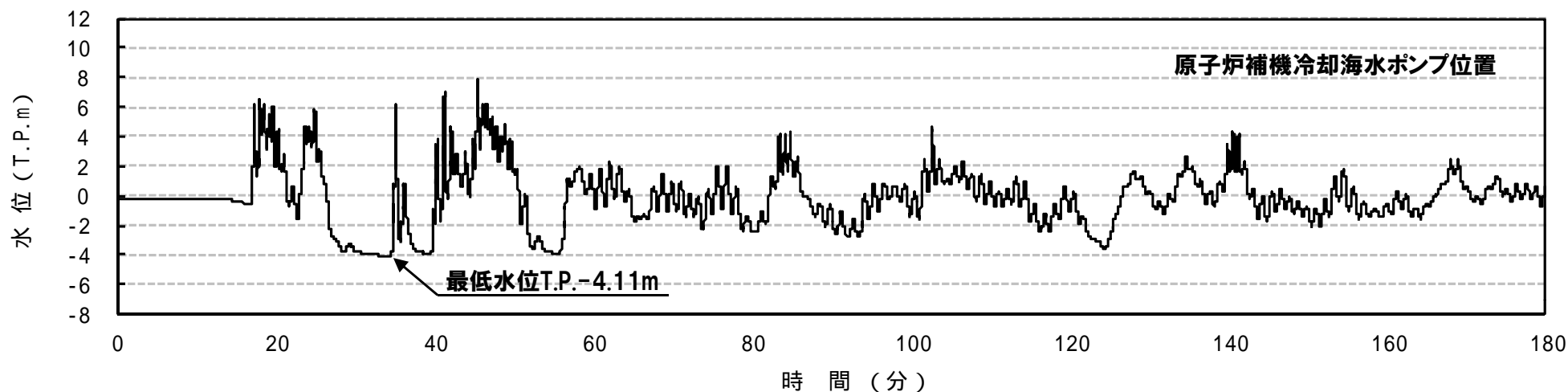
※原子炉補機冷却海水ポンプ
取水可能最低水位

T.P.-7.56m

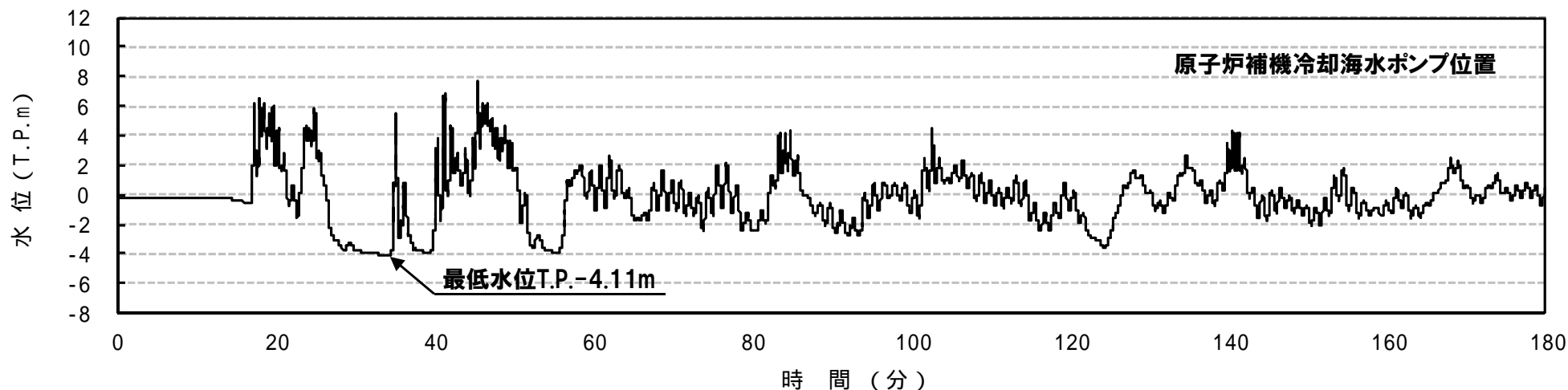


6-2 取水路の水位変動について

検討結果 (3号炉取水路-水位下降側) (2/2)



日本海東縁部単独



同時発生モデル (日本海東縁部+海底地すべりB)

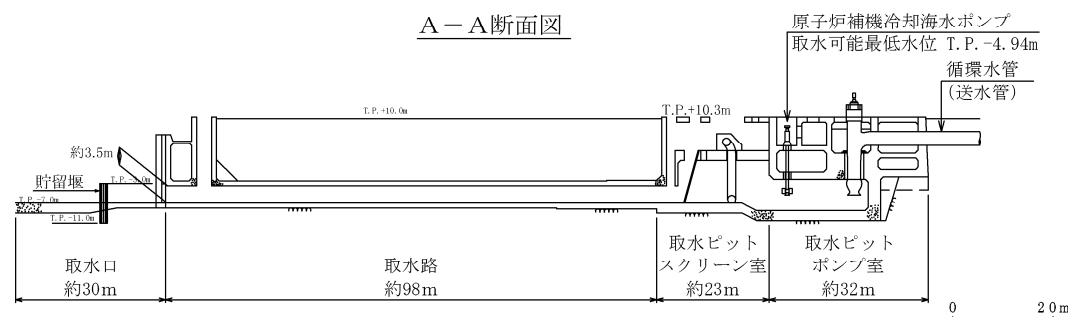
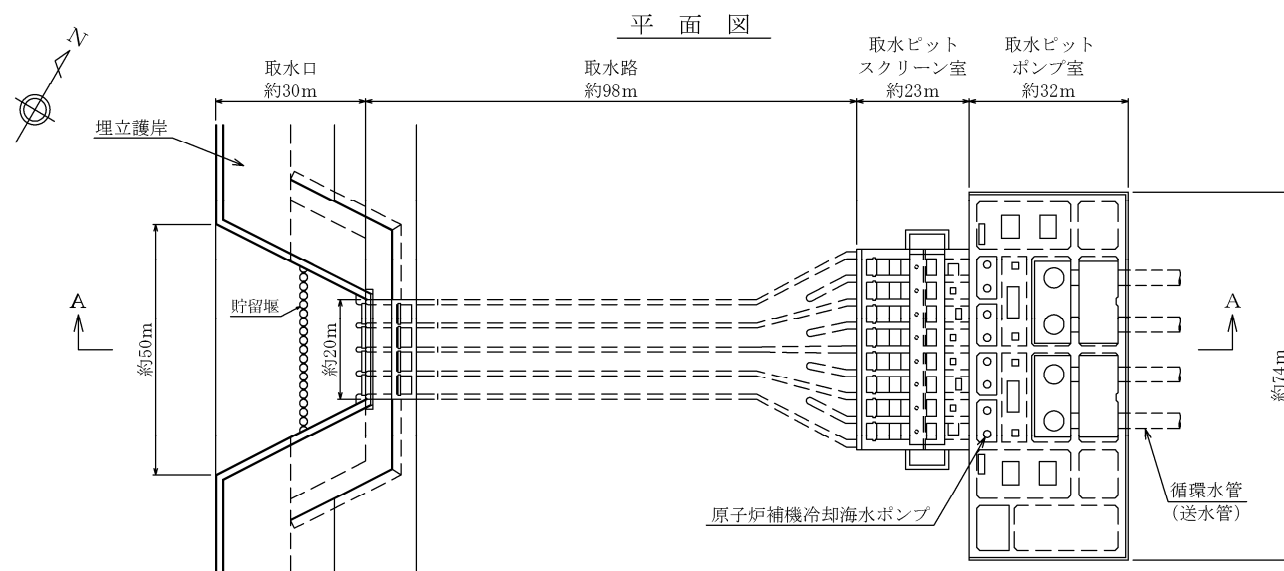
6-2 取水路の水位変動について

検討結果 (1, 2号炉取水路-水位上昇側) (1/3)

○1, 2号炉取水ピット立坑位置での水位変動を検討した結果, 最高水位はT.P.+10.13mとなり, 日本海東縁部単独とほぼ同等の値となった。

津波波形	最高水位
日本海東縁部 単独	T.P.+10.27m
同時発生モデル (日本海東縁部+ 海底地すべりE)	T.P.+10.13m

追加検討ケース



6-2 取水路の水位変動について

検討結果 (1, 2号炉取水路-水位上昇側) (2/3)



日本海東縁部単独

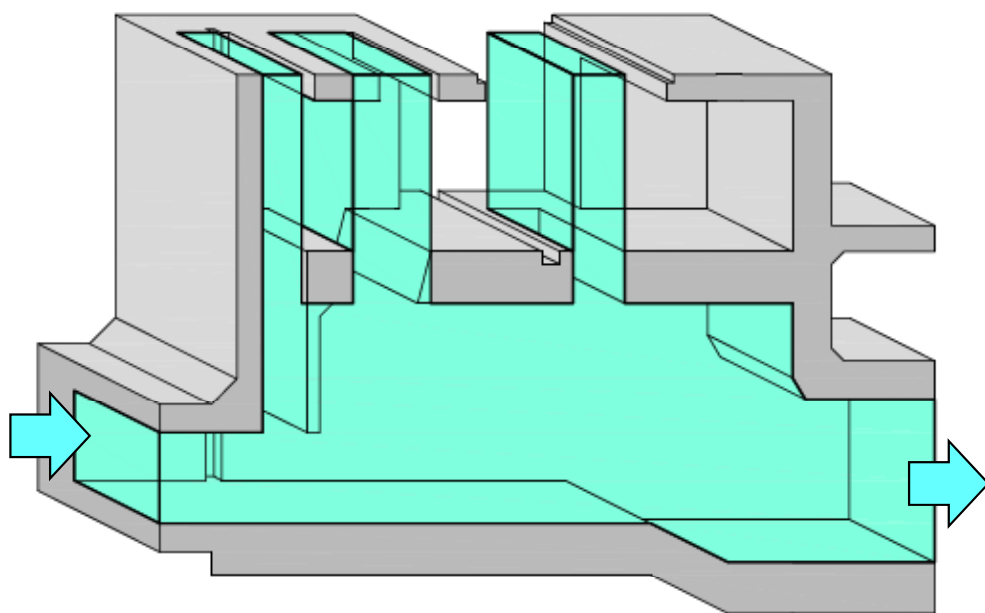


同時発生モデル (日本海東縁部+海底地すべりE)

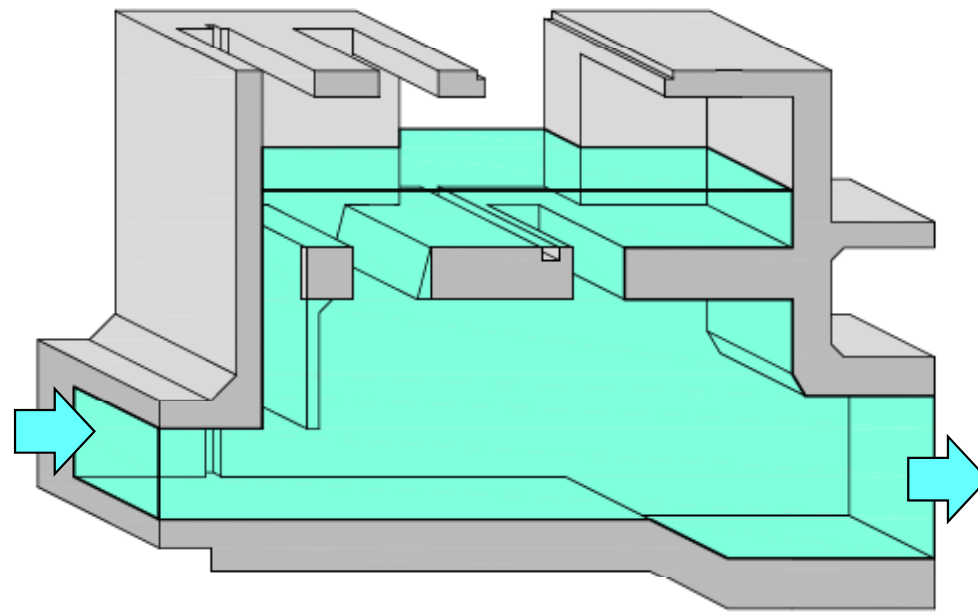
6-2 取水路の水位変動について

検討結果 (1, 2号炉取水路-水位上昇側) (3/3)

- 解析モデル上の取水ピット立坑は、中間スラブの開口部直上部分のみをモデル化しているため、中間ピット容積を考慮すると、評価水位はT.P.+5.62mとなり、敷地への流入はない。
- また、日本海東縁部単独とほぼ同等の値となった。



解析モデル



水位評価モデル

津波波形	評価水位
日本海東縁部単独	T.P.+5.71m
同時発生モデル (日本海東縁部+海底地すべりE)	T.P.+5.62m

追加検討ケース

6-2 取水路の水位変動について

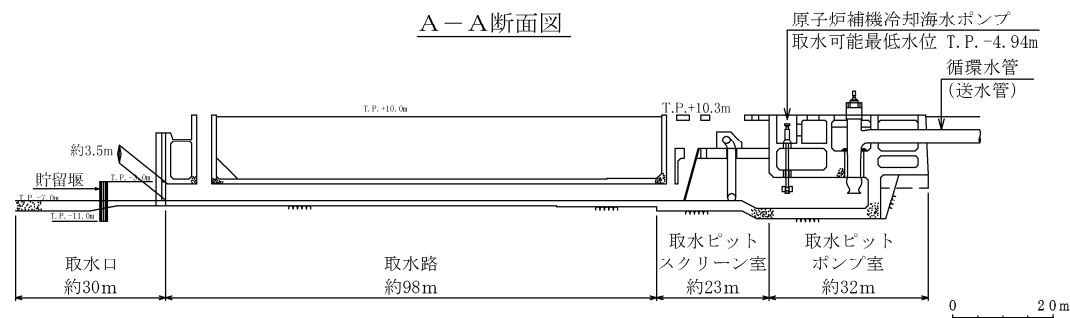
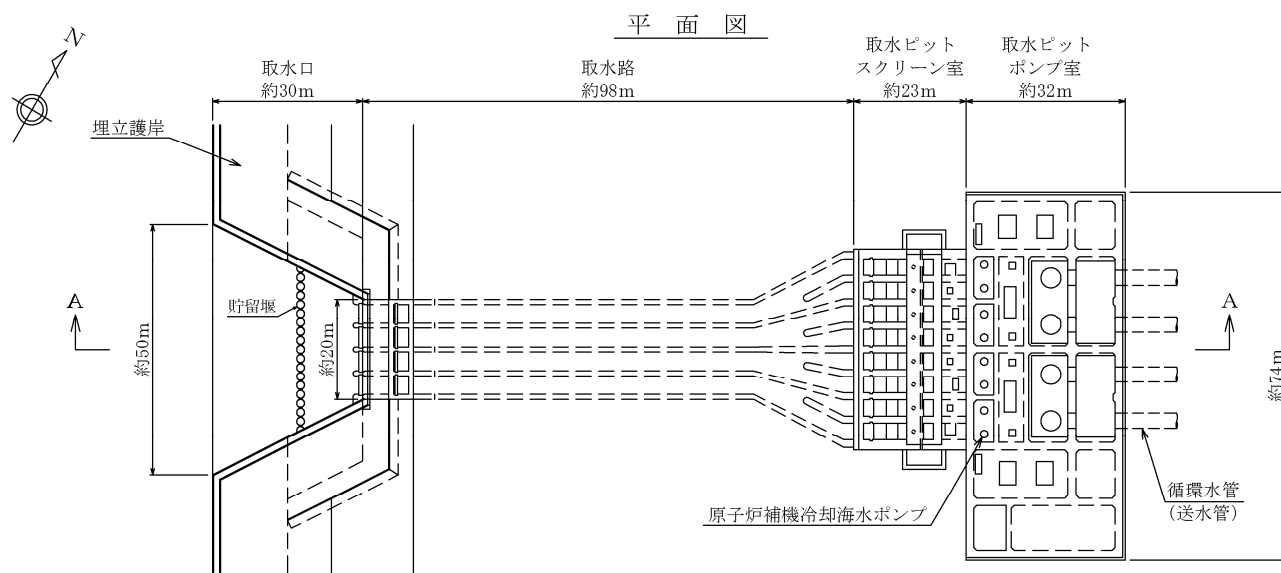
検討結果 (1, 2号炉取水路-水位下降側) (1/2)

○1, 2号炉取水設備原子炉補機冷却海水ポンプの取水性への影響を検討した結果, 評価水位は T.P.-3.68mとなり, 原子炉補機冷却海水ポンプの取水性に影響はなく, 日本海東縁部単独とほぼ同等の値となった。

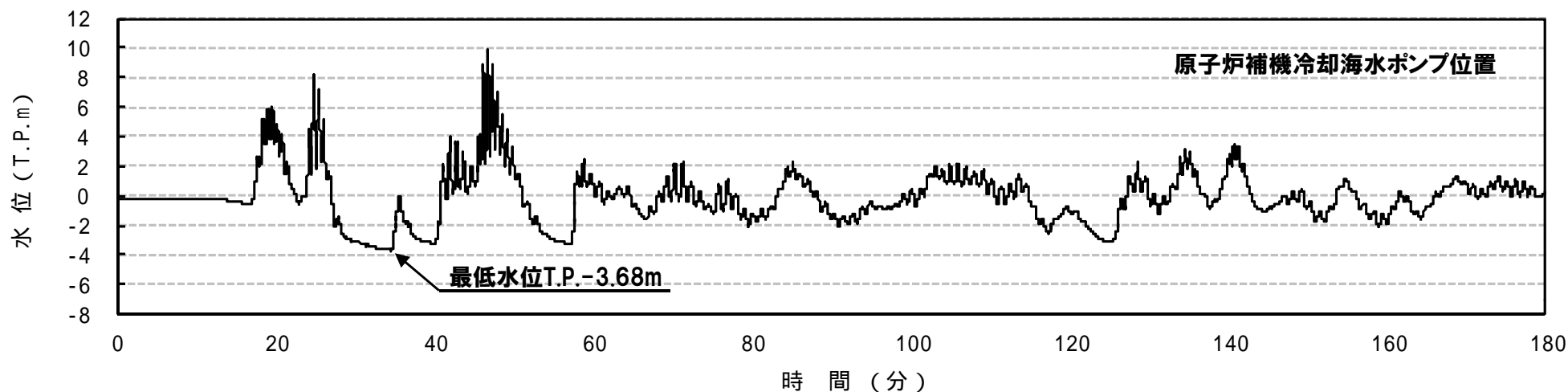
津波波形	最低水位
日本海東縁部 単独	T.P.-3.68m
同時発生モデル (日本海東縁部+ 海底地すべりE)	T.P.-3.68m

