

本資料のうち、枠囲みの内容は機密事項に属しますので、公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所の津波に関する

コメント回答

平成 27年 1月 23日

東京電力株式会社



東京電力

分類	No.	H26.10.17 審査会合 コメント	ページ 番号
津波 防護	A	津波防護施設とそれに対する基準津波の設定に関して、今回申請における大湊側，荒浜側の防潮堤の位置づけを再整理して示すこと	P.4
	B	防潮堤，貯留堰の構造がわかる資料を示すこと	P.11
地震 津波	C	地震による津波の検討において，津波発生地震に対する防波堤の損傷を考慮した検討を実施すること	P.20
	D	地殻変動量について，具体的に示すこと	P.25
	E	波源設定のパラメータスタディーにおけるパラメータ設定について，整理して示すこと	P.28
	F	波源設定のパラスタにおいて設定している海底活断層のすべり角の組み合わせ根拠を示すこと。また，主応力軸との関係を整理して示すこと	P.35
	G	日本海東縁部1領域アスペリティモデルの設定について，根本ほか（2009）との違いを整理すること	P.39
砂 移動	H	砂移動計算に用いている物性値について，根拠を示すこと	P.42
	I	砂移動計算について，浮遊砂濃度の上限値5%のケースについても検討すること	P.44

分類	No.	H26.10.17 審査会合 コメント	ページ 番号
津波 堆積 物	J	津波堆積物の評価における、粒度等のデータを示すこと	P.51
	K	津波堆積物調査結果と想定津波との比較について、特に調査地点が海岸線から内陸に入り込んでいる西中通地点においては、海岸部における津波高さだけでなく浸水範囲の比較に関する検討も行うこと	P.61
	L	五ヶ浜地点については、孔底の標高が他の調査地点より高いため、標高の低い箇所にもイベント堆積物がないか確認すること	P.68
地す べり 津波	M	地震と海底地すべりの組み合わせについて、波形足し合わせ時のずらす時間を細かくした検討を実施すること	P.70
	N	佐渡島の陸上地すべりについて、詳細を示すこと	P.73

No	コメント
A	津波防護施設とそれに対する基準津波の設定に関して、今回申請における大湊側、荒浜側の防潮堤の位置づけを再整理して示すこと

A. 津波に対する防護の考え方と各防潮堤の位置づけ（施設の概要）

- 「重要な安全機能を有する施設及び常設重大事故等対処設備」を内包する建屋，屋外に設置する同施設・設備は，3号炉原子炉建屋内緊急時対策所（3号内緊急対所）を除きT.M.S.L.+12mの敷地及びこれよりも高所に配置
 - ✓ 循環水ポンプ，重要な安全機能を有する海水ポンプはタービン建屋地下に設置
 - ✓ 3号内緊急対所はT.M.S.L.+5mの敷地に配置
- 重大事故等対処設備のうち可搬型設備は，大湊側高台保管場所（T.M.S.L.+34m），荒浜側高台保管場所（T.M.S.L.+35m）に保管
- アクセスルートは3号内緊急対所に繋がるルートを除き，T.M.S.L.+12mより高所に設定
 - ✓ 3号内緊急対所につながるルートはT.M.S.L.+5mの敷地内に設定