追加検討ケース

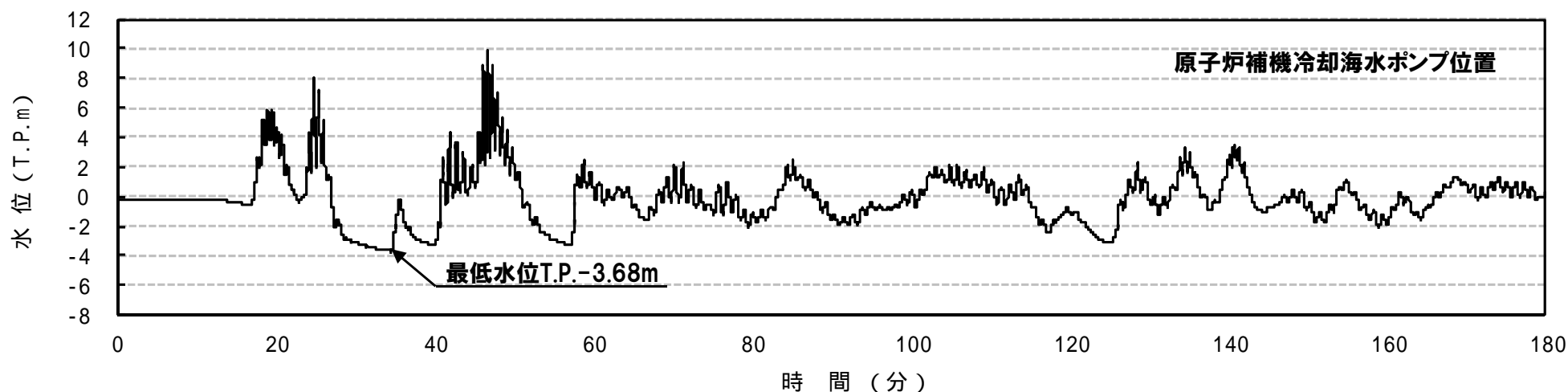
※原子炉補機冷却海水ポンプ
取水可能最低水位 T.P.-4.94m



検討結果 (1, 2号炉取水路-水位下降側) (2/2)



日本海東縁部単独



同時発生モデル (日本海東縁部+海底地すべりE)

まとめ

【既検討結果】

- 基準津波に伴う取水路の水位変動について、仮想スロットモデルを使用した管路解析を実施した。
- 3号炉及び1, 2号炉取水路からの津波の流入を検討した結果、敷地への流入はない。
- 3号炉及び1, 2号炉取水設備の原子炉補機冷却海水ポンプの取水性への影響を検討した結果、原子炉補機冷却海水ポンプの取水性に影響はない。

ケース	3号炉		1, 2号炉	
	水位上昇側	水位下降側	水位上昇側	水位下降側
日本海東縁部単独	T.P.+5.59m	T.P.-4.11m	T.P.+5.71m	T.P.-3.68m
同時発生モデル (日本海東縁部+海底地すべりB)	-	T.P.-4.11m	-	-
同時発生モデル (日本海東縁部+海底地すべりE)	T.P.+5.44m	-	T.P.+5.62m	T.P.-3.68m


 追加検討ケース

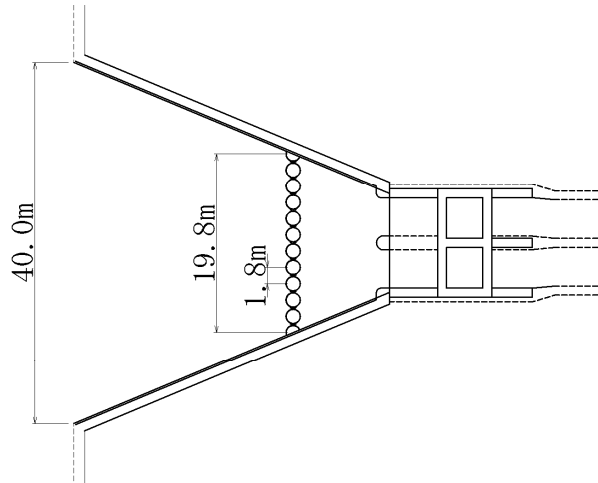
【追加検討結果】

- 地震以外の津波との重畳の影響についての検討として、組み合わせが最大となる、同時発生モデルの時間差を変化させた数値シミュレーションを実施したケースについて、管路解析を実施した。
- 計算値は日本海東縁部単独と、ほぼ同等の結果となり、重畳による影響はないことを確認した。

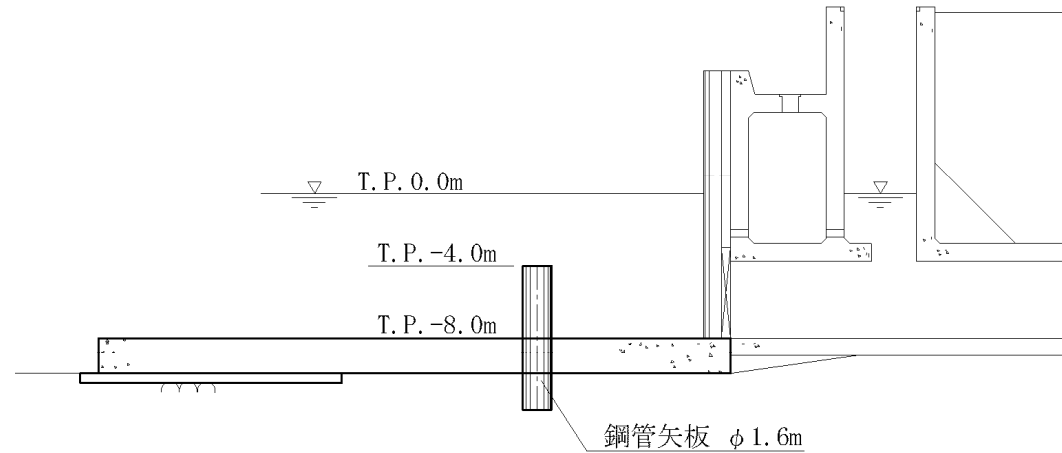
1. 地震以外の津波	4
2. 火山による山体崩壊に伴う津波	6
2-1 島原眉山崩壊による津波の考察	8
2-2 検討対象の抽出(海域火山)	11
2-3 検討対象の抽出(陸域火山)	14
2-4 津波影響評価	44
3. 陸上の斜面崩壊(陸上地すべり)に伴う津波	67
3-1 リツヤ湾津波に関する考察	71
3-2 川白に関する検討結果	81
3-3 兜岩に関する検討結果	138
3-4 堀株に関する検討結果	159
3-5 二つ岩に関する検討結果	163
3-6 弁慶岩に関する検討結果	170
3-7 津波影響評価	183
4. 陸上の斜面崩壊(岩盤崩壊)に伴う津波	215
4-1 岩盤崩壊に関する検討	217
4-2 津波影響評価	268
5. 基準津波の策定	296
6. 津波に対する安全性	312
6-1 砂移動評価について	314
6-2 取水路の水位変動について	320
6-3 貯留堰の容量について	334
6-4 考慮する潮位について	340
7. 津波堆積物調査結果	343
参考資料	353
参考文献	369

貯留堰の形状

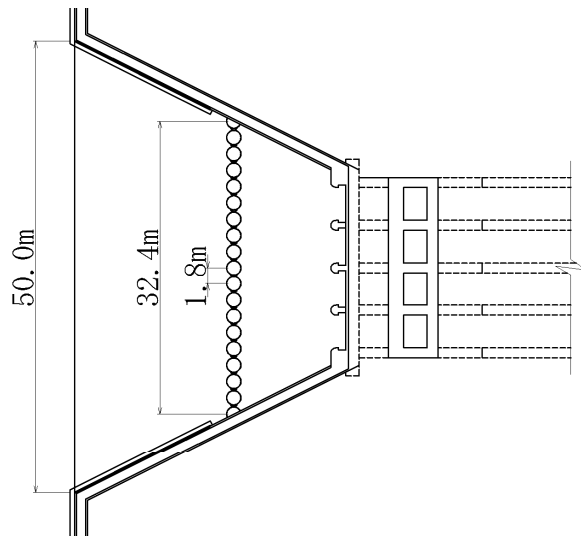
○貯留堰は、海中に設置された鋼管矢板構造の構造物である。



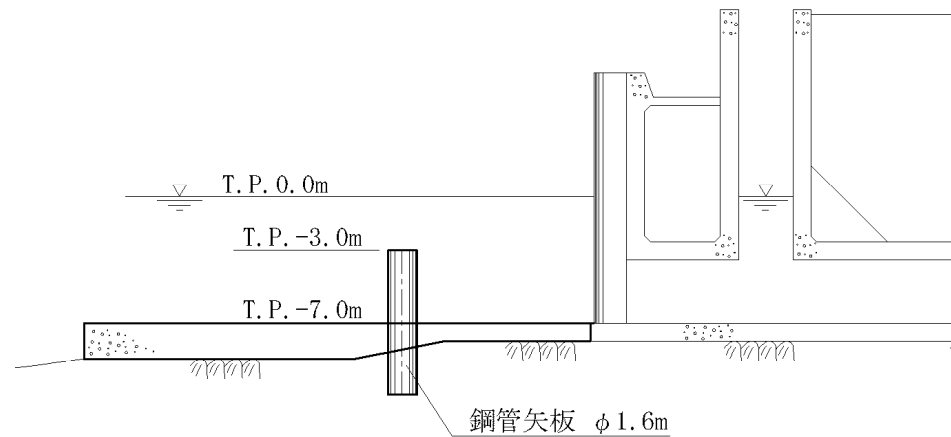
3号炉貯留堰 平面図



3号炉貯留堰 縦断図



1, 2号炉貯留堰 平面図



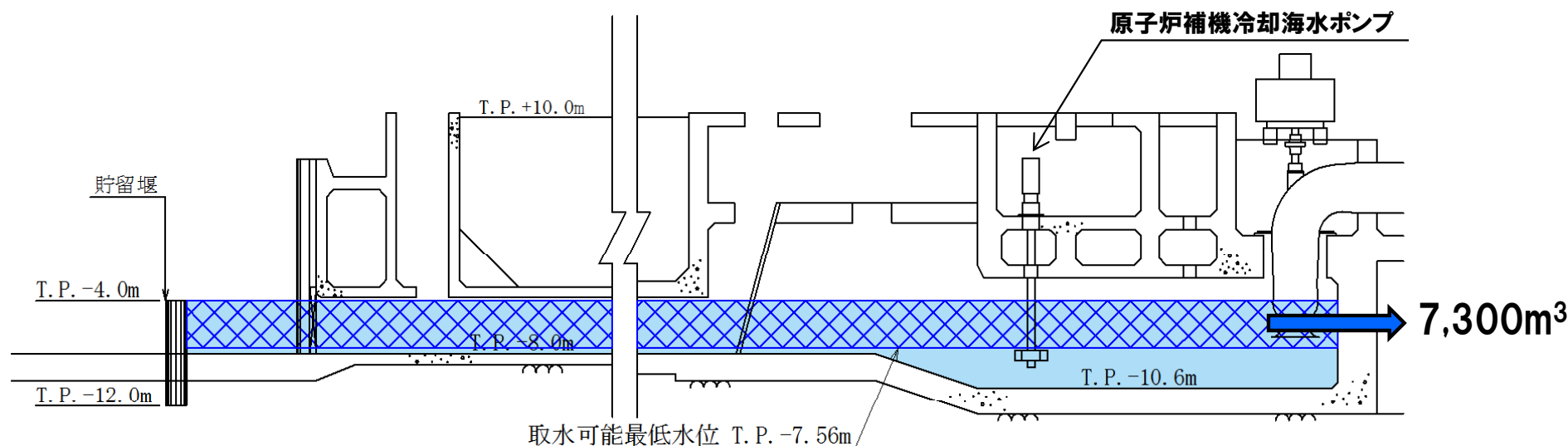
1, 2号炉貯留堰 縦断図

6-3 貯留堰の容量について

海水ポンプの連続運転可能時間 (3号炉)

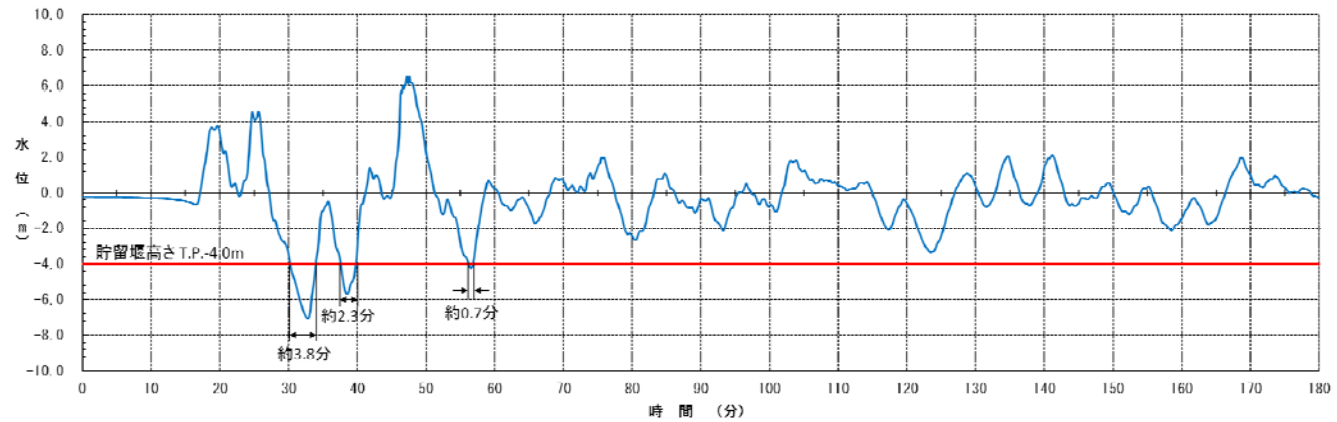
○3号炉については、貯留堰の容量から計算した、通常運転中の海水ポンプの運転継続可能時間は、約2時間であるのに対し、入力津波が貯留堰の天端高さ以下となる時間は、最大で6分程度であることから、海水ポンプの連続運転に対して問題のない貯水容量と評価している。

取水路	貯留堰の容量	ポンプ定格流量	連続運転可能時間	水位が貯留堰の天端高さ以下となる時間 (上段は最長時間, 下段は合計時間)		
				基準津波①	基準津波②	基準津波③
3号炉	7,300m ³	1,700m ³ /h	約128分 (2台運転)	約3.8分 (約6.6分)	約5.4分 (約8.6分)	約4.8分 (約8.5分)

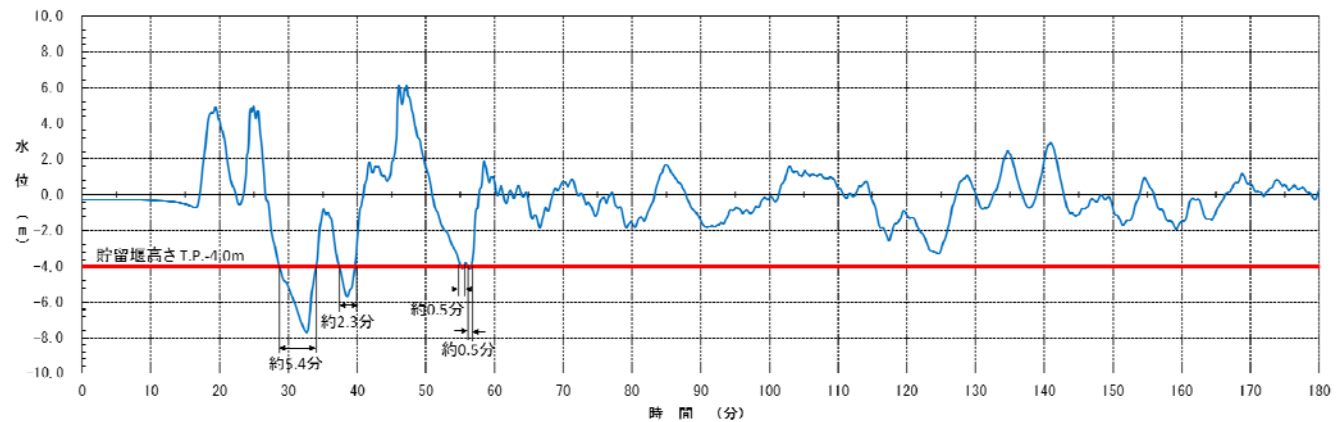


入力津波波形 (3号炉)

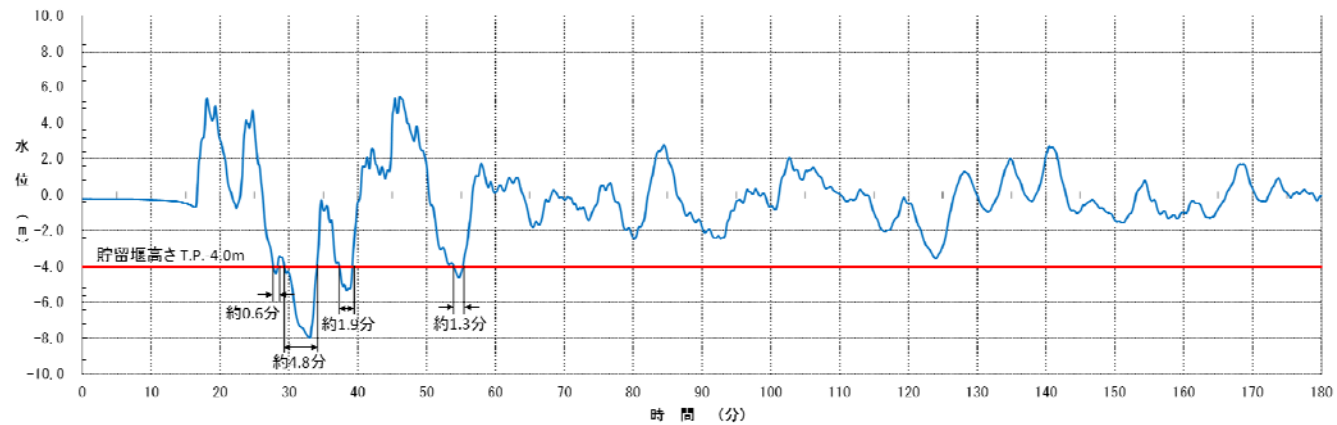
基準津波①



基準津波②



基準津波③

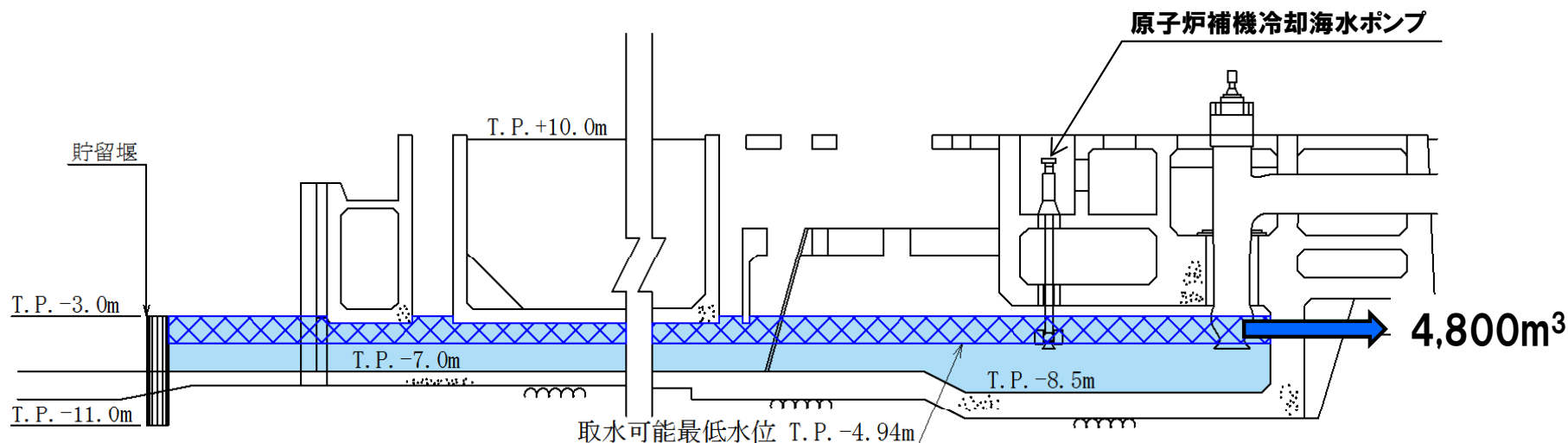


6-3 貯留堰の容量について

海水ポンプの連続運転可能時間 (1, 2号炉)

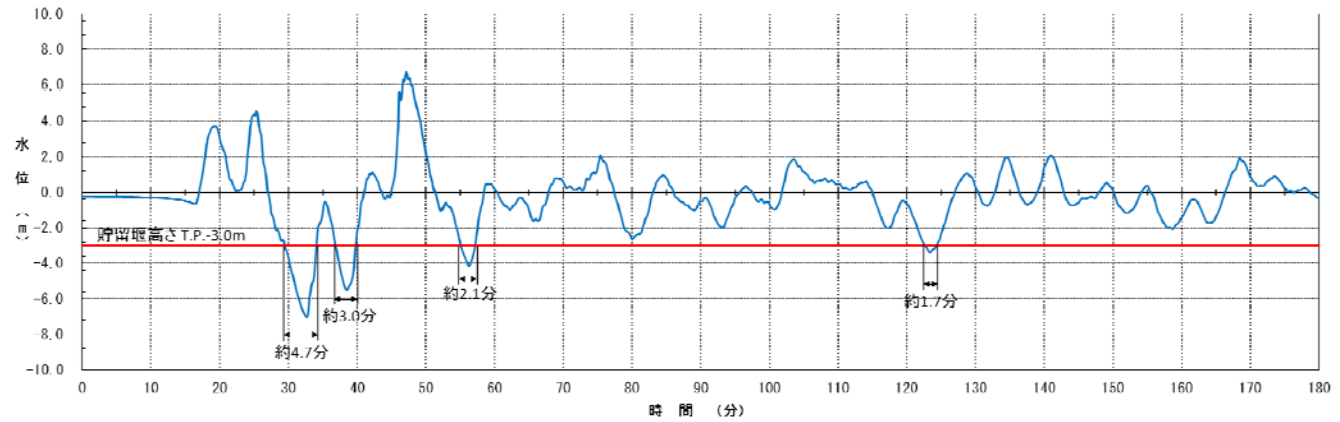
○1, 2号炉については、貯留堰の容量から計算した、通常運転中の海水ポンプの運転継続可能時間は、約37分であるのに対し、入力津波が貯留堰の天端高さ以下となる時間は、最大で7分程度であることから、海水ポンプの連続運転に対して問題のない貯水容量と評価している。

取水路	貯留堰の容量	ポンプ定格流量	連続運転可能時間	水位が貯留堰の天端高さ以下となる時間 (上段は最長時間, 下段は合計時間)		
				基準津波①	基準津波②	基準津波③
1, 2号炉	4,800m ³	1,900m ³ /h	約37分 (4台運転)	約4.7分 (約11.3分)	約6.2分 (約13.5分)	約6.9分 (約14.9分)

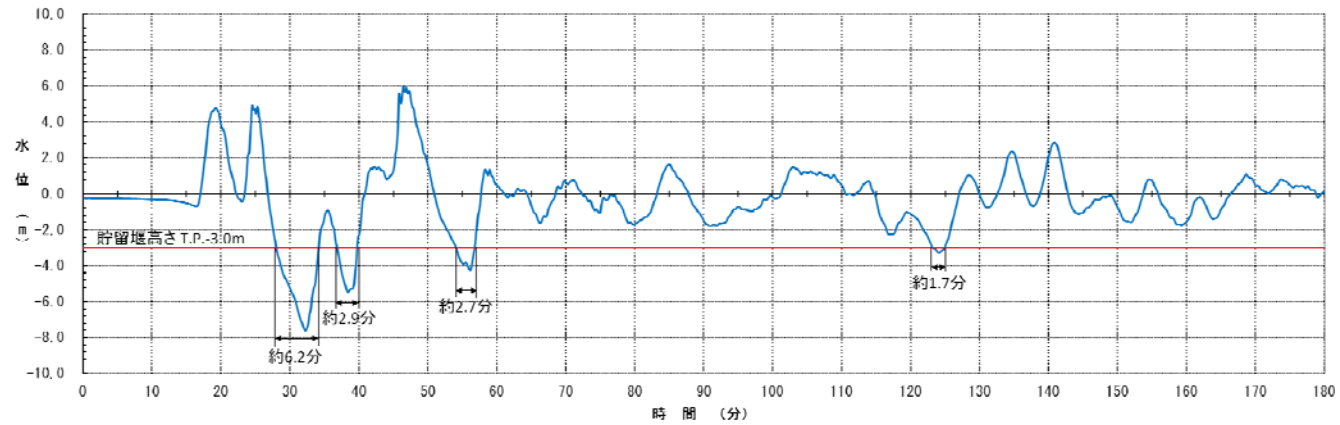


入力津波波形 (1, 2号炉)

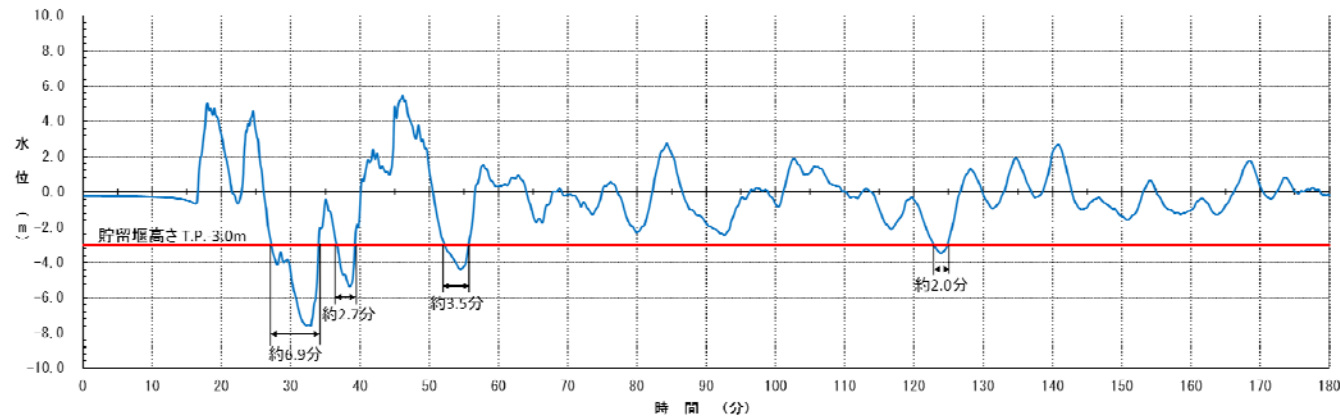
基準津波①



基準津波②



基準津波③



6-4 考慮する潮位について

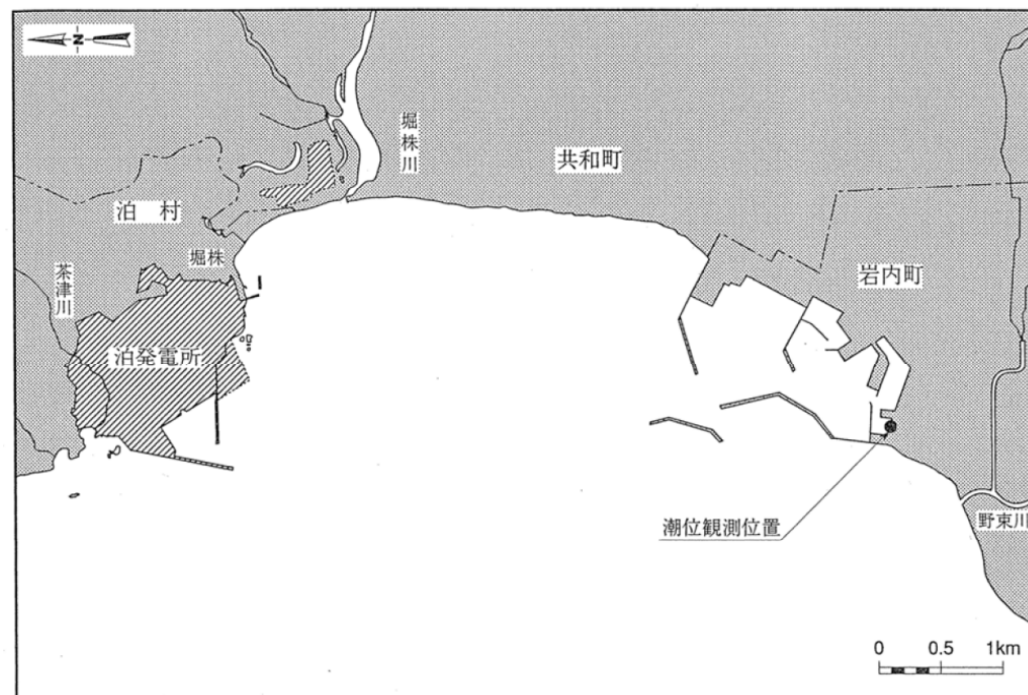
1. 地震以外の津波	4
2. 火山による山体崩壊に伴う津波	6
2-1 島原眉山崩壊による津波の考察	8
2-2 検討対象の抽出(海域火山)	11
2-3 検討対象の抽出(陸域火山)	14
2-4 津波影響評価	44
3. 陸上の斜面崩壊(陸上地すべり)に伴う津波	67
3-1 リツヤ湾津波に関する考察	71
3-2 川白に関する検討結果	81
3-3 兜岩に関する検討結果	138
3-4 堀株に関する検討結果	159
3-5 二つ岩に関する検討結果	163
3-6 弁慶岩に関する検討結果	170
3-7 津波影響評価	183
4. 陸上の斜面崩壊(岩盤崩壊)に伴う津波	215
4-1 岩盤崩壊に関する検討	217
4-2 津波影響評価	268
5. 基準津波の策定	296
6. 津波に対する安全性	312
6-1 砂移動評価について	314
6-2 取水路の水位変動について	320
6-3 貯留堰の容量について	334
6-4 考慮する潮位について	340
7. 津波堆積物調査結果	343
参考資料	353
参考文献	369

考慮する潮位について

- 潮位については、泊発電所の南約5kmに位置し、敷地に対して最も近傍にある「岩内港」の潮位観測記録（昭和36年9月～昭和37年8月）に基づき検討を行っている。
- 津波解析の初期条件として与える計算潮位については、平均潮位であるT.P.+0.21mを与えている。
- また、耐津波設計において考慮する潮位としては、上昇側の水位変動に対しては朔望平均満潮位を、下降側の水位変動に対しては朔望平均干潮位を考慮する。

考慮する潮位

朔望平均満潮位	T.P.+0.26m
平均潮位	T.P.+0.21m
朔望平均干潮位	T.P.-0.14m



潮位観測点の位置

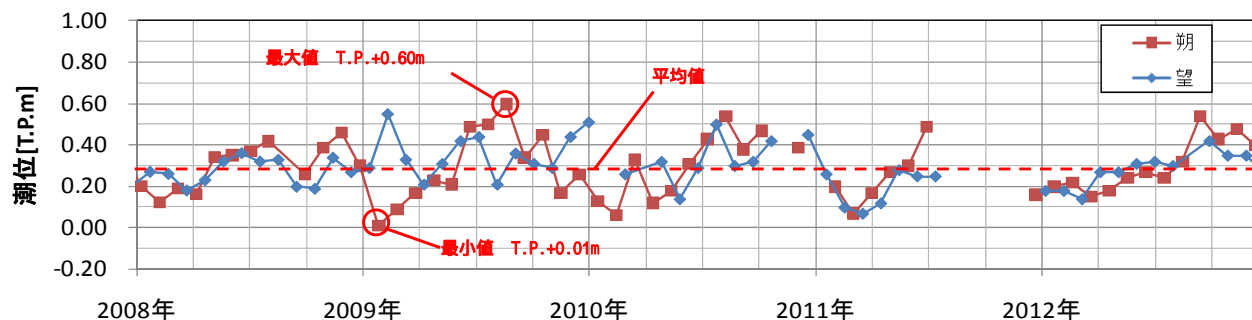
最新の潮位の傾向

- 最新の潮位については、「岩内港」における至近5ヵ年（2008年1月～2012年12月）の朔望潮位について確認している。
- 平均値について、考慮する潮位との有意な差は見られない。
（満潮位で+0.03m、干潮位で+0.02m）
- また、この差については、耐津波設計において、潮位の評価における「バラツキ」として、水位上昇側については、朔望満潮位の標準偏差0.12mを考慮し、水位下降側については、朔望干潮位の標準偏差0.11mを考慮する。

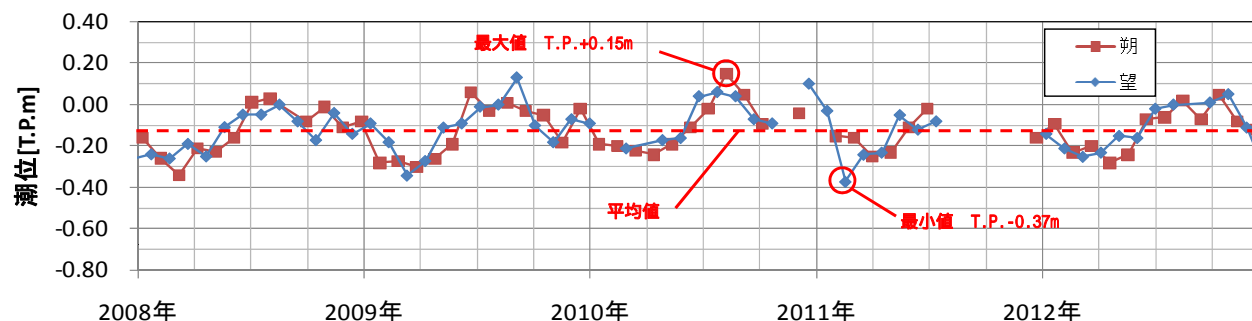
朔望潮位に関するデータ分析

	満潮位	干潮位
最大値	T.P.+0.60m	T.P.+0.15m
平均値	T.P.+0.29m	T.P.-0.12m
最小値	T.P.+0.01m	T.P.-0.37m
標準偏差	0.12m	0.11m

朔望満潮位



朔望干潮位



各月の朔望潮位の推移（岩内港）

7. 津波堆積物調査結果

1. 地震以外の津波	4
2. 火山による山体崩壊に伴う津波	6
2-1 島原眉山崩壊による津波の考察	8
2-2 検討対象の抽出(海域火山)	11
2-3 検討対象の抽出(陸域火山)	14
2-4 津波影響評価	44
3. 陸上の斜面崩壊(陸上地すべり)に伴う津波	67
3-1 リツヤ湾津波に関する考察	71
3-2 川白に関する検討結果	81
3-3 兜岩に関する検討結果	138
3-4 堀株に関する検討結果	159
3-5 二つ岩に関する検討結果	163
3-6 弁慶岩に関する検討結果	170
3-7 津波影響評価	183
4. 陸上の斜面崩壊(岩盤崩壊)に伴う津波	215
4-1 岩盤崩壊に関する検討	217
4-2 津波影響評価	268
5. 基準津波の策定	296
6. 津波に対する安全性	312
6-1 砂移動評価について	314
6-2 取水路の水位変動について	320
6-3 貯留堰の容量について	334
6-4 考慮する潮位について	340
7. 津波堆積物調査結果	343
参考資料	353
参考文献	369

7. 津波堆積物調査結果

行政機関によるこれまでの評価 (概要)

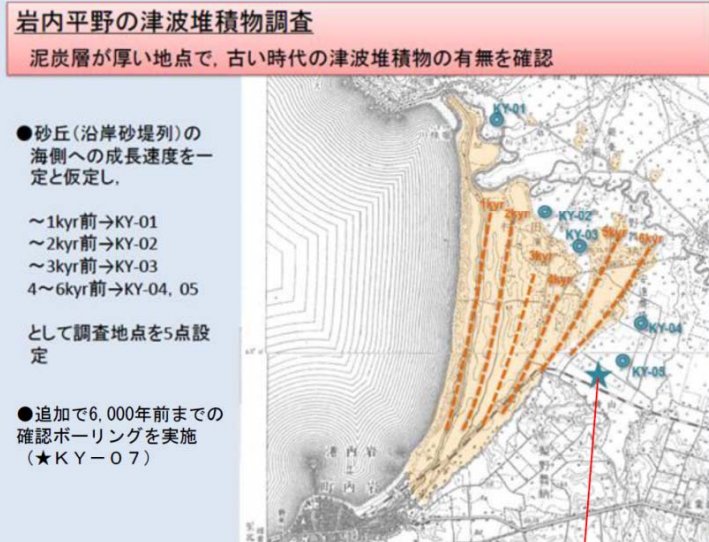
一部加筆(8/14審査会合)

- 岩内平野では、49地点で調査を行っており、そのうち、25地点は地質条件や人工改変により存否を確認できていない。
- 24地点で氾濫原の泥炭層、粘土層について掘削調査を行っているが明瞭な痕跡は認められていない。

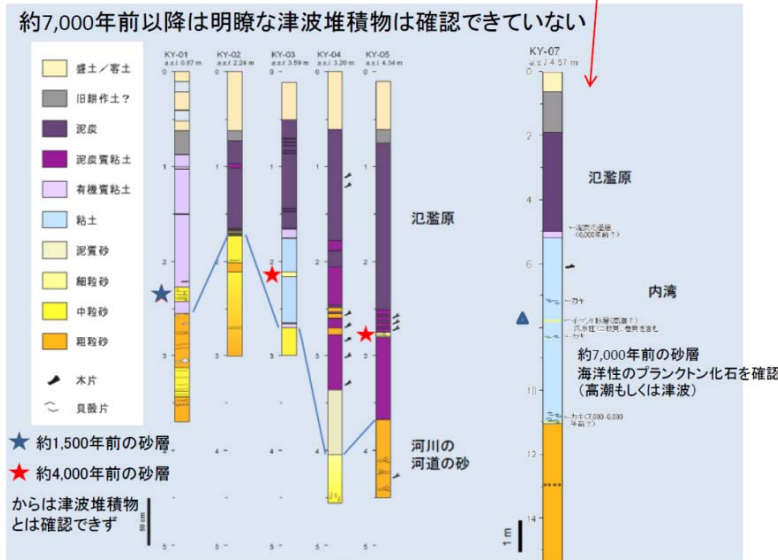
- 岩内平野におけるボーリング調査結果 (KY-07) では、標高-3.2m付近で海洋性プランクトンの化石を確認しており、高潮もしくは津波による可能性があるものと記載されている。