A. 津波に対する防護の考え方と各防潮堤の位置づけ

●大湊側の敷地に設置する施設・設備

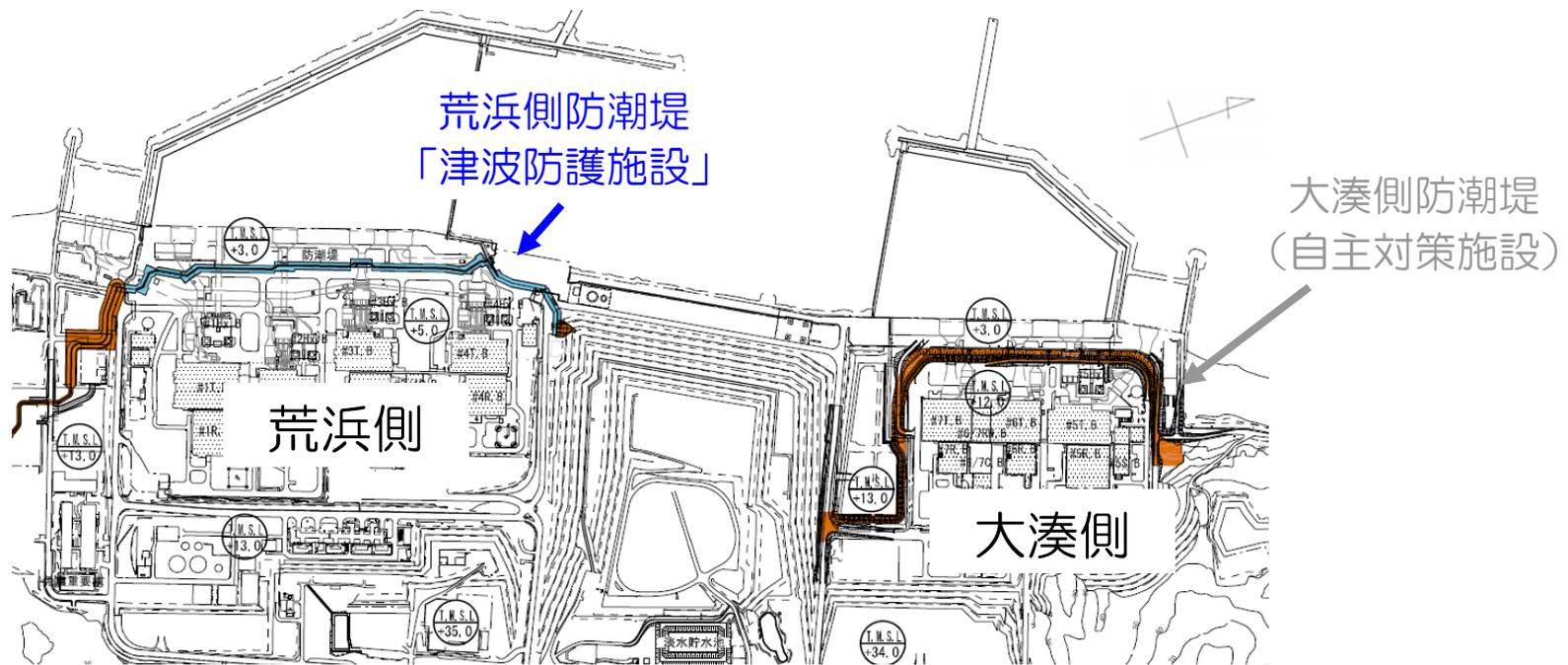
敷地の高さ (T.M.S.L.+12m) により津波から防護

- 防潮堤によらずに津波に対する防護が達成可能であることから防潮堤 (大湊側) は基準津波を上回る規模の津波に備えた自主的な対策設備と整理

●荒浜側の敷地に設置する施設・設備 ※3号内緊対所及び同緊対所につながるアクセスルート

防潮堤により津波から防護

- 防潮堤により津波に対する防護を実現することから防潮堤 (荒浜側) は「津波防護施設」と整理
- 荒浜側防潮堤に対して基準津波を設定



A. 防潮堤（荒浜側）に対する津波の検討方針

敷地周辺海域の活断層による津波

基本モデル
海域の活断層調査
に基づくケース

地震規模の不確かさ
活断層の連動を考慮
したケース

水位上昇側の最大ケースを抽出

すべり角及び断層上縁深さのパラメータを変動させたケース

潮位条件の考慮（朔望平均満潮位）
荒浜側防潮堤における水位上昇量が最大となるケースを抽出※

日本海東縁部の地震による津波

基本モデル
断層長さ230km
波源特性の不確かさ（位置、
走向、傾斜角）を考慮

すべり分布の
不均質性を
考慮したケース

地震規模の不確かさ
断層長さ350km
波源特性の不確かさ（位
置、傾斜角）を考慮

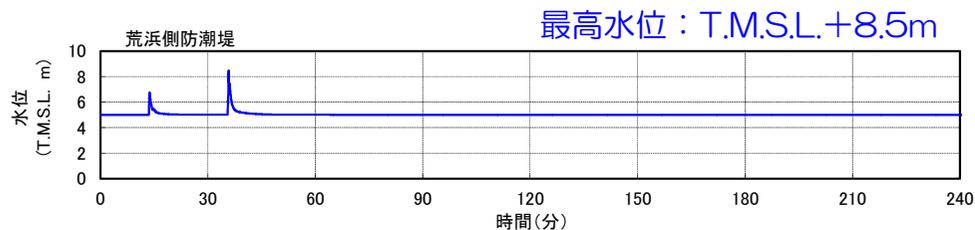
水位上昇側の最大ケースを抽出

※ 防潮堤は、津波の水位上昇に対する防護施設である
ことから、水位上昇側のみ評価を実施

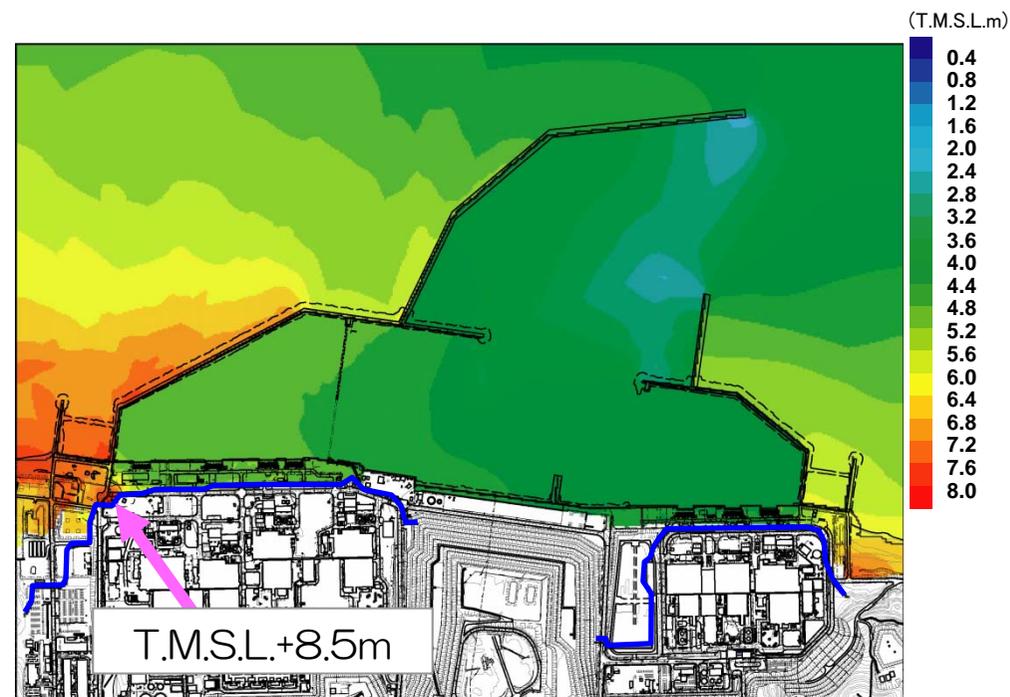
A. 防潮堤（荒浜側）に対する津波の検討結果

- 荒浜側防潮堤の最大ケースについて時刻歴波形，最大水位上昇量分布を示す。

荒浜側防潮堤最大ケース：
海域の活断層（5断層連動モデル）＋地すべり（LS-2）



時刻歴波形



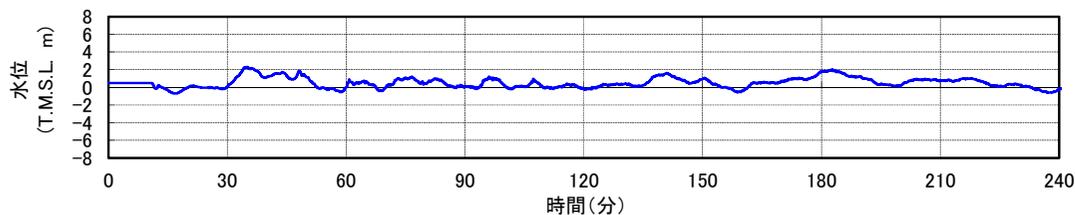
最大水位上昇量分布

A. 防潮堤（荒浜側）に対する津波の検討結果

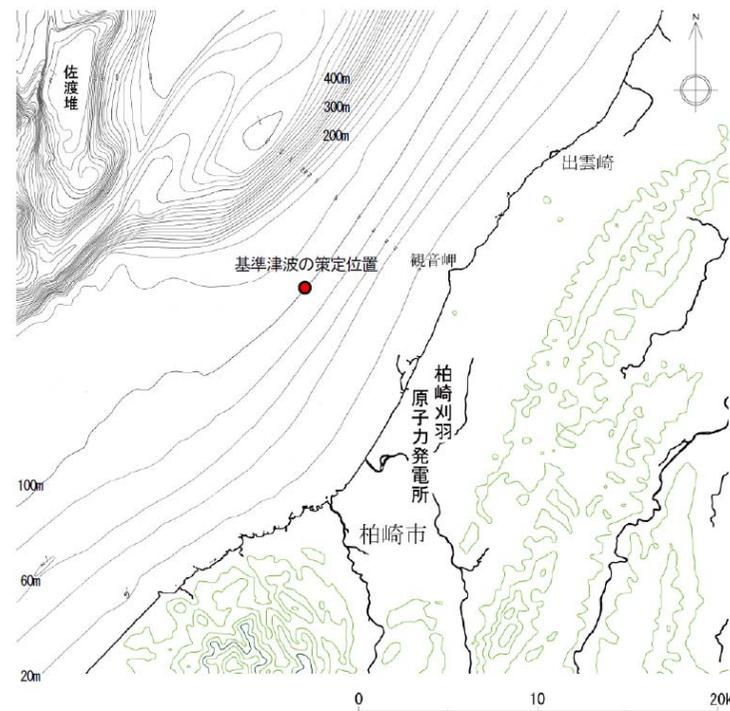
- 荒浜側防潮堤の最大ケースについて、基準津波策定位置（水深100m，沖合約7km）における最高水位および時刻歴波形を示す。