※北海道 (2013) を引用及び要約

(参考1-4) ボーリング等による調査



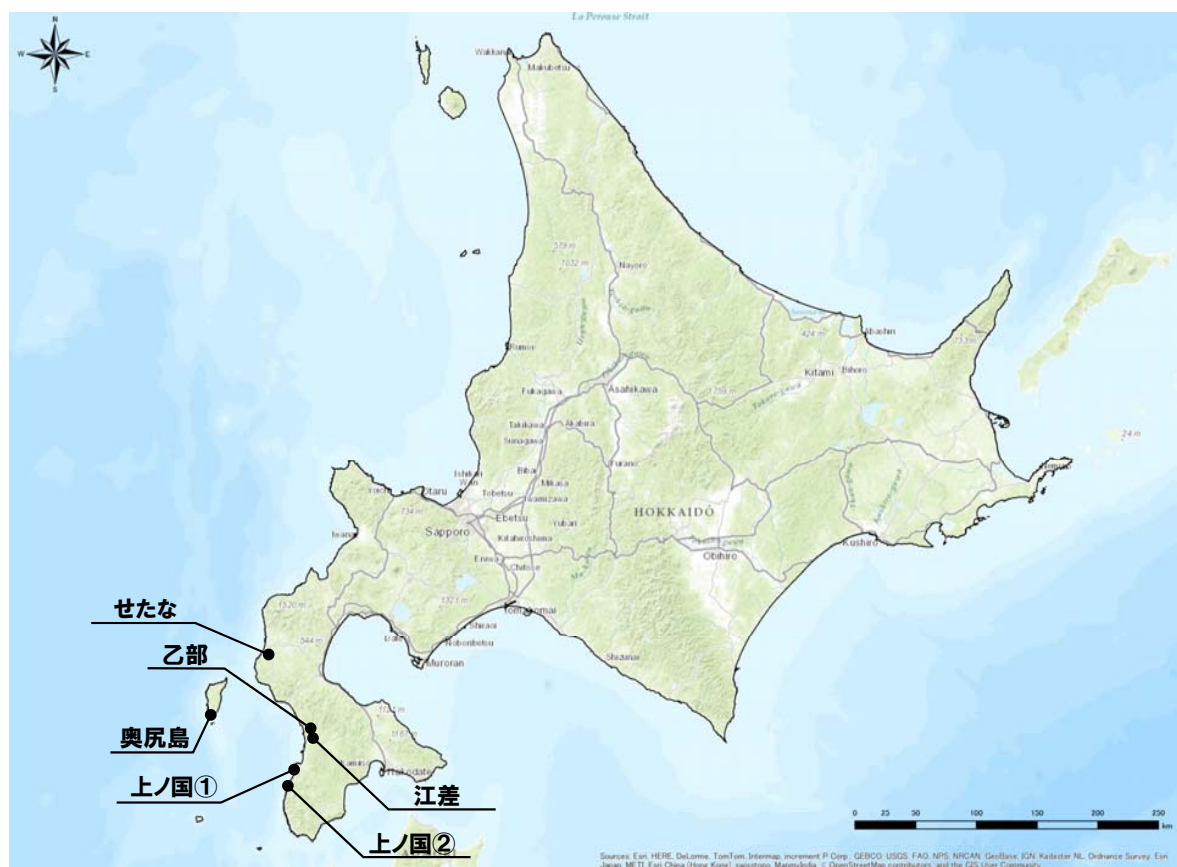
■岩内平野(平成24年5~8月実施) 明瞭な堆積物は見つからなかった



7. 津波堆積物調査結果

北海道における調査状況

- これまでの調査に引き続き、奥尻町及び北海道日本海沿岸南部で津波堆積物調査の確認を実施。
- 上記の地域において、現行の浸水範囲を上回る高さで津波堆積物を確認。
- 津波堆積物確認例の位置を下図に示す。

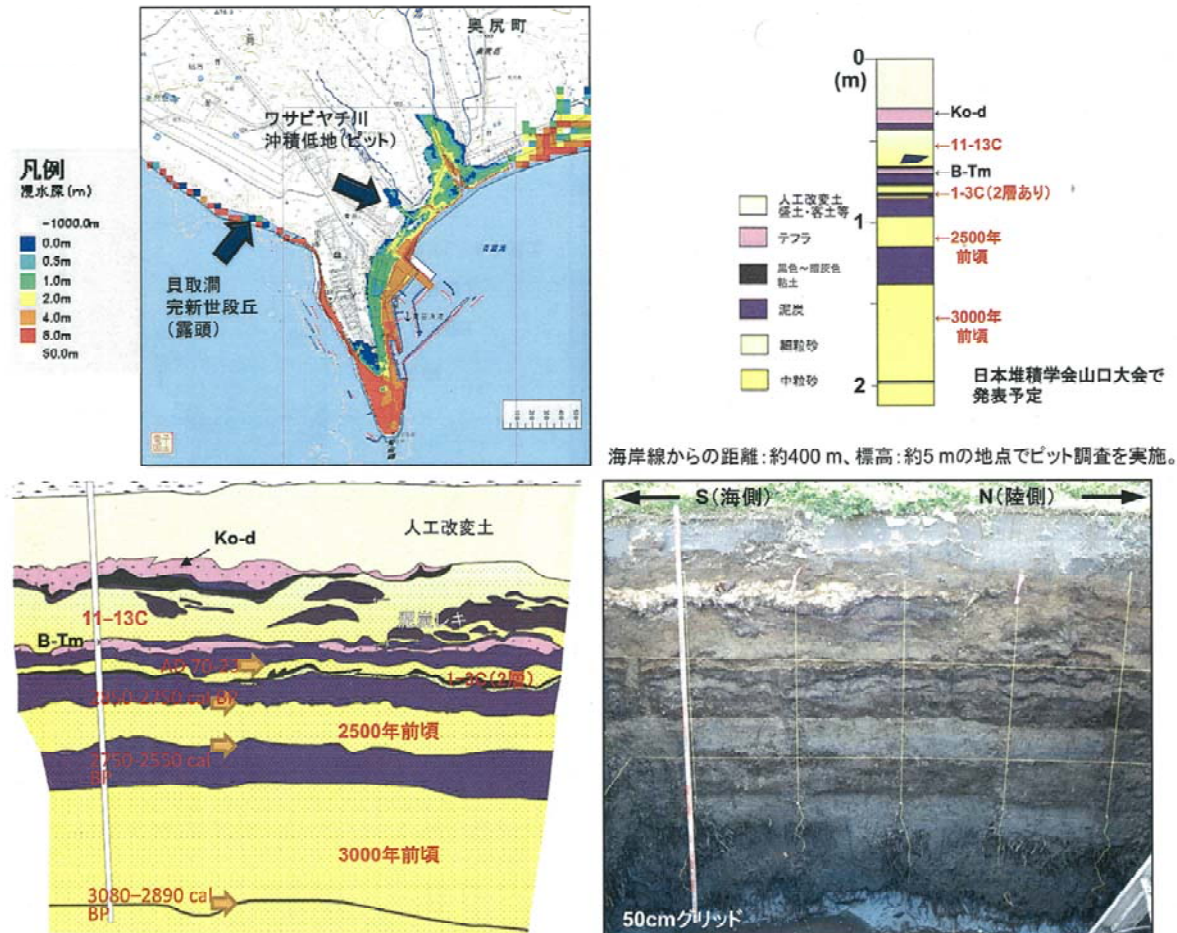


Source: Esri, HERE, DeLorme, TomTom, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBCast, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri, Japan, METI, Esri, China (Hong Kong), Swisstopo, Mapbox India, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

7. 津波堆積物調査結果

追加調査結果 (奥尻島)

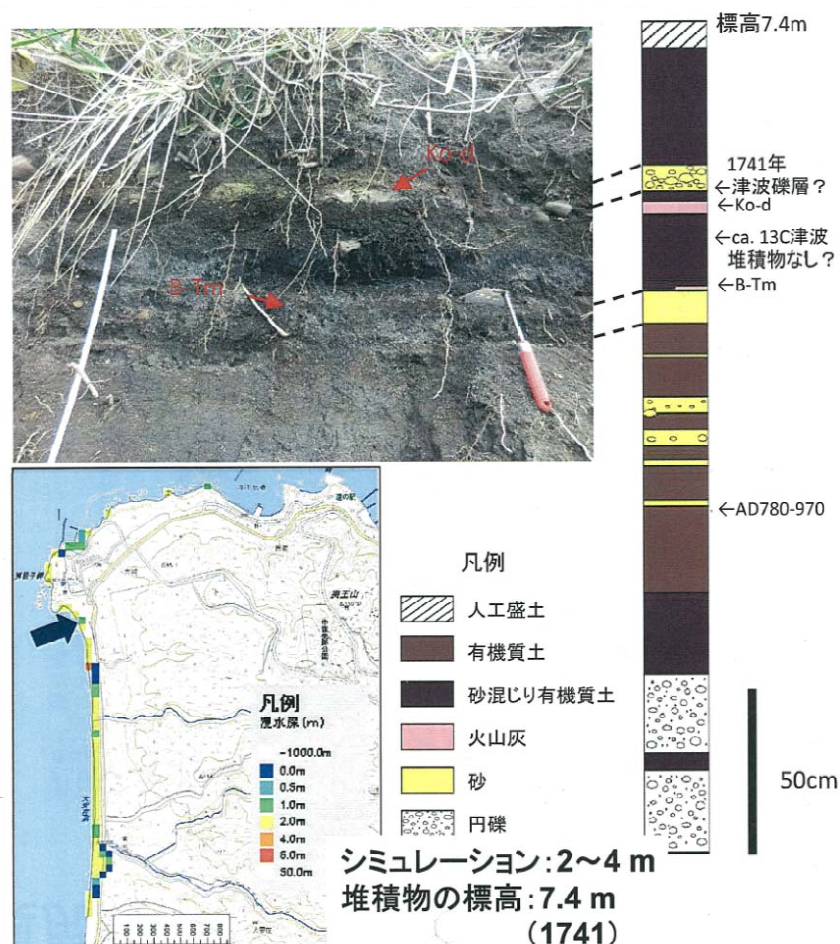
- 完新世段丘及び沖積低地にて、津波堆積物調査を実施。
- 調査地点における、数値シミュレーションによる浸水予測は標高0m。
- それに対して、津波堆積物が確認された高さは標高4.2m (11-13世紀)。



7. 津波堆積物調査結果

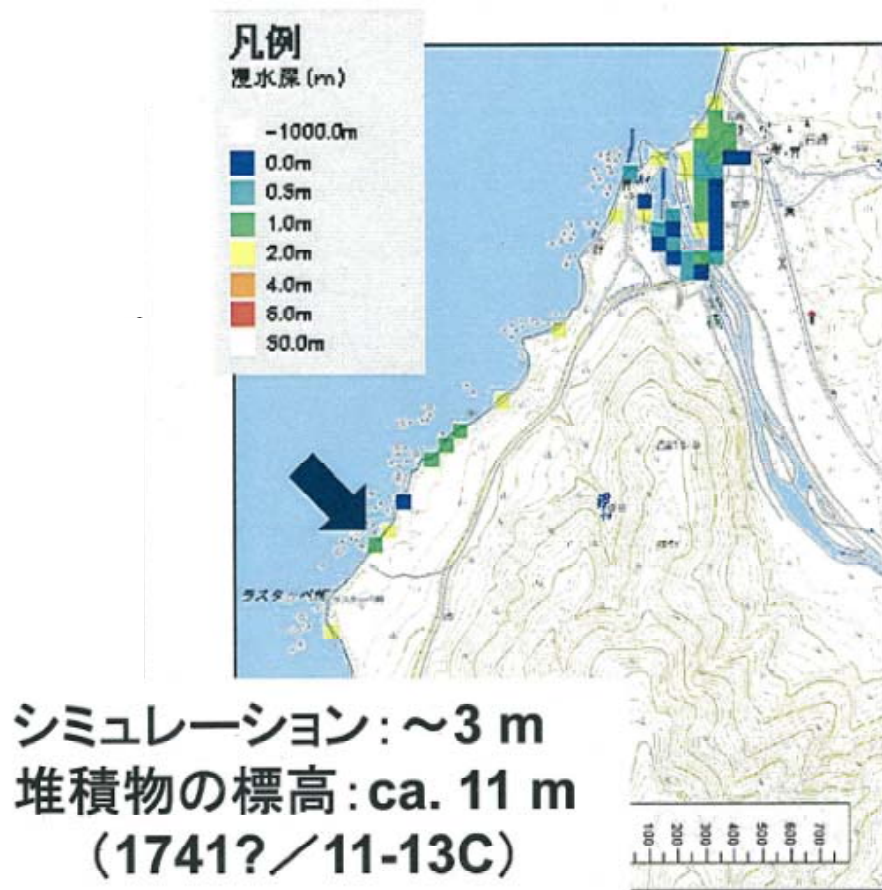
追加調査結果(上ノ国①)

- 沿岸部にて、津波堆積物調査を実施。
- 調査地点における、数値シミュレーション結果による浸水予測は標高2～4m。
- それに対して、津波堆積物が確認された高さは、標高7.4m及び約11m(1741年及び11～13世紀)。



7. 津波堆積物調査結果

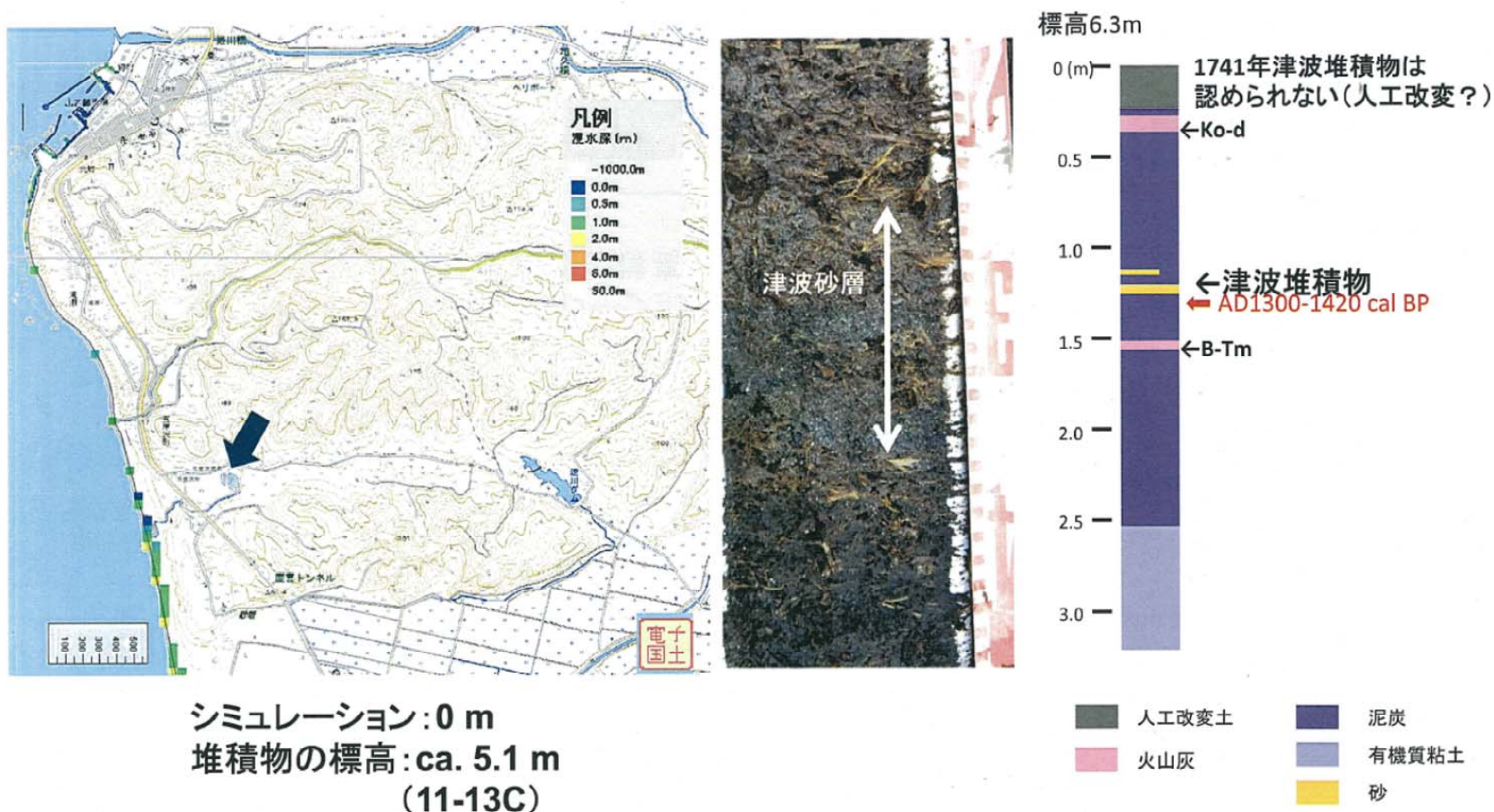
追加調査結果(上ノ国②)



7. 津波堆積物調査結果

追加調査結果 (江差)

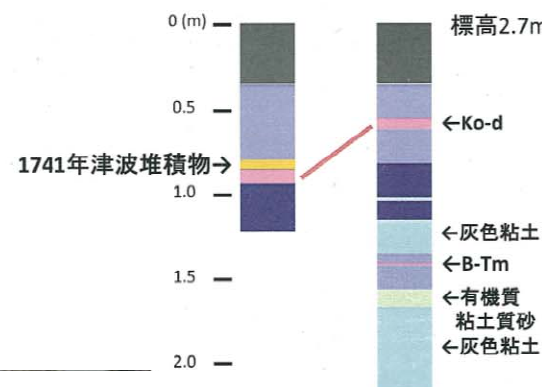
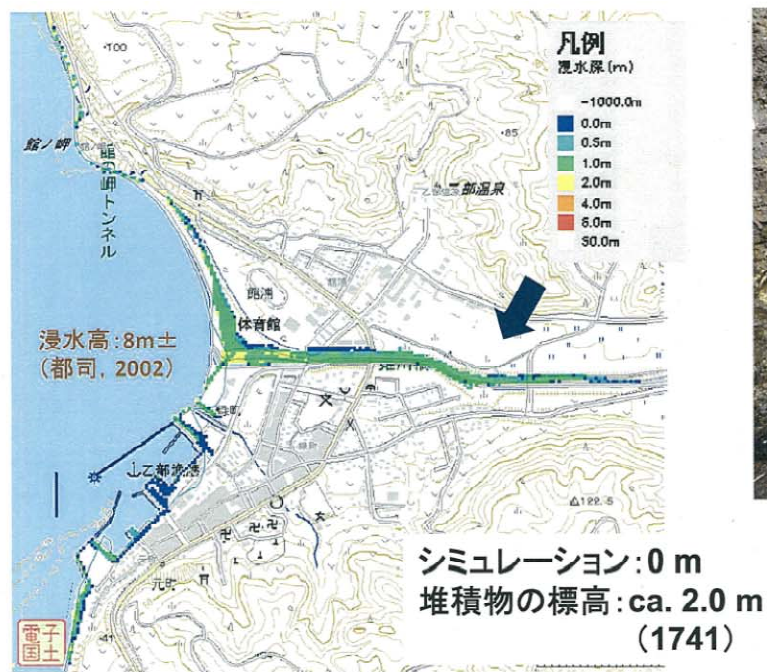
- 河川下流部にて、津波堆積物調査を実施。
- 調査地点における、数値シミュレーションによる浸水予測は標高0m。
- それに対して、津波堆積物が確認された高さは、標高約5.1m (11-13世紀)。



7. 津波堆積物調査結果

追加調査結果 (乙部)

- 河川下流部にて、津波堆積物調査を実施。
- 調査地点における、数値シミュレーションによる浸水予測は標高0m。
- それに対して、津波堆積物が確認された高さは、標高約2.0m (1741年)。



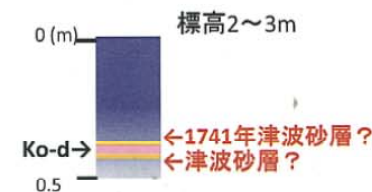
7. 津波堆積物調査結果

追加調査結果 (せたな)

- 沿岸部湿地にて，津波堆積物調査を実施。
- 調査地点における，数値シミュレーションによる浸水予測は標高0m。
- それに対して，津波堆積物が確認された高さは，標高約3.5m (1741年)。



シミュレーション: 0 m
堆積物の標高: ca. 3.5 m
(1741?)



Ko-dとの関係が乙部姫川と類似。
詳細な分析等は未着手。

7. 津波堆積物調査結果

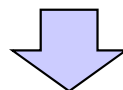
追加調査結果 (まとめ)

<奥尻島>

- 1993年北海道南西沖地震津波以前の少なくとも5層の津波堆積物を確認した。
- 11～13世紀頃の津波イベントは、1993年北海道南西沖地震津波を超える規模であった可能性がある。

<北海道>

- 11～13世紀頃の津波堆積物を北海道南部の一部で確認した。
- 1741年の津波堆積物を北海道南部の一部で確認した。
- 上記の津波堆積物は、浸水予測図の浸水範囲を超える場所で確認された。

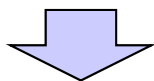


- 敷地周辺には、これまでと同様に、1993年北海道南西沖地震津波を上回る津波堆積物は確認されていない。
- 今後も津波堆積物調査に関する情報を収集していく。

1. 地震以外の津波	4
2. 火山による山体崩壊に伴う津波	6
2-1 島原眉山崩壊による津波の考察	8
2-2 検討対象の抽出(海域火山)	11
2-3 検討対象の抽出(陸域火山)	14
2-4 津波影響評価	44
3. 陸上の斜面崩壊(陸上地すべり)に伴う津波	67
3-1 リツヤ湾津波に関する考察	71
3-2 川白に関する検討結果	81
3-3 兜岩に関する検討結果	138
3-4 堀株に関する検討結果	159
3-5 二つ岩に関する検討結果	163
3-6 弁慶岩に関する検討結果	170
3-7 津波影響評価	183
4. 陸上の斜面崩壊(岩盤崩壊)に伴う津波	215
4-1 岩盤崩壊に関する検討	217
4-2 津波影響評価	268
5. 基準津波の策定	296
6. 津波に対する安全性	312
6-1 砂移動評価について	314
6-2 取水路の水位変動について	320
6-3 貯留堰の容量について	334
6-4 考慮する潮位について	340
7. 津波堆積物調査結果	343
参考資料	353
参考文献	369

3章関連 空中写真判読結果(川白)(1/3)

- 地すべり地形DBと整合的に、17箇所のブロックに分かれている。
- 山側に、地すべり地形縁辺部が開析され、海岸線に向けて小規模化していく。
- 海岸線付近に小規模な滑落崖が認められる。

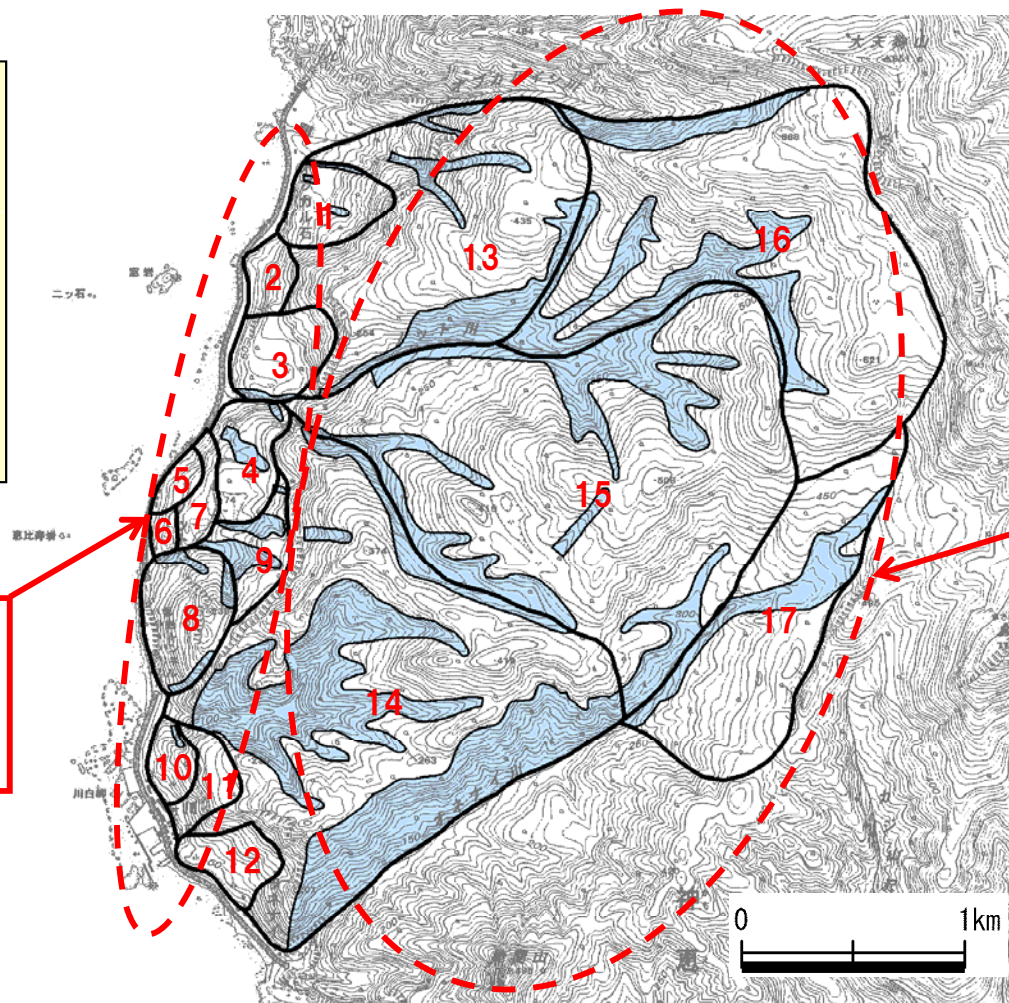


- 山側と海岸線付近のブロックは、特徴(規模・開析度合い)が異なる。
- 山側のブロックは、安定していると推定される。
- 海岸線付近のブロックは、不安定と推定される。

海岸線付近のブロックに滑落崖が認められる。

凡例

 : 開析範囲

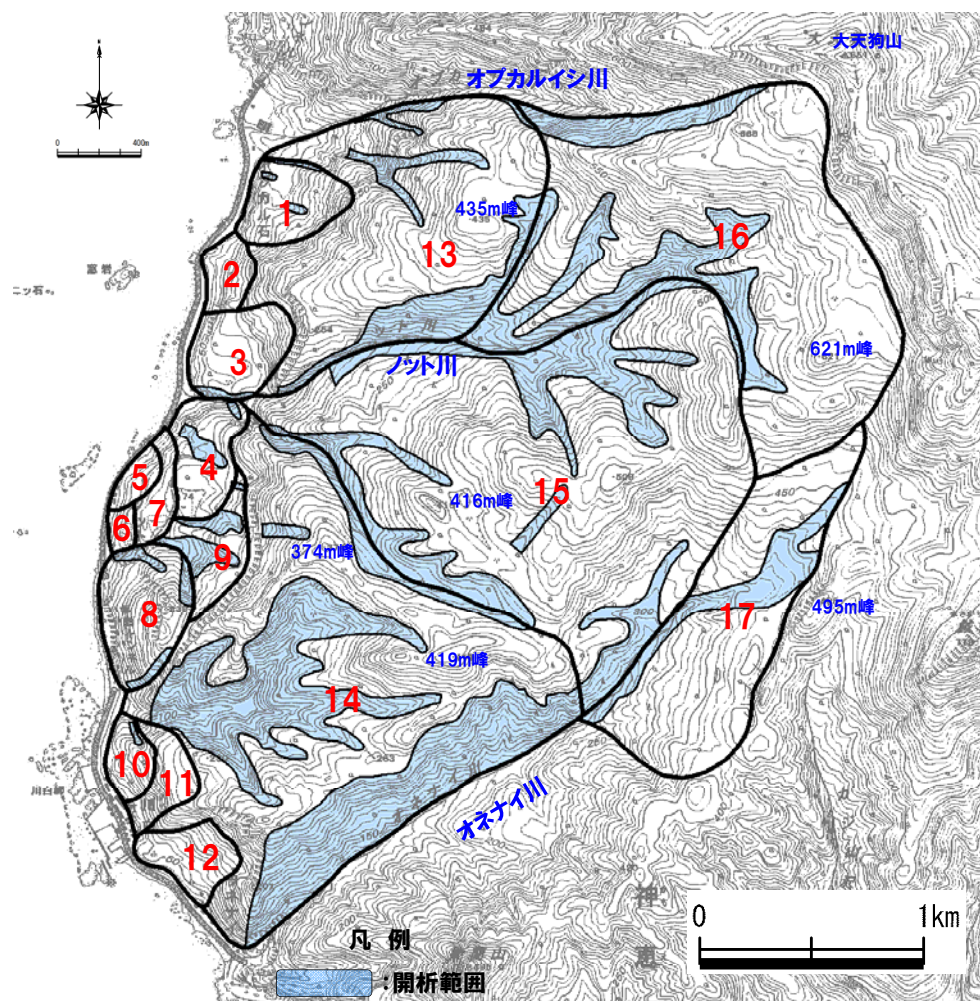


山側は地すべり地形の開析が進んでいる。

空中写真判読結果

3章関連 空中写真判読結果(川白)(2/3)

- 川白地すべりは、知見及び空中写真判読結果より、標高200m程度以下の海岸線付近の小規模なブロック1~12、その上部から大天狗山周辺の背後山地までのブロック13~17に大別できる。
- 海岸線付近に小規模な滑落崖が認められ、山側に地すべり地形縁辺部が開析され、海岸線に向けて小規模化していく特徴がある。



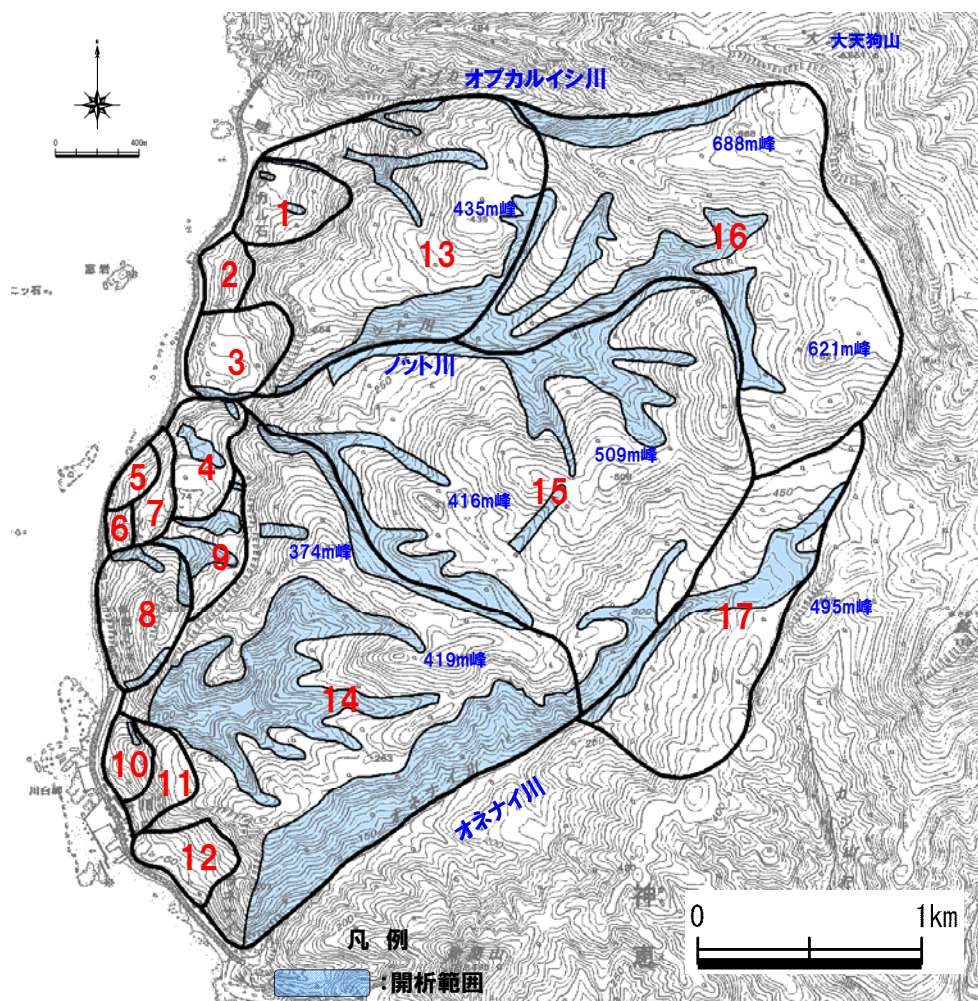
空中写真判読結果

【海岸付近】

- ブロック1: 標高250m付近に滑落崖様の遷急線、斜面基部で緩傾斜の崖錐地形が認められる。北側方産はやや開析されている。
- ブロック2: 標高150m付近に遷急線、前面に緩傾斜及び平坦面が認められる。
- ブロック3: 標高250m付近に滑落崖様の急崖、崖基部に崖錐地形、その前面に緩斜面や平坦面及び陥没地形が認められる。
- ブロック4~9: 大局的にはブロック9を頂部とする大ブロックであるが、地形に不連続が認められ、それぞれの活動時期に差があることから、各々は別ブロックと推定される。
- ブロック4: 標高100m付近に滑落崖、前面に鞍部、緩斜面及び陥没地形が認められる。北側方産はブロック9側方産と同じ。
- ブロック5: ブロック7の緩斜面前縁に遷急線が認められ、その基部に斜面堆積物が分布していることから、ブロック7と活動時期が異なるものと推定される。
- ブロック6: ブロック5と同様に、ブロック7の緩斜面前縁に遷急線が認められるが前面の堆積物の分布は狭い。側方産はブロック5・8に切られていることから両ブロックより活動時期は古いと推定される。
- ブロック7: ブロック4の平坦面前縁に遷急線が認められ、その基部に緩傾斜の斜面堆積物が分布している。ブロック4~6の遷急線の位置関係から活動時期が異なると推定され、各々は別ブロックと判断される。
- ブロック8: 南側方産はブロック9と同じであるが、ブロック9の緩斜面の途中で滑落崖が認められ、その前面に並行して急崖が数条認められる。
- ブロック9: 大局的にはブロック9を頂部とする大ブロックであり、374m峰の前縁の滑落崖、基部の緩斜面及び平坦面が認められ、ブロック4・7・8の滑落崖に切られる。
- ブロック10: ブロック内11に位置し、ブロック11の斜面の途中の遷急線からやや傾斜がきつい斜面となる。ブロック上部で自破砕溶岩の露頭が認められることや、ブロック14内の開析された谷の延長に当たることから、谷からの堆積物の可能性も考えられる。
- ブロック11: ブロック14前縁、標高200m付近の遷急線及び基部の緩斜面が認められ、その前面はブロック10の急崖に続く。
- ブロック12: 標高250m付近の急崖から斜面に連続し、斜面基部の標高50m付近にやや平坦面が認められる。

3章関連 空中写真判読結果(川白)(3/3)