基準津波策定位置における津波

地震	地すべり	水位 T.M.S.L. (m)
海域の活断層 (5断層連動モデル)	LS-2	+2.3



基準津波策定位置における時刻歴波形



基準津波策定位置図

No	コメント
B	防潮堤，貯留堰の構造がわかる資料を示すこと

B. 防潮堤の概要

- : 鉄筋コンクリート造
- : セメント改良土

荒浜側防潮堤（津波防護施設）

天端高さ T.M.S.L 約15m

総延長 約1.5km

（鉄筋コンクリート造 約1km）

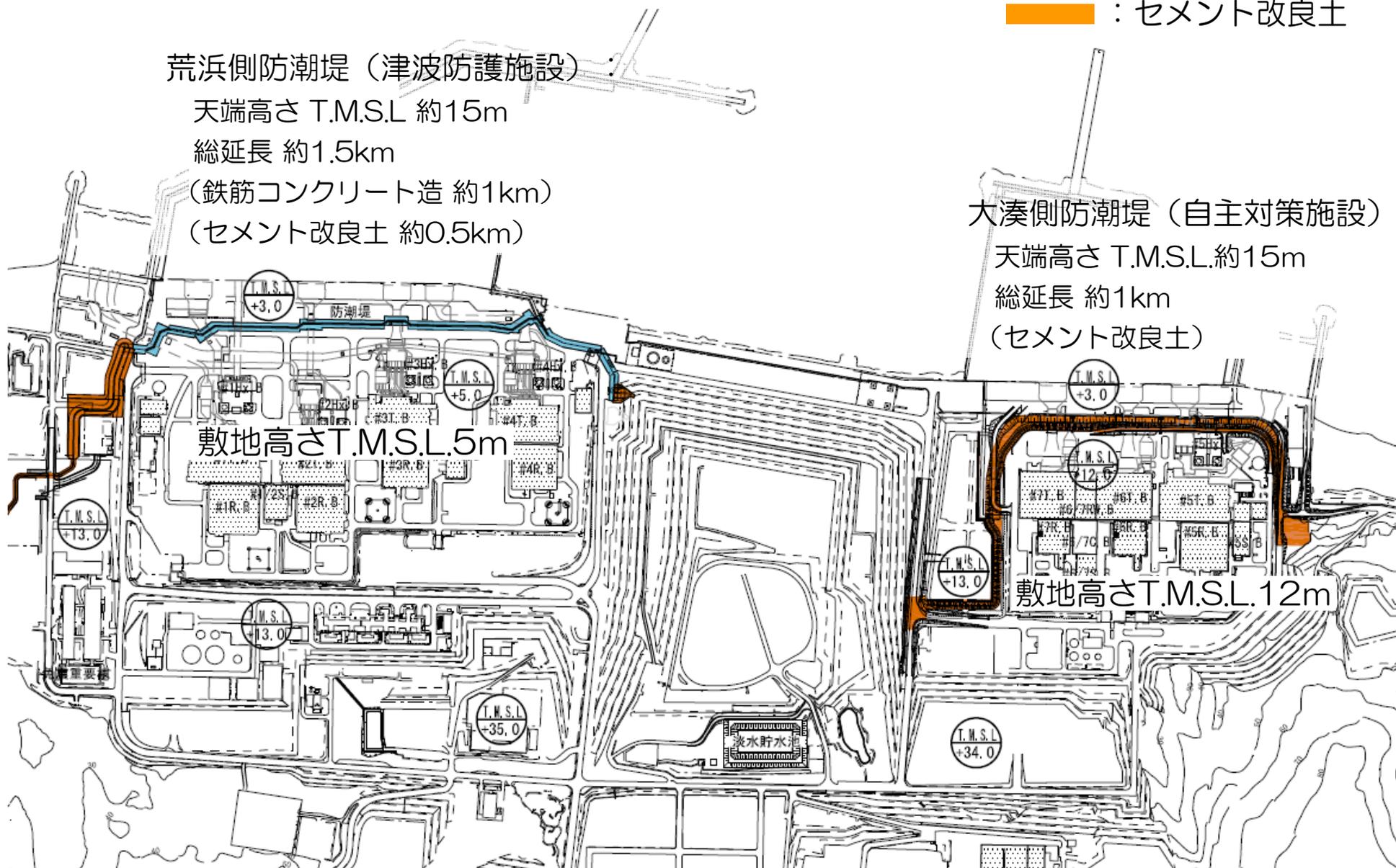
（セメント改良土 約0.5km）

大湊側防潮堤（自主対策施設）：

天端高さ T.M.S.L.約15m

総延長 約1km

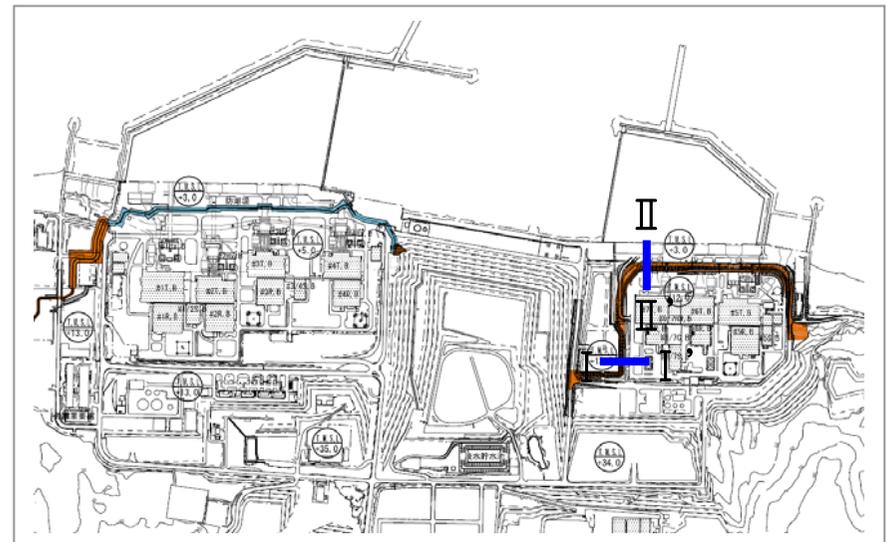
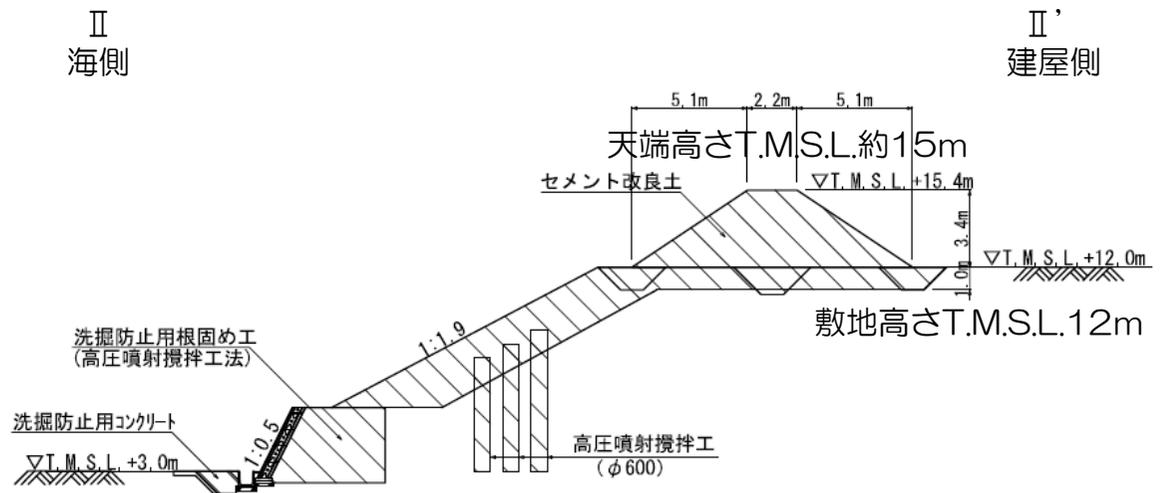
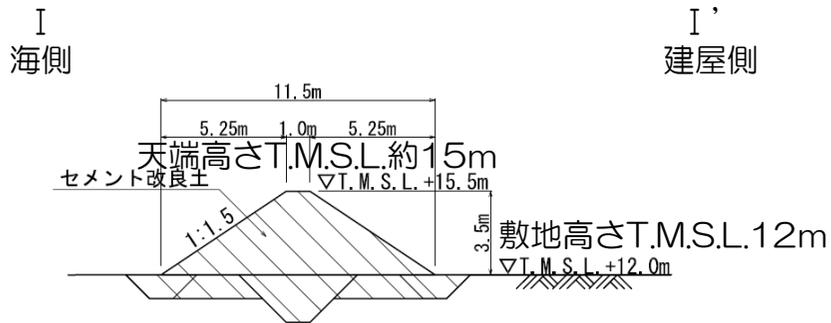
（セメント改良土）



B. 防潮堤の構造（大湊側）

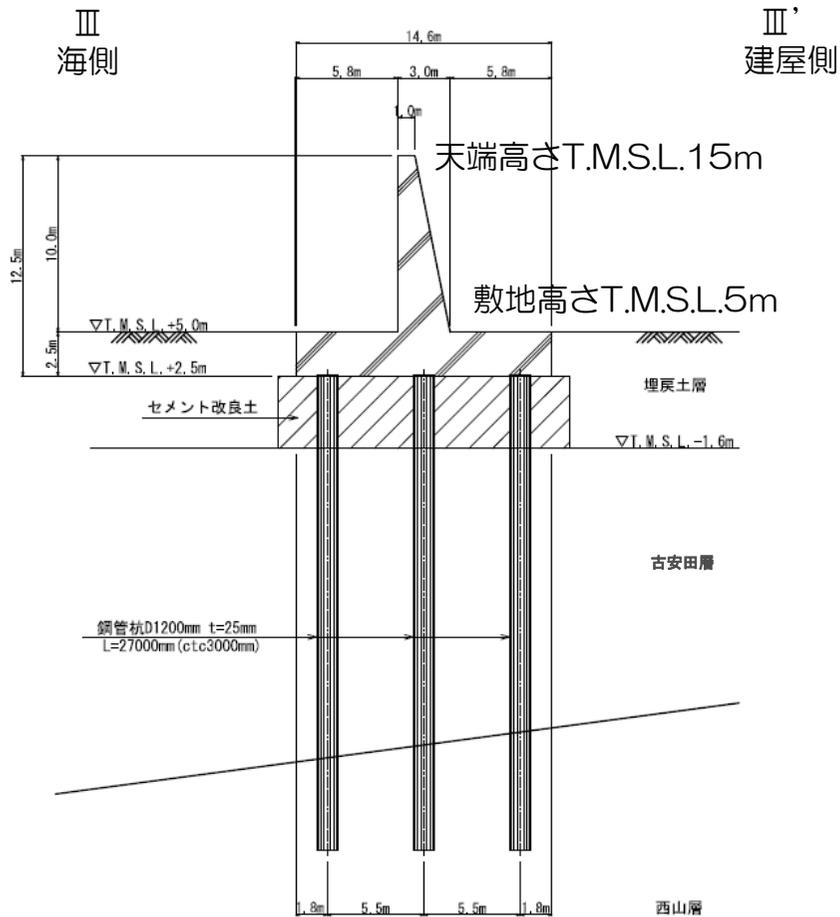
セメント改良土
(I断面)

セメント改良土
(II断面)

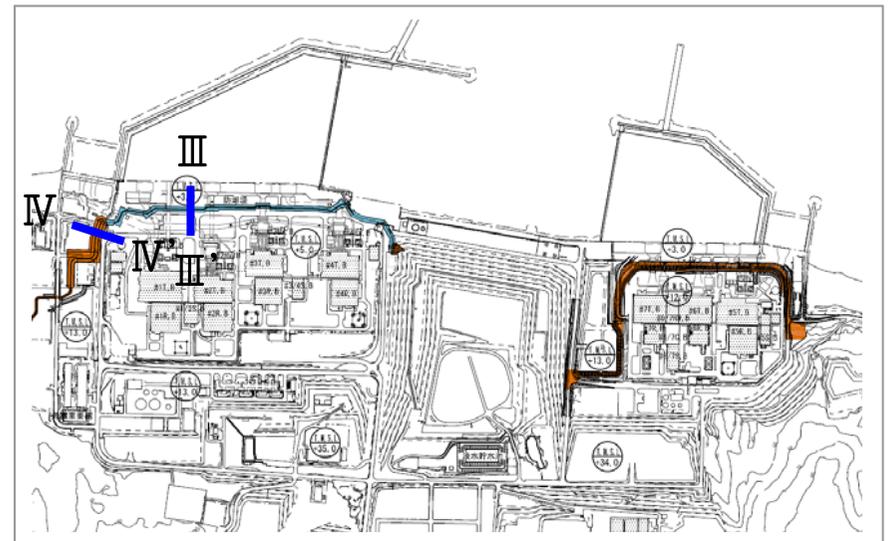
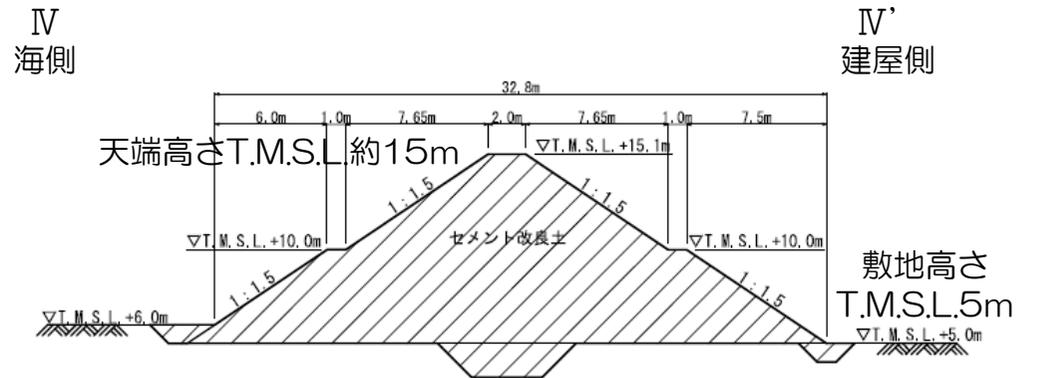