○ブロック13～17は、開析が進んでいる地すべり地形である。ブロック14・15は孤立した尾根に見えるが、地すべり地形DB等を参考に詳細空中写真判読を実施した。



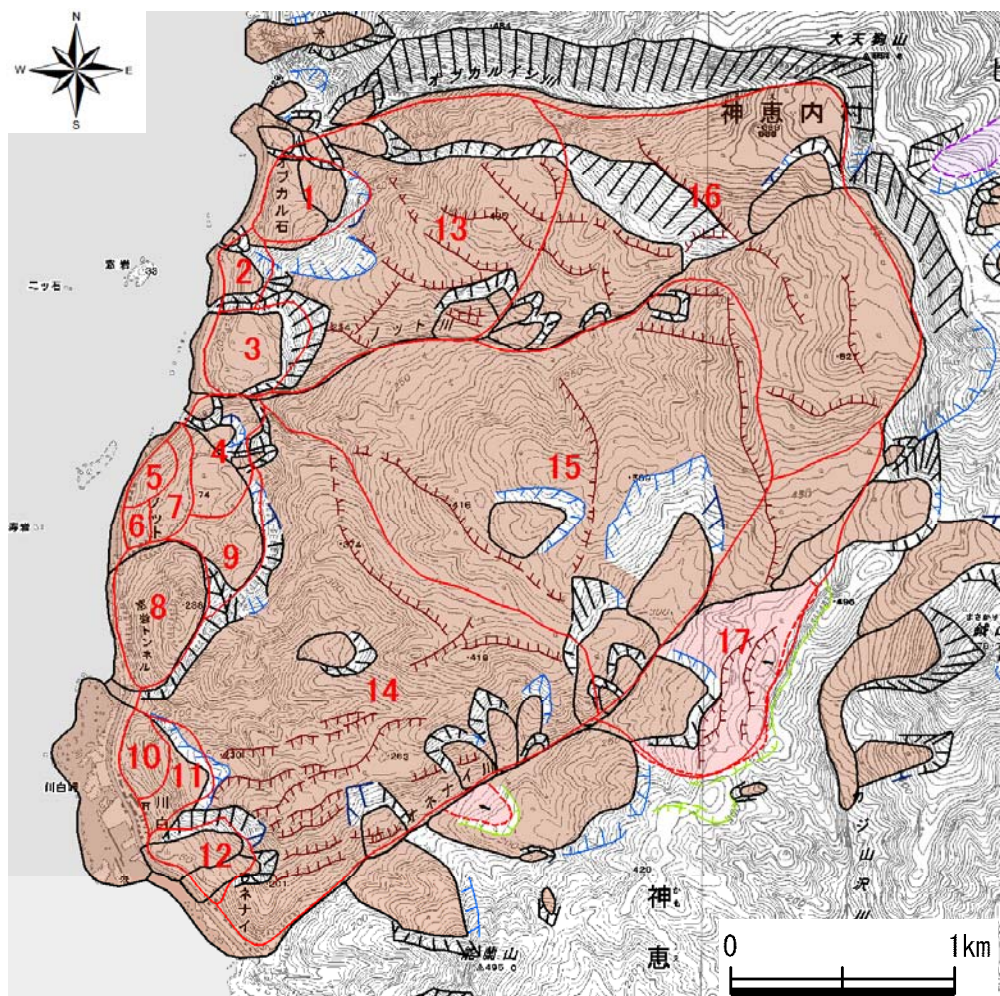
空中写真判読結果

【山側のブロック】

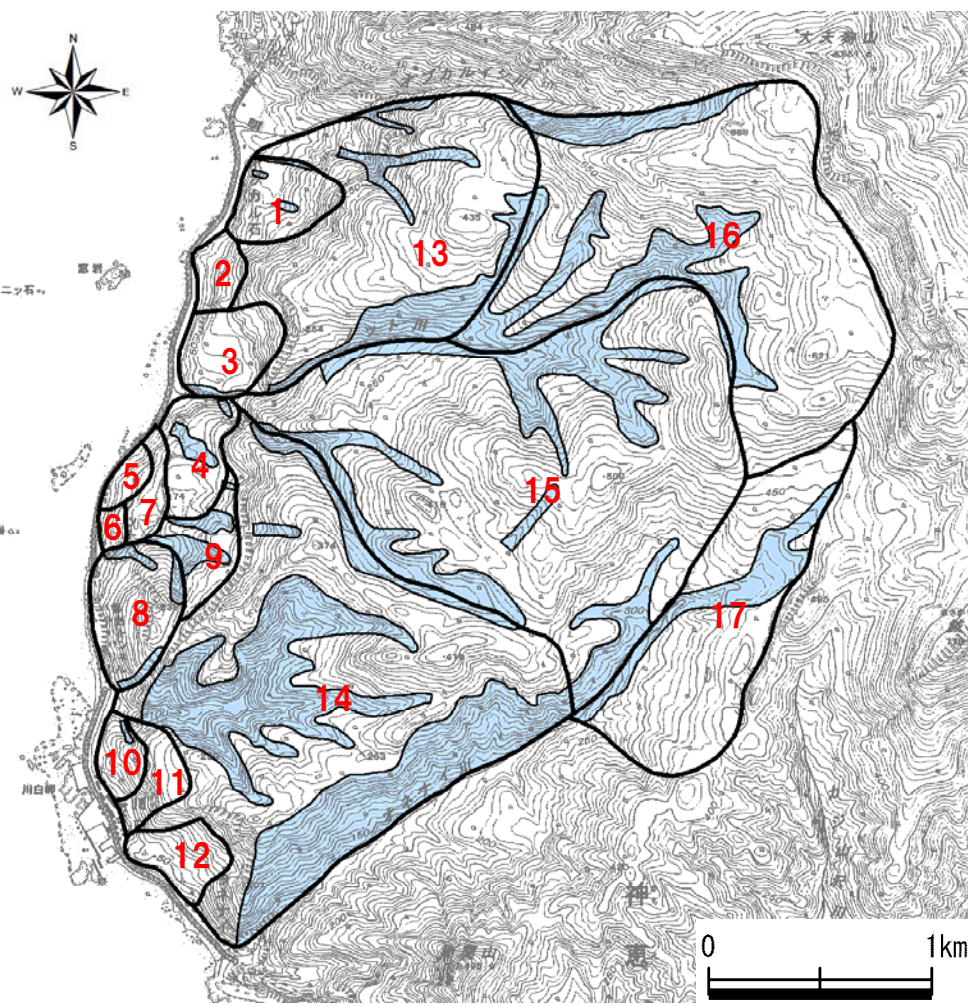
- ブロック13: ブロック16とは地表の最大傾斜方向が異なること(ブロック16SW方向, ブロック13W方向), 435m峰平坦部と背後の急斜面との地形境界, 435m峰背後とノット川を結ぶ沢地形を境界としてブロックを区分した。ノット川及びノット川～435m峰の沢は開析され樹枝状に発達した沢地形を呈している。側方崖はオプカルイシ川とノット川になる。
- ブロック14: 419m峰からなる独立した山地と推定され, ブロック14とブロック15の境界付近の374m峰・419m峰と416m峰の間の凹地(U字)状の沢地形を境界とした。明瞭な側方崖はオネナイ川となる。ブロック境界沿いは開析された深く浸食された沢が発達する。
- ブロック15: 509m峰・416m峰の連続からなる孤立した山地と推定され, ブロック16の621m峰の前面の鞍部を背後崖として, 側方崖をノット川とオネナイ川とするブロックに区分した。ブロック16・17との境界は開析された沢地形を呈する。
- ブロック16: 大天狗山南南東方向に連続する急崖を背後崖とし, 側方崖をオプカルイシ川とオネナイ川源流部とするブロックに区分した。688m峰～621m峰に連続する平坦面は溶岩台地状にも判読される。
- ブロック17: 495m峰前面の急崖を背後崖とするブロックで, 最大傾斜方向は北西～南西方向を示す。

3章関連 空中写真判読結果と地すべり地形DBの比較(川白)(1/8)

- 空中写真判読結果と地すべり地形DBを比較すると、概ね整合的であるが、地すべり地形DBでは小規模の地すべりブロックも抽出している。
- 空中写真判読結果における地すべりブロックでは、ブロック1～12の海岸線付近は、ほぼ同じ、若しくは、細分化され、ブロック13～17の山側では、地すべり地形DBとほぼ外縁の形状は同じであるが小規模なブロックは抽出せず、またブロック境界に差が認められる。
- 地形判読結果に差が生じる要因として、地すべり地形DBは、縮尺4万分の1の空中写真を使用しているが、本検討では、4万分の1で概況を把握したうえで、1万5千分の1の空中写真(一部拡大)により、詳細な判読を行っていること、海岸線付近ではDEMデータを使用して縮尺2,500分の1で地形判読を行い、詳細な地形分類図を作成していることが考えられる。



地すべり地形DB



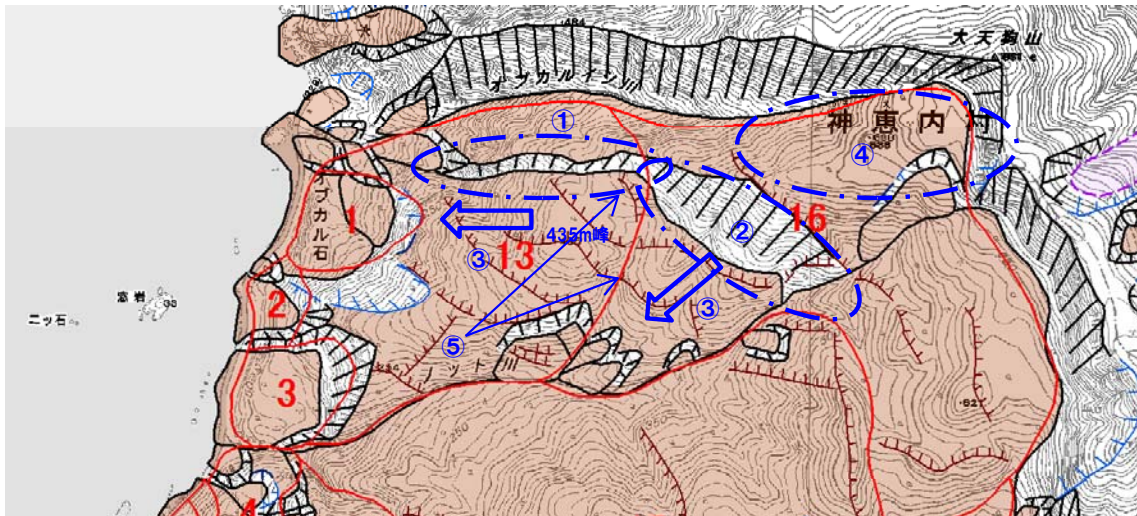
空中写真判読結果

3章関連 空中写真判読結果と地すべり地形DBの比較(川白)(2/8)

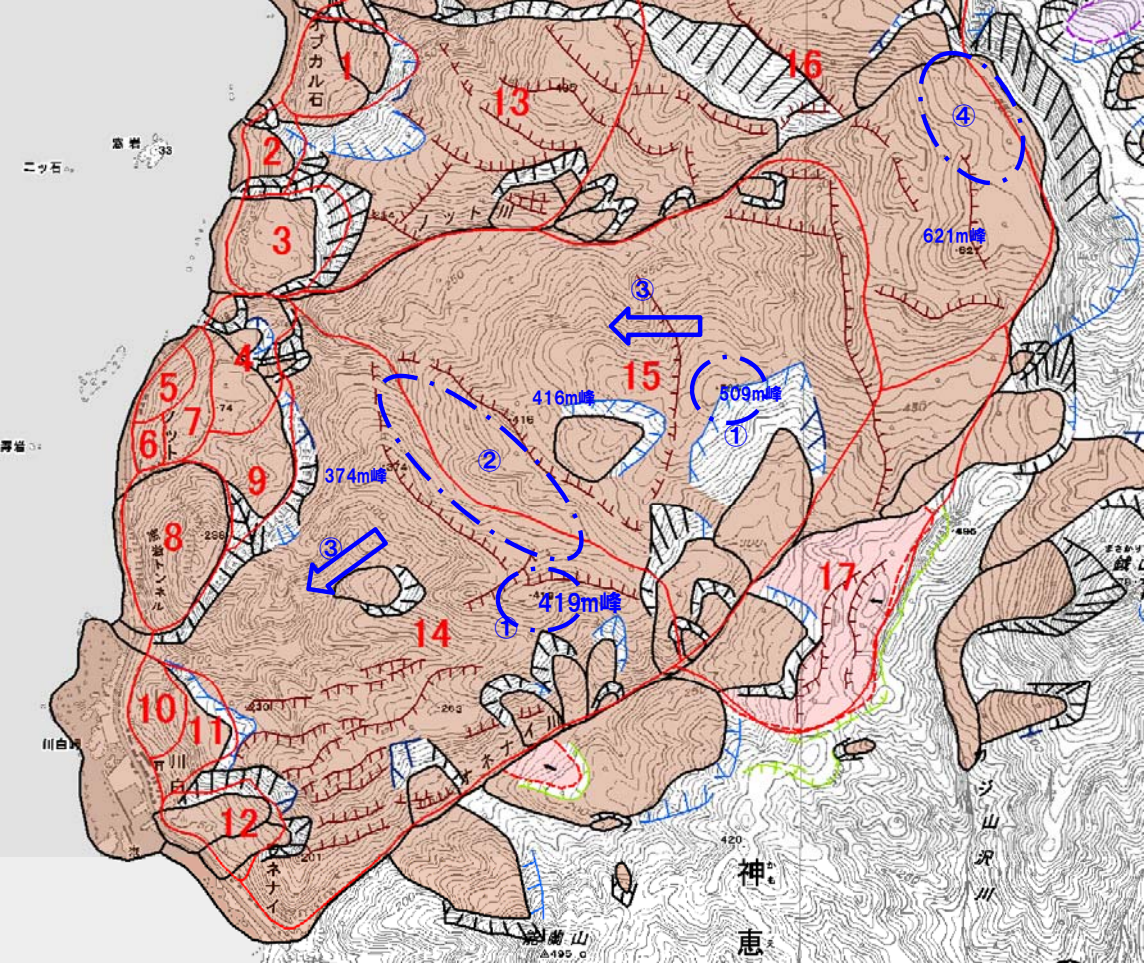
ブロック	当社空中写真判読結果	地すべり地形DB(推定)	比較
1	標高250m付近の遷急線をブロック頂部として連続する遷緩線等を境界とした。	標高250m付近に冠頂が著しく開析された滑落崖、基部の遷緩線の連続する地形境界を地すべりブロックとしている。	○抽出範囲はほぼ整合的である。
2	ブロック1・3に挟まれた範囲の標高100m付近の遷緩線をブロック頂部として、南北に分布する尾根を側方崖とした。	標高250m付近から明瞭、若しくは、不明瞭な滑落崖、標高100m付近の遷緩線を地すべりブロックの上端とし、北に小ブロックを抽出している。	○抽出範囲はほぼ整合的である。 ○地すべり地形DBの滑落崖には植生が認められる。 ○空中写真判読では北の小ブロックは一括して抽出した。
3	標高200m付近の遷緩線をブロック頂部として、側方崖は北側をブロック2の境界付近の尾根、南側をノット川とした。	標高260m付近に滑落崖の冠頂部、滑落崖基部の遷緩線をブロック頂部として、連続する遷緩線を抽出している。	○抽出範囲はほぼ整合的である。
4	標高100m付近に連続する遷緩線をブロック頂部として抽出、側方崖は北側をノット川、南側をブロック9土塊中の尾根状の地形とした。	ブロック9で一括抽出	○上方のブロック9内に遷急線が認められ、活動時期が異なると判断されることから細分した。 ○北側は小規模であることから一括した。
5	ブロック7前縁に遷急線、その基部の遷緩線が連続することからブロックとして細分した。		○ブロック7内に連続する遷緩線が認められ、活動時期が異なると判断されることから細分した。
6	ブロック5と同様。		○ブロック7内に連続する遷緩線が認められ、活動時期が異なると判断されることから細分した。 ○側方崖はブロック5・8に切られることから相対的に古いと推定される。
7	ブロック4・9前縁に遷急線、その基部の遷緩線が連続することからブロックとして細分した。		○ブロック7内に連続する遷緩線が認められ、活動時期が異なると判断されることから細分した。
8	南側はブロック9の側方崖と同一、北側ではブロック9内の尾根地形基部に遷緩線、平坦面が認められ、連続する遷緩線を抽出した。	当社空中写真判読結果とほぼ同様である。	○抽出範囲はほぼ整合的である。
9	374m峰前面の遷急線基部をブロック頂部として連続する遷緩線を抽出した。ブロック4・7・8に切られる。	当社空中写真判読結果とほぼ同様であるが、ブロック4の一部も含めて抽出している。	○抽出範囲はほぼ整合的である。 ○DEMデータを使用し、縮尺2,500分の1で微地形も判読し、細分されたことから、評価が異なるものと推定される。

3章関連 空中写真判読結果と地すべり地形DBの比較(川白)(3/8)

ブロック	当社空中写真判読結果	地すべり地形DB(推定)	比較
10	ブロック11内に遷緩線が認められ、連続する地形を抽出した。	細分されずブロック11で抽出している。	○DEMデータを使用し、縮尺2,500分の1で微地形も判読し、細分されたことから、評価が異なるものと推定される。
11	230m峰前面の遷急線から連続する斜面基部の遷緩線をブロック頂部として連続する地形を抽出した。	230m峰前面の遷急線を不明瞭な滑落崖冠頂部とし、基部の遷緩線をブロック頂部として連続する地形を抽出している。	○抽出範囲はほぼ整合的である。
12	標高150m付近の遷緩線をブロック頂部として連続する地形を抽出した。	標高260m付近を滑落崖冠頂部とし、滑落崖基部の遷緩線をブロック頂部として連続する地形を抽出している。	○抽出範囲はほぼ整合的である。
13	435m峰平坦部と背後の急斜面との地形境界、435m峰背後とノット川を結ぶ沢地形をブロック境界として区分した。	オブカルイシ川右岸及び435m峰北東に滑落崖を記載し、南西方向へ移動するブロックを抽出している。	<p>○地すべり地形DBでは図中①・②において滑落崖を記載している。</p> <p>○当社空中写真判読結果及び地表地質踏査結果では、</p> <p>①:当該範囲には滑落崖は認められない。</p> <p>②:④の範囲で層状溶岩が連続することを確認している。</p> <p>○また、当該箇所では滑落崖等の地すべりを示唆する特徴は認められない。</p> <p>○③は、地形面の最大傾斜方向はブロック13ではW方向、ブロック16ではSW方向であり、傾斜方向に差が認められる。</p> <p>○⑤は、435m峰背後の鞍部にやや西向きの逆向き崖が認められ、ノット川に向かって深く浸食、開析された(樹枝状を呈する)沢地形が発達することからブロック境界とした。</p>

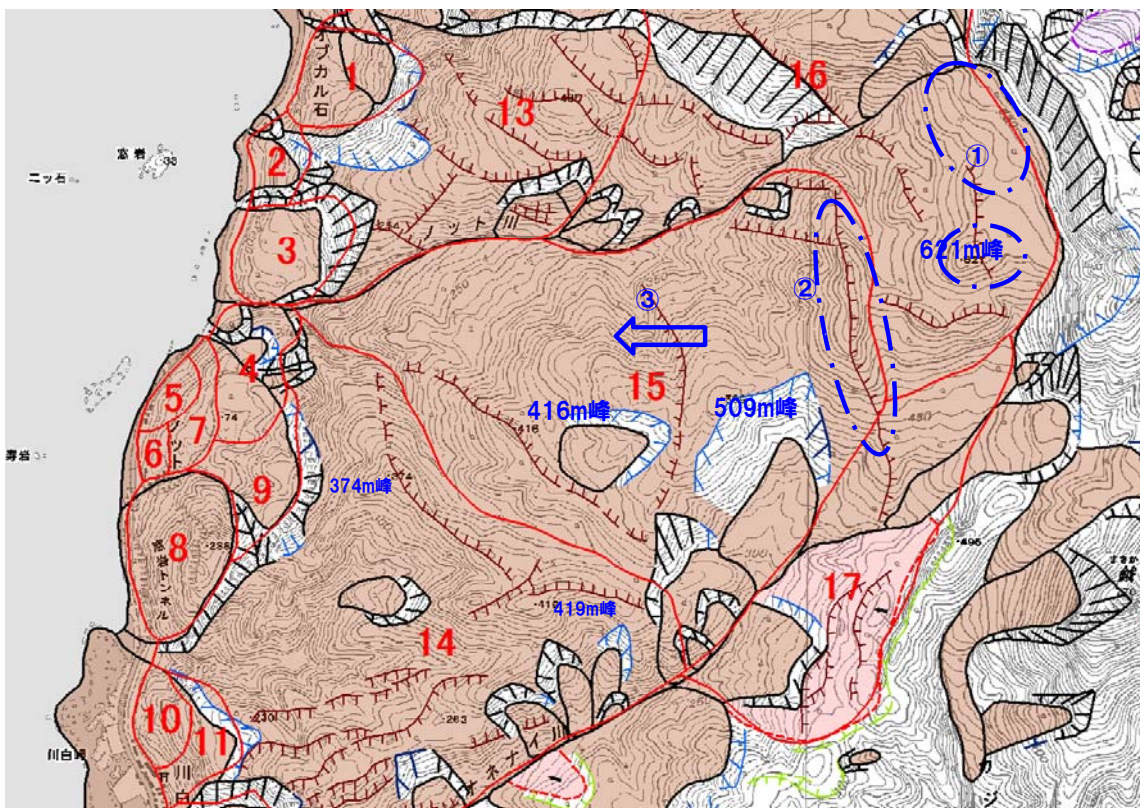


3章関連 空中写真判読結果と地すべり地形DBの比較(川白)(4/8)