B. 防潮堤の構造（荒浜側）

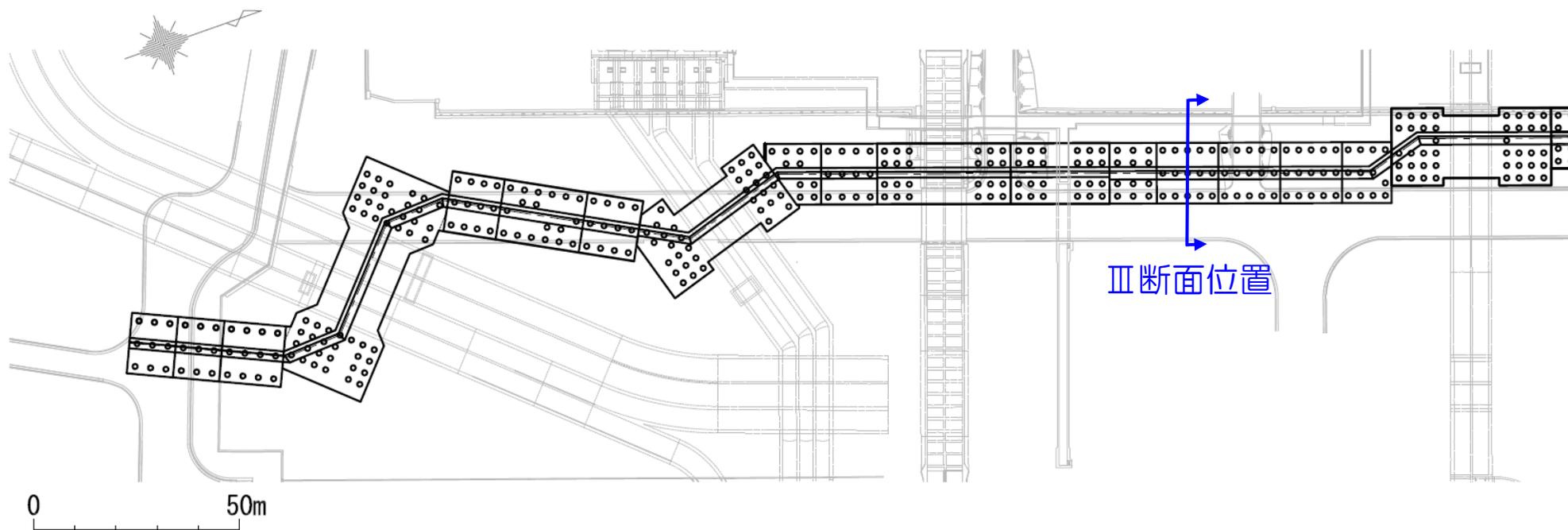
鉄筋コンクリート造
（Ⅲ断面）



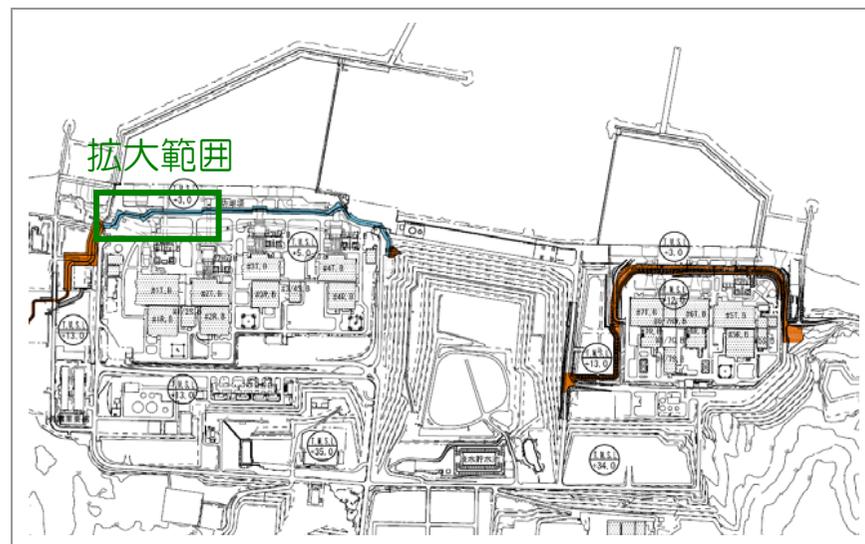
セメント改良土
（Ⅳ断面）



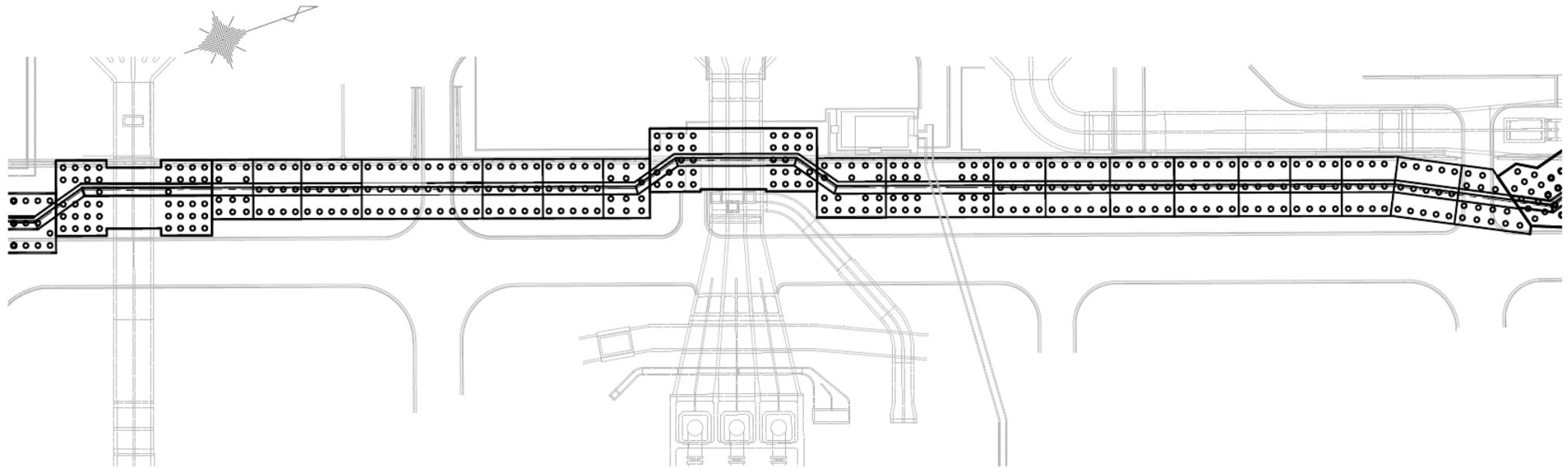
B. 荒浜側防潮堤（鉄筋コンクリート造）配置図（1 / 3）



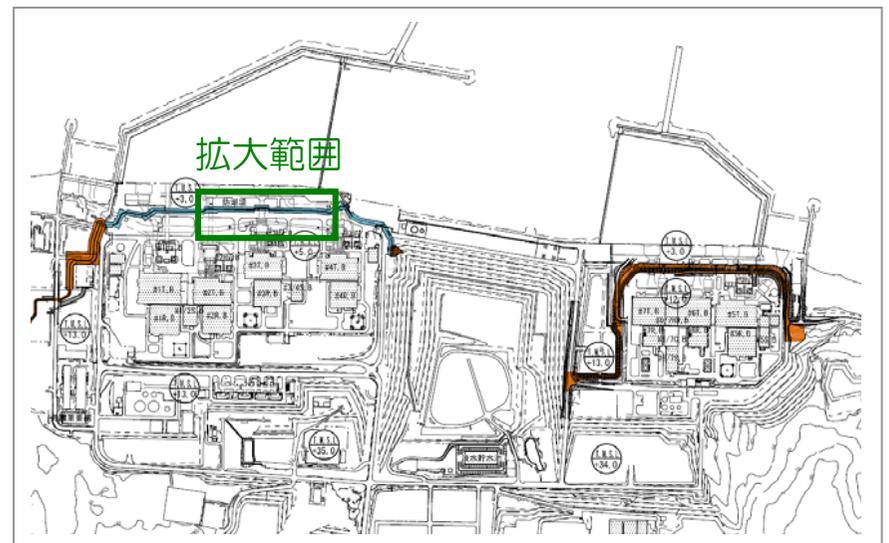
- 鋼管杭の汀線平行方向のピッチは3m（直径1.2mの2.5倍）を基本的な配列としている。