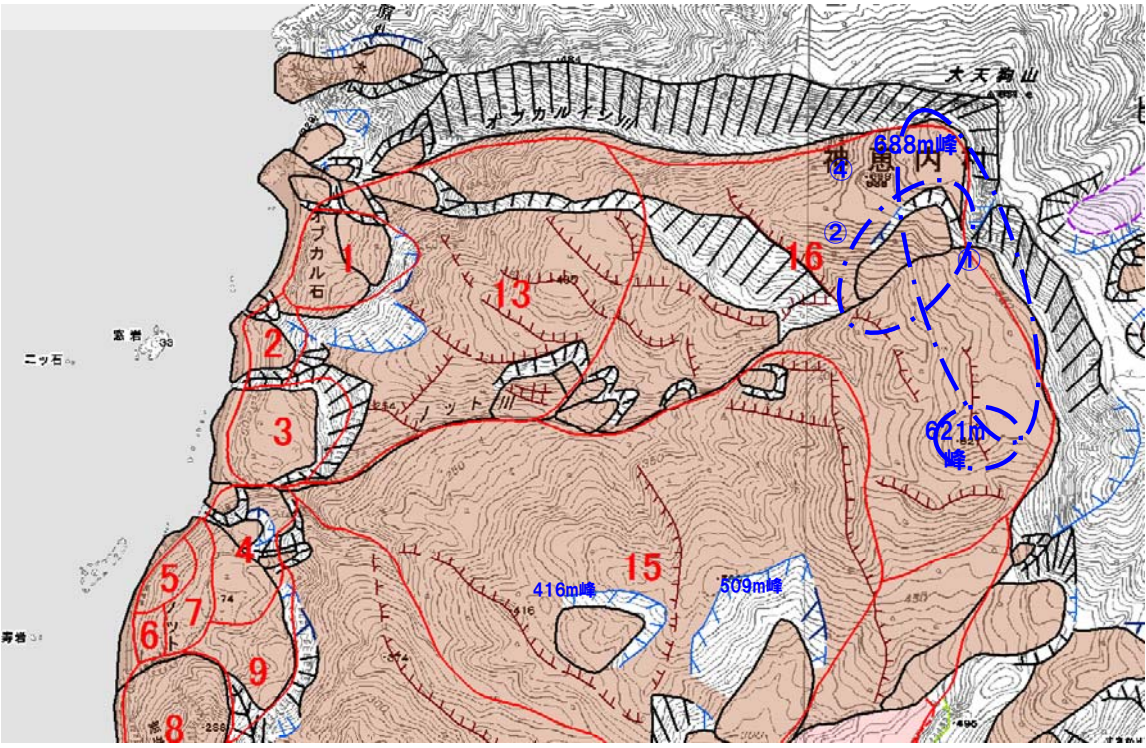
ブロック	当社空中写真判読結果	地すべり地形DB(推定)	比較
14	419m峰からなる独立した山地と推定され、ブロック14の374m峰・419m峰と、ブロック15の416m峰の間の凹地(U字)状の沢地形を境界とした。	大天狗山から連続する滑落崖を冠頂部として側方崖をノット川及びオネナイ川として、当社空中写真判読結果のブロック14・15及びブロック16の一部を一連の地すべり地形と抽出している。	<p>○当社空中写真判読結果では、</p> <ul style="list-style-type: none"> ①:(独立した山地地形)ブロック14・15ともに、それぞれ509m峰・419m峰という独立した山地と推定される。 ②:(開析された深い沢地形が発達)地すべりブロック境界とした箇所には、兩岸の尾根との比高が約70~100mと深い沢が発達し、地形勾配が不連続であること、組織地形によるブロック境界の可能性が考えられる。 ③:(最大傾斜方向が異なる)地形面の最大傾斜方向が、ブロック14ではSW方向、ブロック15ではW方向であり、傾斜方向に差が認められる。 <p>○以上のことから、それぞれ別ブロックと評価した。</p>
			

3章関連 空中写真判読結果と地すべり地形DBの比較(川白)(5/8)

ブロック	当社空中写真判読結果	地すべり地形DB(推定)	比較
15	509m峰・416m峰からなる孤立した山地と推定され、ブロック16の621m峰の前面の鞍部を背後崖として、側方崖をノット川とオネナイ川とするブロックに区分した。	大天狗山から連続する滑落崖を冠頂部として側方崖をノット川及びオネナイ川として、当社空中写真判読結果のブロック14・15及びブロック16の一部を一連の地すべり地形と抽出している。	<p>○ブロック14との境界は、前述のとおり。</p> <p>○ブロック15・16境界について、当社空中写真判読結果及び地表地質踏査結果では、</p> <ol style="list-style-type: none"> ①:(連続する地形) 621m峰の北において溶岩台地状の地形が大天狗山前面から連続する。 ②:(逆向き崖の方向) 地すべり地形DBでは、621m峰西の鞍部に南北方向の逆向き崖が記載され、当社空中写真判読でも同様の地形を確認している ③:(最大傾斜方向) 地形面の最大傾斜方向がブロック15・16境界付近はほぼW方向である。 <p>○以上のことから、②に認められる逆向き崖付近の連続する沢地形をブロック15・16境界とした。</p> <p>○ブロック17との境界は開析された沢地形を呈するオネナイ川とした。</p>

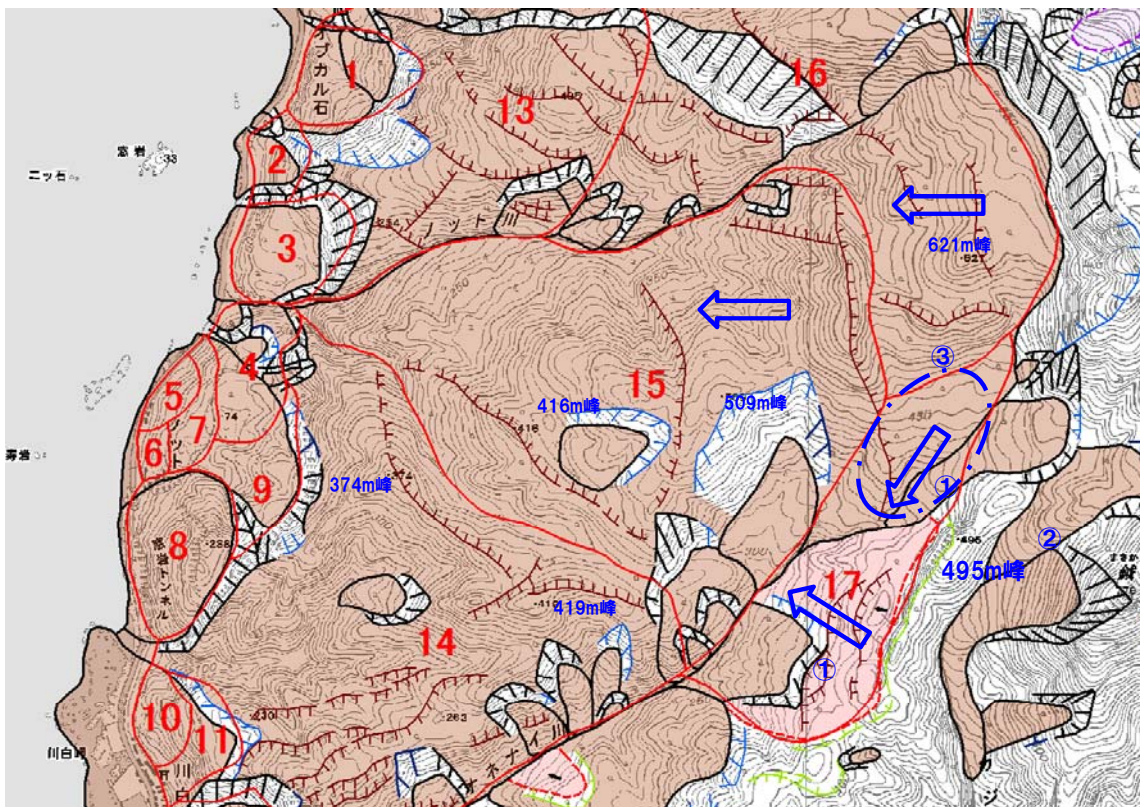


3章関連 空中写真判読結果と地すべり地形DBの比較(川白)(6/8)

ブロック	当社空中写真判読結果	地すべり地形DB(推定)	比較
16	大天狗山南南東方向に連続する急崖を背後崖とし、側方崖をオプカルイシ川とオネナイ川源流部とするブロックに区分した。688m峰～621m峰に連続して、溶岩台地状の平坦面が判読される。	大天狗山西の滑落崖を冠頂部とし、側方崖をオプカルイシ川、ノット川とするブロックで抽出している。	<ul style="list-style-type: none"> ○ブロック13及びブロック15との境界については、前述のとおり。 ○地すべり地形DBでは、小規模なブロックを記載している。 ○当社空中写真判読結果及び地表地質踏査結果では、 <ul style="list-style-type: none"> ①:当該範囲で層状溶岩が連続することを確認している。 ②:地すべり地形DBの小規模な地すべりブロック付近の斜面では、層状溶岩起源の崖錐地形を確認している。 ○これらのことから、ブロック16をノット川で分割せず、一括して評価した。
			

3章関連 空中写真判読結果と地すべり地形DBの比較(川白)(7/8)

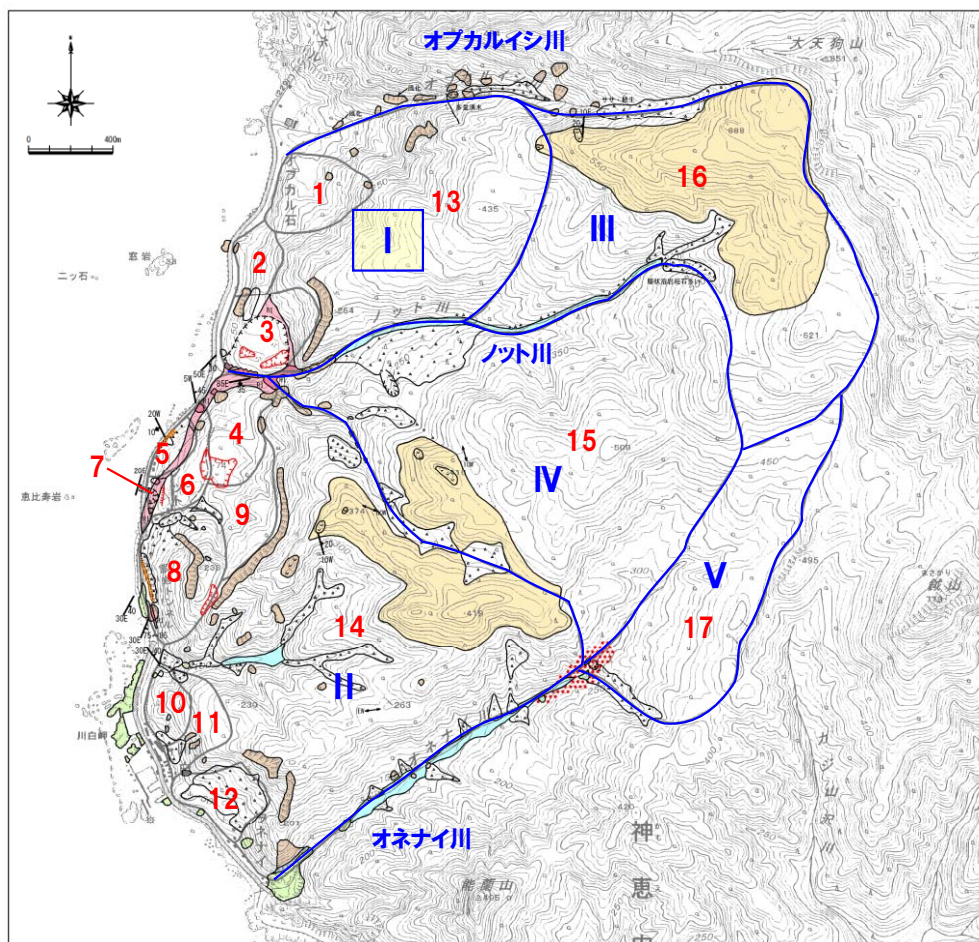
ブロック	当社空中写真判読結果	地すべり地形DB(推定)	比較
17	495m峰前面の急崖を背後崖とするブロックで、最大傾斜方向は北西～南西方向を示す。	オネナイ川両岸に小規模なブロックを抽出している。	<p>○当社空中写真判読結果では、</p> <ul style="list-style-type: none"> ①:ブロックの最大傾斜方向は、上流側がSW方向、下流側NW方向で、斜交する関係にある。 ②:地すべり地形DBでは、495m峰の東方に地すべり地形を記載しているが、オネナイ川には到達していない。 ③:当該範囲は最大傾斜方向がSW方向で、ブロック16とは傾斜方向が異なることから、別ブロックとして区分した。また他ブロックと比較して斜面勾配が緩く、植生が認められる。 <p>○以上のことから、背後斜面起源の崖錐地形と推定される。</p>



3章関連 空中写真判読結果と地すべり地形DBの比較(川白)(8/8)

- 地すべり地形DBの分布図と、当社空中写真判読結果及び地表地質踏査結果も考慮した判読図を比較した。
- 地すべり地形分布は概ね整合的であるが、ブロックの区分に差が生じた。
- その要因としては、以下の理由が考えられる。
 - 使用している空中写真の縮尺が異なること。
(地すべり地形DB:4万分の1, 当社空中写真判読:4万分の1 → 1万5千分の1)
 - 海岸部において、DEMデータを使用して2,500分の1の縮尺で地形判読を行っていること。
 - 地形区分に当たって、地表地質踏査結果も考慮していること。

3章関連 地表地質踏査結果(川白)(1/4)



○川白地すべりは、河川や尾根の位置から5ブロック(I~V)に分けられ、海岸付近では細分されて、合計17の小ブロックが認められる状況である。

○地表地質踏査結果によれば、それぞれの大ブロックは、以下の特徴を有する。

○**ブロックI**:ブロック13及び海岸部のブロック1~3から構成される。

➢北側方崖部 :オブカルイシ川中流までの右岸斜面及び河床で、自破碎溶岩の連続露頭が分布する。

➢背後崖部 :オブカルイシ川中流からノット川中流にかけての尾根部を横断する部分の最標高部で、層状溶岩が分布する。

➢南側方崖部 :ノット川河口から中流部に掛けて、標高50mまでブロック3・4の側方崖、標高50m~100mで白色凝灰岩及び自破碎溶岩の基盤の連続、標高100m以上で緩勾配の平坦面がそれぞれ分布する。

➢舌端部(海岸部):ブロック1~3が分布する。

ブロック1 下段及び上段は自破碎溶岩の分布する急崖、中段は標高50m前後に平坦面~緩斜面が認められる。

ブロック2 下段に自破碎溶岩が分布し、標高20m付近に段丘状の平坦面、標高20m~40m付近は落石堆の緩斜面、標高40m以上は自破碎溶岩の急崖が認められる。

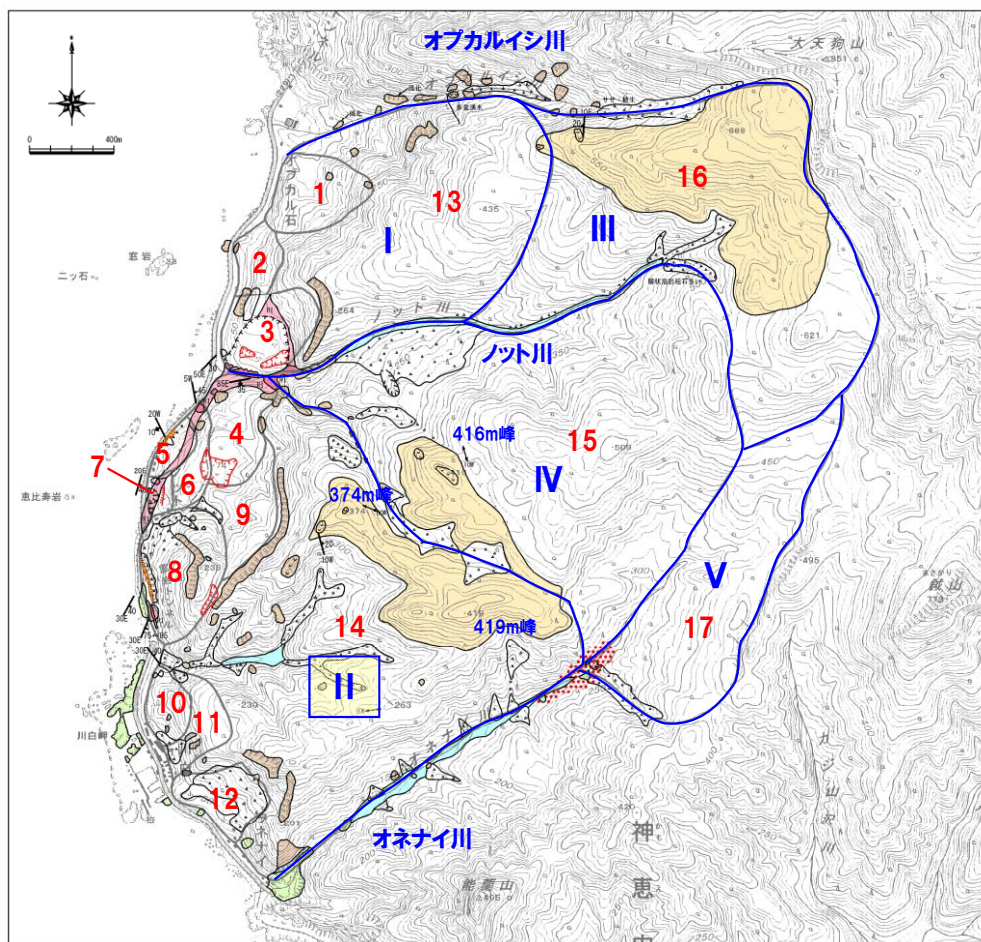
ブロック3 標高60m~70mの段丘状の平坦面に陥没地形、段丘崖にはすべり面、標高70mの遷急線以上は崖錐斜面、標高250mの自破碎溶岩の急崖が認められる。



青字:大ブロック

赤字:小ブロック

3章関連 地表地質踏査結果(川白)(2/4)