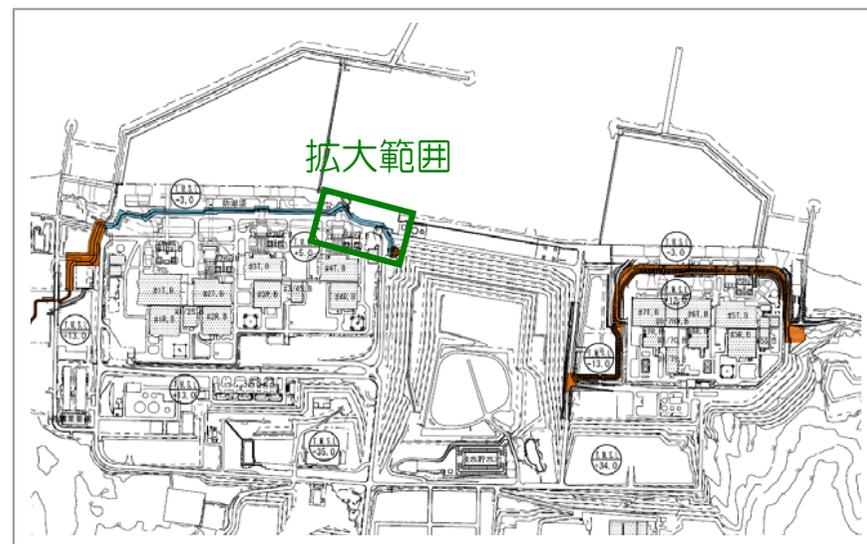
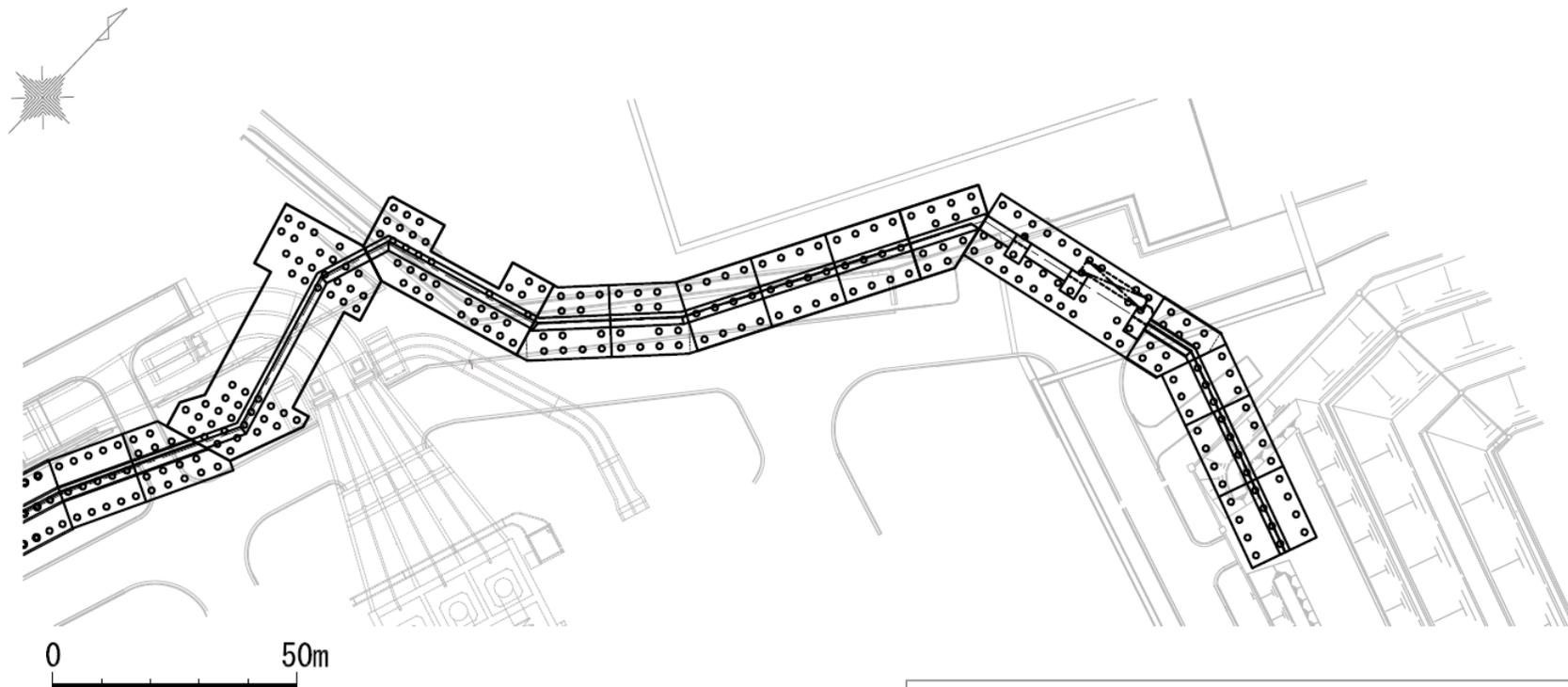
B. 荒浜側防潮堤（鉄筋コンクリート造）配置図（2/3）



0 50m

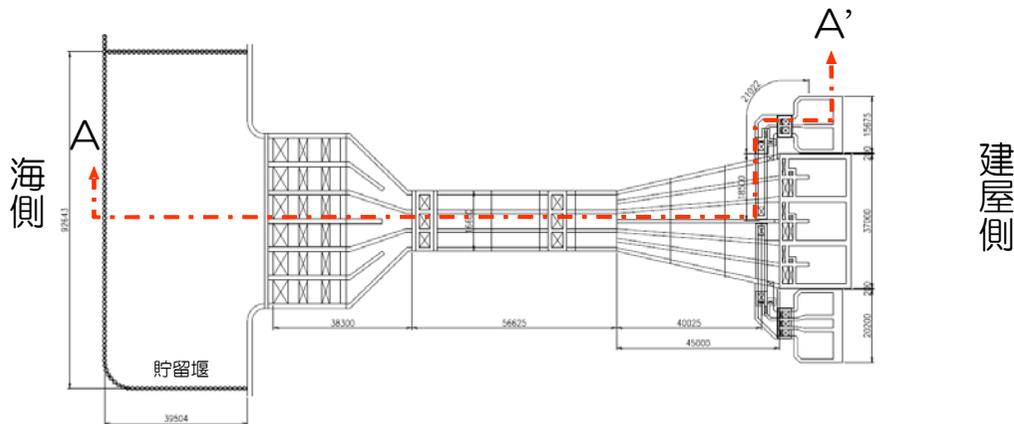


B. 荒浜側防潮堤（鉄筋コンクリート造）配置図（3／3）

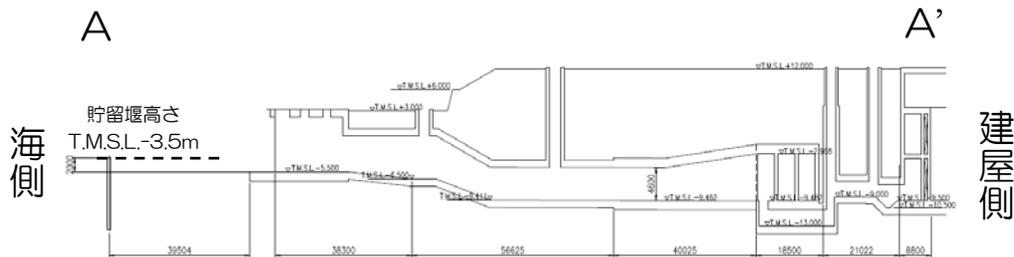


B. 貯留堰の概要

■ 6号炉



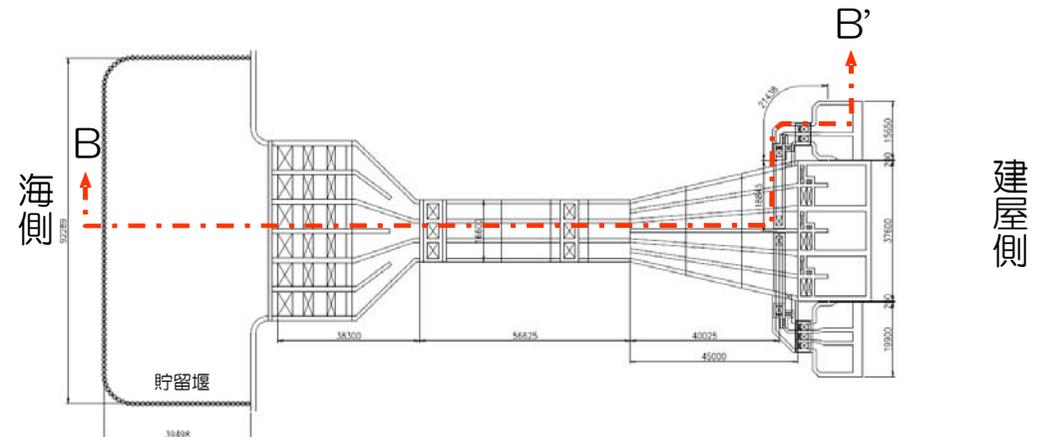
6号炉取水路平面図



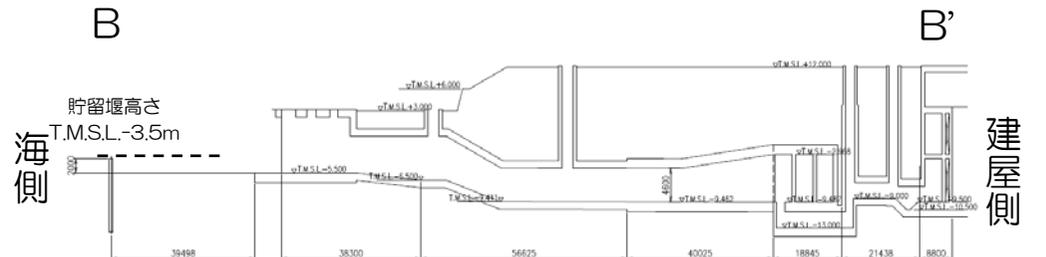
6号炉取水路断面図 (A断面)

貯留量：約10,000m³
 (取水路内：約4,000m³)
 (貯留堰内：約6,000m³)

■ 7号炉



7号炉取水路平面図

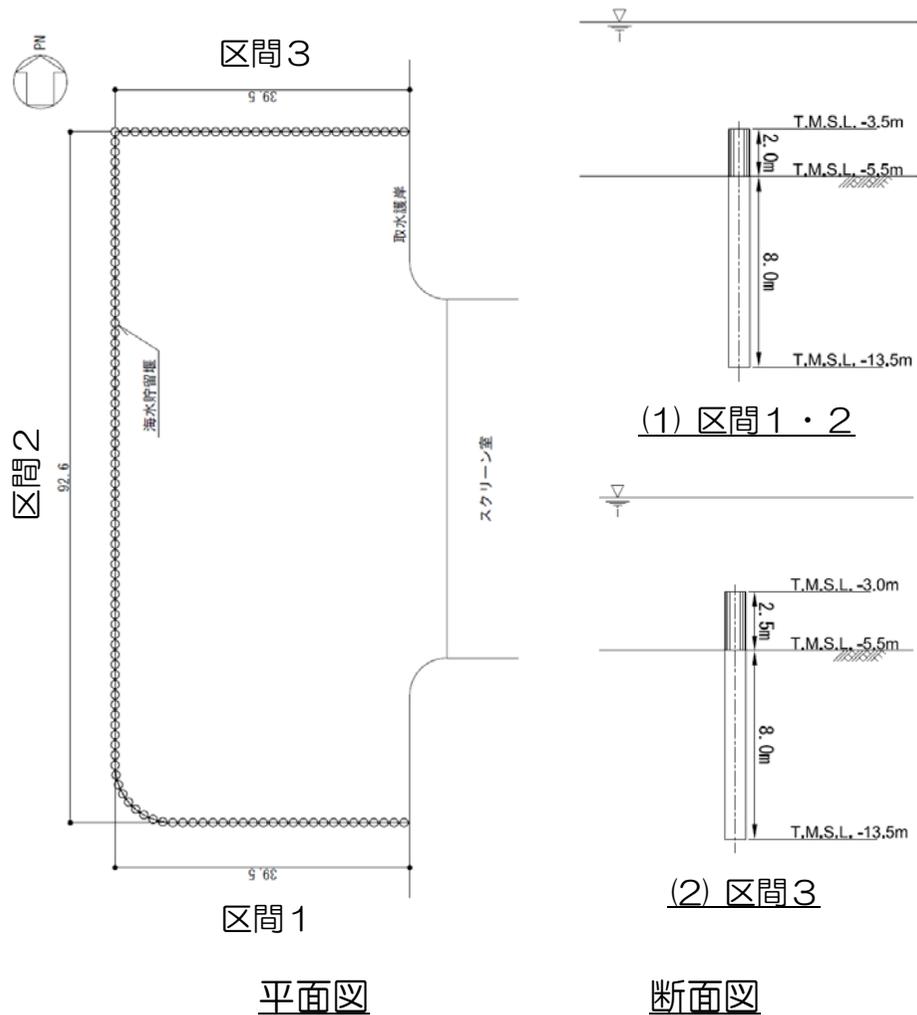


7号炉取水路断面図 (B断面)