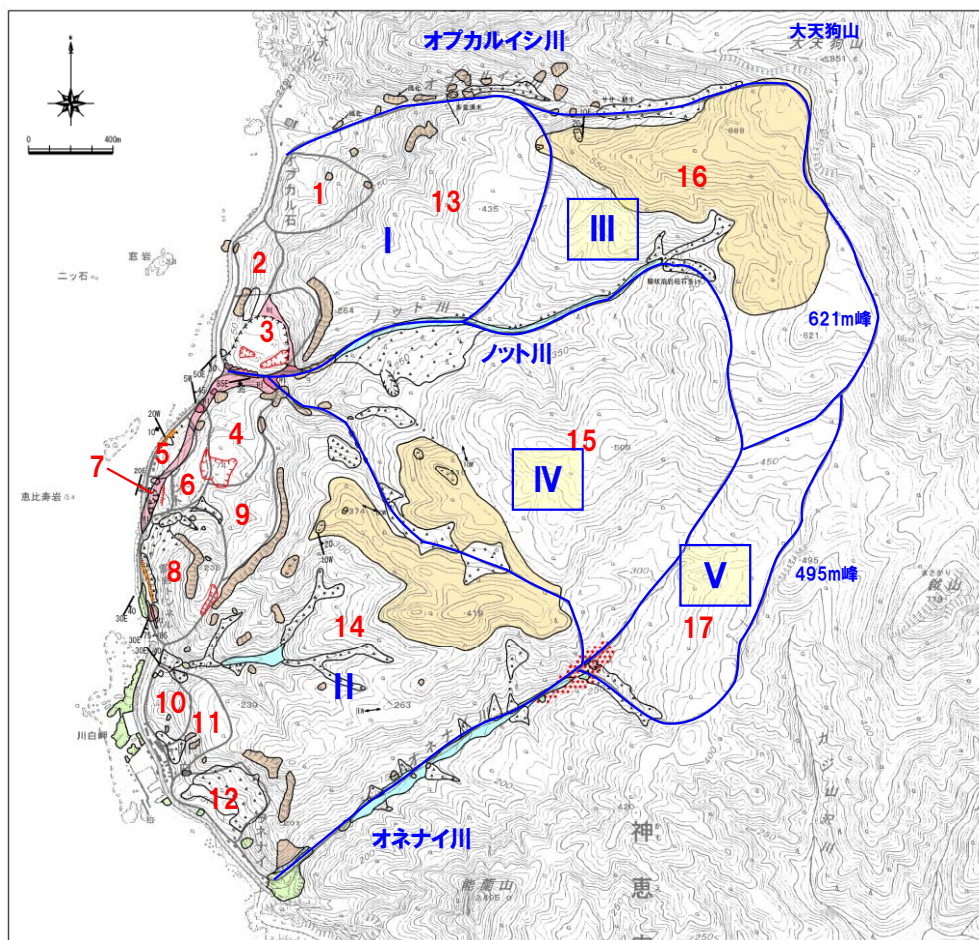
○**ブロックII**: ブロック14及びブロック4~12から構成される。

- ▶ **北側方崖部** : ノット川下流の標高50m付近の枝沢から374m峰と416m峰に挟まれた鞍部で、河床及び尾根で自破碎溶岩が分布する。
- ▶ **背後崖部** : 419m峰西側背後の鞍部~オネナイ川にかけて、層状溶岩が分布し、緩傾斜のU字谷を形成する。
- ▶ **南側方崖部** : オネナイ川河口から中流域にかけて、河床は土石流堆の認められない緩勾配の平坦面であり、河口から標高100m付近まで基盤岩の連続露頭が分布し、標高100m以上は両崖ともに露岩状態で、崩壊地形は認められない。
- ▶ **舌端部(海岸部)** : ブロック4~12が分布する。
 - ブロック4** 標高80m~90mに南北方向の鞍部地形がブロック中央部を縦断し、**鞍部中央に比高10m程度の陥没地形**、標高90mの遷急線に自破碎溶岩の急崖が認められる。
 - ブロック5** 破碎された頁岩・凝灰岩互層部が小規模に露出し、せん断面を伴う弱線、著しい走向傾斜の乱れ及び地層の変位が認められる。
 - ブロック6,7** 地層の乱れ、引張亀裂、鞍部、陥没地形等の地すべりの微地形が顕著に認められ、**ブロック南側に押え盛土の応急対策**、ブロック中段に白色凝灰岩が認められる。
 - ブロック8** 窓岩トンネル付近で、汀線部に基盤破碎帯が分布し、一部、**低角せん断面**が認められる。
 - ブロック9** 自破碎溶岩が連続して分布する。
 - ブロック10** 標高50mまでは基盤のプロピライトや硬質頁岩が分布し、標高50m以上で自破碎溶岩の露頭が認められる。
 - ブロック11** 北側方崖はU字谷で基盤が分布し、南側方崖は川白集落背後の尾根部に当たり、自破碎溶岩が分布する。
 - ブロック12** 標高30~40mで基盤岩の露出、標高50~150mの緩斜面で崖錐堆積物、標高150m以上の急崖で自破碎溶岩の分布が認められる。



青字:大ブロック
赤字:小ブロック

3章関連 地表地質踏査結果(川白)(3/4)



○ブロックIII:ブロック16。

- ▶北側方崖: オブカルイシ川中流部の標高350mから大天狗(おおてんぐ)山(854m)直下に至る沢筋で、標高450mまで自破碎溶岩の連続露頭、標高450m以上は緩傾斜で開析された沢筋を形成し、標高650m以上は大天狗山を形成する溶岩台地の末端が露岩する。
- ▶背後崖: 大天狗山を形成する溶岩台地の末端に相当し、海側にかけて層状溶岩が幅数百mの山頂平坦面～極緩斜面を形成する。
- ▶南側方崖: 621m峰背後の鞍部～オネナイ川最上流源流部の沢筋で、遷緩線を形成する。

○ブロックIV:ブロック15。

- ▶北側方崖: ノット川下流部の標高100m付近～ノット川上流部のブロックIII前面の層状溶岩部に至る土石流堆の認められない沢筋で、標高150m付近まで自破碎溶岩の連続露頭、標高150m以上は開析された河床がブロックIII前面まで連続し、両岸の緩斜面には崩壊地形は認められない。
- ▶背後崖部: ブロックIII前面の層状溶岩部で、開析された沢筋を形成する。
- ▶南側方崖: オネナイ川中流部から上流部にかけての河床で、変質安山岩が分布し、緩傾斜で開析された沢筋を形成する。

○ブロックV:ブロック17。

- ▶北側方崖: 地すべりブロックIIIの南側方崖と同じ。
- ▶背後崖部: 鉞(まさかり)山前面の495m峰西斜面の露岩部で、脚部は標高400m程度の遷緩線で、鞍部が連続する。
- ▶南側方崖: オネナイ川中流の標高200m付近から東南方向に延びる沢筋で、オネナイ川との合流部には変質安山岩が分布する。

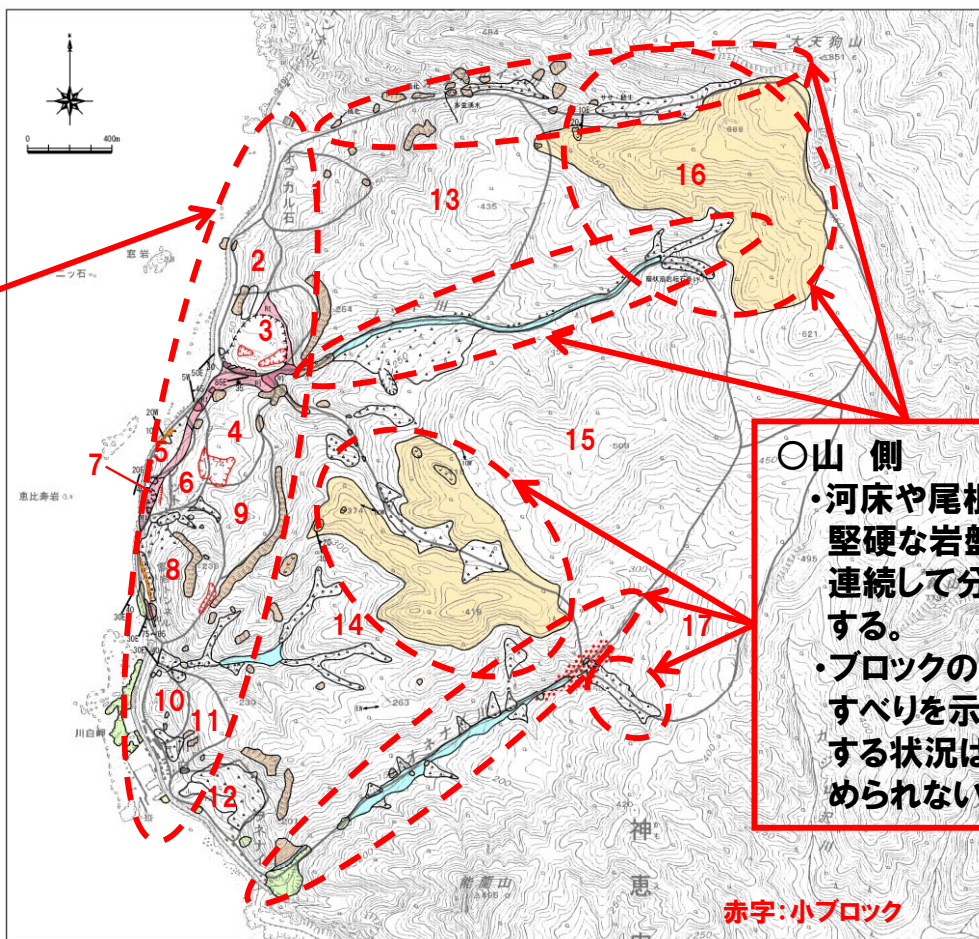


青字:大ブロック

赤字:小ブロック

3章関連 地表地質踏査結果(川白)(4/4)

- 海岸部
・小規模ながら、地すべりを示唆する状況が認められる。



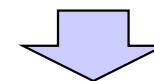
- 山側
・河床や尾根に堅硬な岩盤が連続して分布する。
・ブロックの地すべりを示唆する状況は認められない。

○海岸部(ブロック1~ブロック12)には、小規模ながら、地すべり、陥没地形、滑落崖様の地形等のブロックの地すべりを示唆する状況が認められる。

○山側(ブロック13~ブロック17)の境界には、以下の状況が認められる。

- 河床に堅硬な岩盤が連続して分布する。
- ブロックの地すべりを示唆する状況は認められない。

○空中写真判読結果と整合的。



○山側と海側でブロックの特徴や基盤の状況が異なる。

○山側(ブロック13~ブロック17)
→安定ブロック群

○海岸部(ブロック1~ブロック12)
→不安定ブロック群(の可能性)

ルートマップ・写真位置

赤字:小ブロック

1. 地震以外の津波	4
2. 火山による山体崩壊に伴う津波	6
2-1 島原眉山崩壊による津波の考察	8
2-2 検討対象の抽出(海域火山)	11
2-3 検討対象の抽出(陸域火山)	14
2-4 津波影響評価	44
3. 陸上の斜面崩壊(陸上地すべり)に伴う津波	67
3-1 リツヤ湾津波に関する考察	71
3-2 川白に関する検討結果	81
3-3 兜岩に関する検討結果	138
3-4 堀株に関する検討結果	159
3-5 二つ岩に関する検討結果	163
3-6 弁慶岩に関する検討結果	170
3-7 津波影響評価	183
4. 陸上の斜面崩壊(岩盤崩壊)に伴う津波	215
4-1 岩盤崩壊に関する検討	217
4-2 津波影響評価	268
5. 基準津波の策定	296
6. 津波に対する安全性	312
6-1 砂移動評価について	314
6-2 取水路の水位変動について	320
6-3 貯留堰の容量について	334
6-4 考慮する潮位について	340
7. 津波堆積物調査結果	343
参考資料	353
参考文献	369

参考文献

- (1) 松澤勲(1988):自然災害科学事典, 築地書館.
- (2) 井口隆(2004):日本の第四紀火山における土砂災害の実態と発生予測に関する研究, 千葉大学学位申請論文.
- (3) 中村浩之・井上公夫・土屋智・石川芳治(2000):地震砂防, 古今書院.
- (4) 太田一也(1987a):眉山大崩壊のメカニズムと津波, 月刊地球, 9巻4号, pp.214-220.
- (5) 産業技術総合研究所(2013):日本の火山(第3版).
- (6) 兼岡一郎・井田喜朗(1997):火山とマグマ, 東京大学出版社.
- (7) 小疇尚・野上道男・小野有五・平川一臣(2003):日本の地形2 北海道, 東京大学出版社.
- (8) 新エネルギー総合開発機構(1986):昭和60年度全国地熱資源総合調査(第2次)火山性熱水対流系地域タイプ①(ニセコ地域)調査 火山岩分布年代調査報告書 要旨.
- (9) 新エネルギー総合開発機構(1987)⁽¹⁾:昭和61年度全国地熱資源総合調査(第2次)火山性熱水対流系地域タイプ①(ニセコ地域)地熱調査成果図集.
- (10) 新エネルギー総合開発機構(1987)⁽²⁾:全国地熱資源総合調査(第2次)火山性熱水対流系地域タイプ①ニセコ地域火山地質図1:50,000, ニセコ地域地熱地質編図1:100,000 説明書.
- (11) 児玉浩・宇井忠英・中川光弘(1998b):ニセコ火山群の火山活動史, 日本岩石鉱物鉱床学会 平成9年度学術講演会予稿集, p.8.
- (12) 勝井義雄・岡田弘・中川光弘(2007):北海道の活火山, 北海道新聞社.
- (13) 気象庁(2013):日本活火山総覧(第4版).
- (14) 奥野充(2003):ニセコ・イワオヌプリ, 大雪山・旭岳, 屈斜路・アトサヌプリにおける最新噴火の年代学的研究, 文部省科学研究費重点領域研究 北海道における完新世火山の火山活動特性の評価研究成果報告書, pp.13-23.
- (15) 北海道日本海沿岸における大規模岩盤崩落検討委員会:北海道日本海沿岸における大規模岩盤崩落検討委員会報告書, 平成12年10月.
- (16) 井口隆(2006):日本の第四紀火山で生じた山体崩壊・岩屑なだれの特徴-発生状況・規模と運動形態・崩壊地形・流動堆積状況・発生原因について-, Journal of the Japan Landslide Society, Vol.42, No.5 (2006) January, pp.409-420.
- (17) Kaneoka Ichiro, Hiromitsu Yamagishi and Masahiro Yahata(1987):K-Ar Ages of the Neogene Submarine Volcanic Rocks and Overlying Quaternary Subaerial Lavas from the Mt.karibayama Area, Southwest Hokkaido, Bull. Volcanol. Soc. Japan, Ser.2, Vol, 32 (1987) No. 4, pp. 329-333.
- (18) 秦光男・佐藤博之・須田芳朗・小川健三(1979):20万分の1地質図「久遠」, 工業技術院地質調査所.
- (19) 雁沢好博(1992):西南北海道渡島半島の新第三系層序と古地理, 地理学論集, No.37, pp.11-23.
- (20) 玉生志郎(1978):ガラスによるフィッション・トラック年代測定, 日本地質学会第85年学術大会講演要旨, p.288.
- (21) 宇井忠英・中川光弘(1999):第四紀火山カタログ委員会編 日本の第四紀火山カタログ1999, 日本火山学会.
- (22) 秦光男・瀬川秀良・矢島淳吉(1982):奥尻島北部及び南部地域の地質, 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅) 地質調査所, p.83.

- (23) 鹿野和彦・吉村洋平・石山大三・Geoffrey J.Orton・大口健志 (2006) :北海道奥尻島 勝間山火山の噴出物と構造, 火山, 第51巻 (2006), 第4号, pp.211-229.
- (24) Satake,K. (2007) :Volcanic origin of the 1741 Oshima-Oshima tsunami in the Japan Sea, Earth Planets Space, Vol.59, pp.381-390.
- (25) 松本智裕・橋和正・今村文彦・首藤伸夫 (1998) :土石流による津波発生・伝播モデルの開発, 海岸工学論文集, 第45巻, pp.346-350.
- (26) 土木学会 (2002) :「原子力発電所の津波評価技術」, 土木学会原子力土木委員会津波評価部会
- (27) Kawamata,K., K.Takaoka, K.Ban, F.Imamura, S.Yamaki, and E.Kobayashi (2005) :Model of tsunami generation by collapse of volcanic eruption: The 1741 Oshima-Oshima Tsunami, Tsunamis, Vol23, pp.79-96.
- (28) 森脇寛 (1987) :崩土の到達距離予測, 日本地すべり学会誌, 地すべり, 第24巻, 第2号, pp.10-16.
- (29) Miller, D.J. (1960) :Giant waves in Lituya Bay, Alaska, Geological Survey Professional Paper 354-C, U.S.Government Printing Office, Washington D.C.
- (30) Miller, D.J. (1961) : Geology of the Lituya District, Gulf of Alaska Tertiary Province, Alaska
- (31) 鈴木隆介 (2000) :建設技術者のための地形図読図入門, 第3巻 段丘・丘陵・山地, pp.819-822.
- (32) 北海道地すべり学会 (2012) :北海道の地すべり2012, pp.249-257.
- (33) 山岸宏光・石井正之 (1979) :5万分の1地質図幅説明書「余別および積丹岬」北海道立地下資源調査所.
- (34) 藤原明敏 (1970) :地すべり調査と解析, pp.148-149.
- (35) 稲垣秀輝・大久保拓郎・長谷川修一・矢田部龍一 (2005) :古期地すべりの安定性, 土と基礎, Vol.53, No.2, pp.17-19.
- (36) 柳田誠・長谷川修一 (2000) :地すべり地形の年齢—地すべり地形の形成から消失までの時間—, 第39回日本地すべり学会研究発表会講演集, pp.591-594.
- (37) 国土交通省 (2008) :地すべり防止技術指針及び同解説, 平成20年4月,国土交通省砂防部 独立行政法人土木研究所, p.52.
- (38) 水山高久・吉松弘行・鈴木浩之 (1985) :湛水した砂防ダムに流入する土石流の影響, 第29回水理講演会論文集, pp.639-644.
- (39) 道上正規・檜谷浩・木戸 正二 (1996) :貯水池内での土砂流入に伴う水面波に関する実験的研究.
- (40) 松村和樹・高濱淳一郎・嶋大尚・村上正人・道上正規・檜谷浩・哇森雅樹・北栄雅人 (1997) :土塊が水域に突入することによる段波の形成過程に関する実験的研究.
- (41) 山田剛二・渡正亮・小橋澄治 (1971) :地すべり・斜面崩壊の実態と対策, pp.310-325.
- (42) 土木学会 (1997) :大規模岩盤崩壊に関する技術検討委員会報告書.
- (43) 川本眺万 (1975) :岩盤力学, p.161.
- (44) 米田哲朗・林謙二・ダカールゴネス・柏谷公希・金子勝比古 (2002) :北海道積丹半島における火砕岩の特性と岩盤崩壊の要因について, Journal of the Japan Landslide Society 39 (1), pp.14-21.
- (45) 藤井直樹・大森政則・高尾誠・金山進・大谷英夫 (1998) :津波による海底地形変化に関する研究, 海岸工学論文集, 第45巻, pp.376-380.

- (46) 高橋智幸・首藤伸夫・今村文彦・浅井大輔(1999):掃流砂層・浮遊砂層間の交換砂量を考慮した津波移動床モデルの開発, 海岸工学論文集, 第46巻, pp.606-610.
- (47) 土木学会(1999):水理公式集(平成11年版), p.245, pp.374-376.
- (48) 千秋信一(1967):発電水力演習, 学献社, pp.83-87.
- (49) 電力土木技術協会(1995):火力・原子力発電所土木構造物の設計(増補改訂版), p.788, pp.828-833.
- (50) 北海道防災会議(2013):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, 北海道に津波被害をもたらす想定地震の再検討ワーキンググループ.
- (51) 北海道防災会議地震火山対策部会地震専門委員会:北海道防災会議地震火山対策部会地震専門委員会資料, 平成26年3月.

(WEB)

- ・海上保安庁 海域火山データベース: <http://www1.kaiho.mlit.go.jp/GIJUTSUKOKUSAI/kaiikiDB/list-2.htm>
- ・気象庁 火山活動解説資料: http://www.seisvol.kishou.go.jp/tokyo/STOCK/monthly_v-act_doc/monthly_vact.htm
- ・(独)産業技術総合研究所地質調査総合センター 日本の火山: <https://gbank.gsj.jp/volcano/>
- ・(独)防災科学技術研究所 地すべり地形分布図データベース: <http://lweb1.ess.bosai.go.jp/>