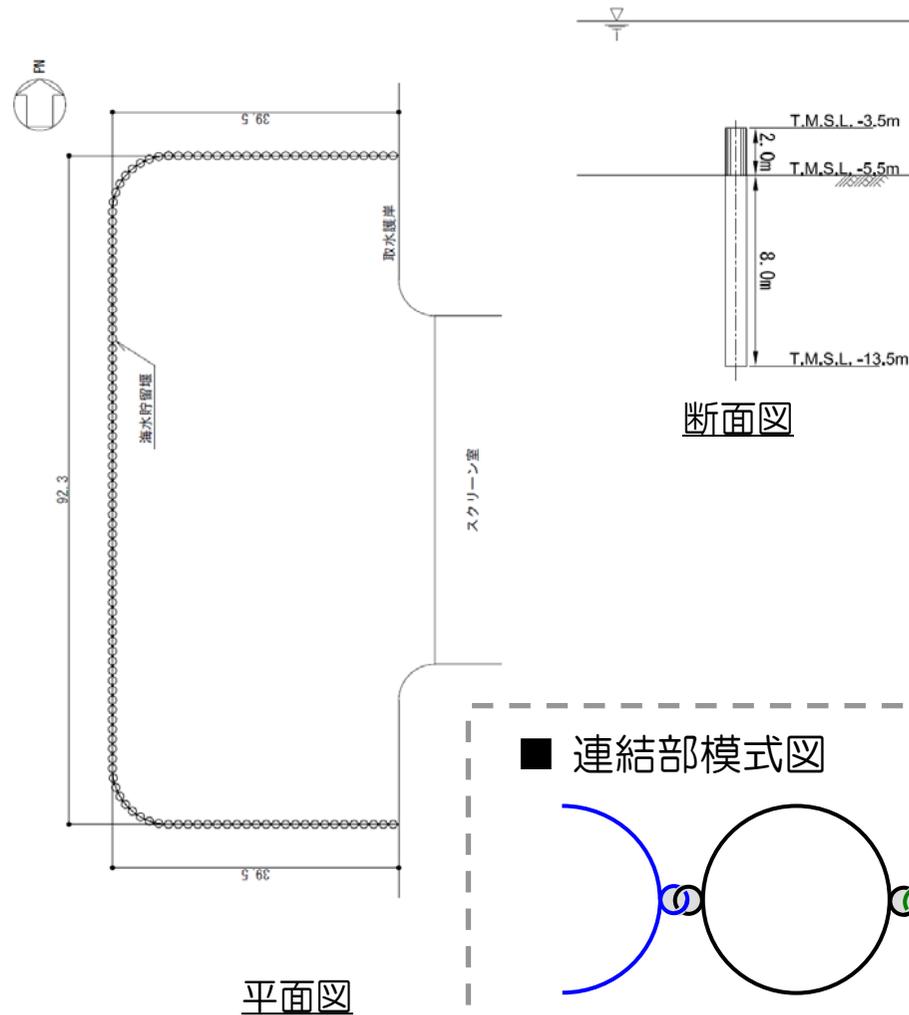
貯留量：約8,000m³
 (取水路内：約3,000m³)
 (貯留堰内：約5,000m³)

B. 貯留堰の構造

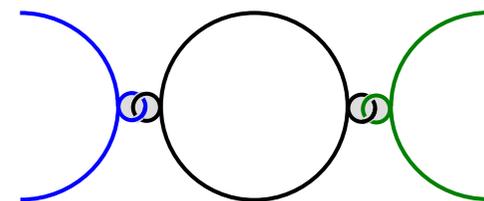
■ 6号炉



■ 7号炉



■ 連結部模式図



鋼管の連結部は、円管状の継手をかみ合せた上で、止水のためモルタル充填している。

● 貯留堰は、鋼管矢板（直径1.1m）を連結した構造物である。

No	コメント
C	地震による津波の検討において、津波発生地震に対する防波堤の損傷を考慮した検討を実施すること

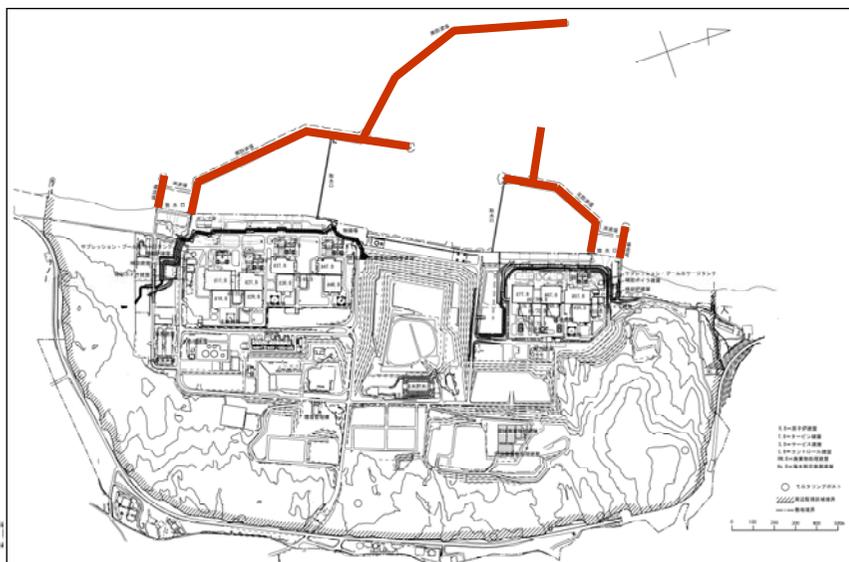
C. 地震による防波堤の損傷を考慮した津波評価

- 2007年新潟県中越沖地震，2011年東北地方太平洋沖地震において防波堤が大きな損傷を受けていないことを踏まえ，現行評価では津波発生地震に対して防波堤が健全であると想定した評価を実施。
- ここでは，影響評価として防波堤の地震による沈下を考慮した検討を実施。
- 影響評価の結果，現行評価に対して有意な差がないことを確認。

■ 新潟県中越沖地震における防波堤の沈下量

- 柏崎刈羽原子力発電所において，中越沖地震前（S61）と地震後（H25）に測量した約400箇所の防波堤天端高の差を地震による沈下量として算定。
- 沈下量※は，**平均値約20cm，最大値約90cm**

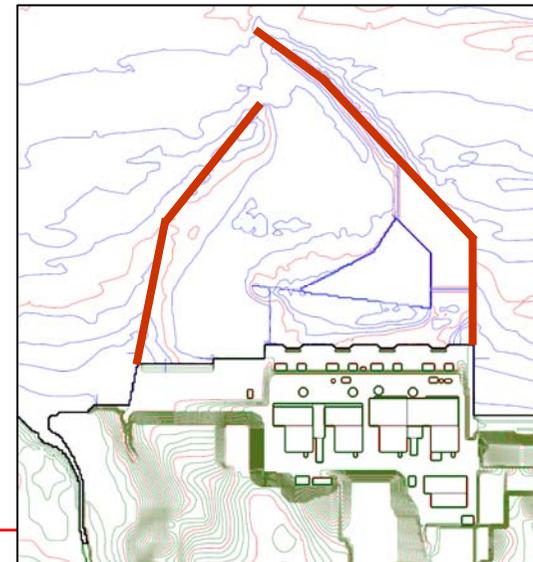
※地震時の地殻変動量（隆起7～10cm程度）を除く沈下量



■ 東北地方太平洋沖地震における防波堤の沈下量

- 福島第二原子力発電所において，東北地方太平洋沖地震前と地震後（H23.9）に測量した約110箇所の防波堤天端高の差を地震による沈下量として算定。
- 沈下量※は，**平均値約15cm，最大値約35cm**

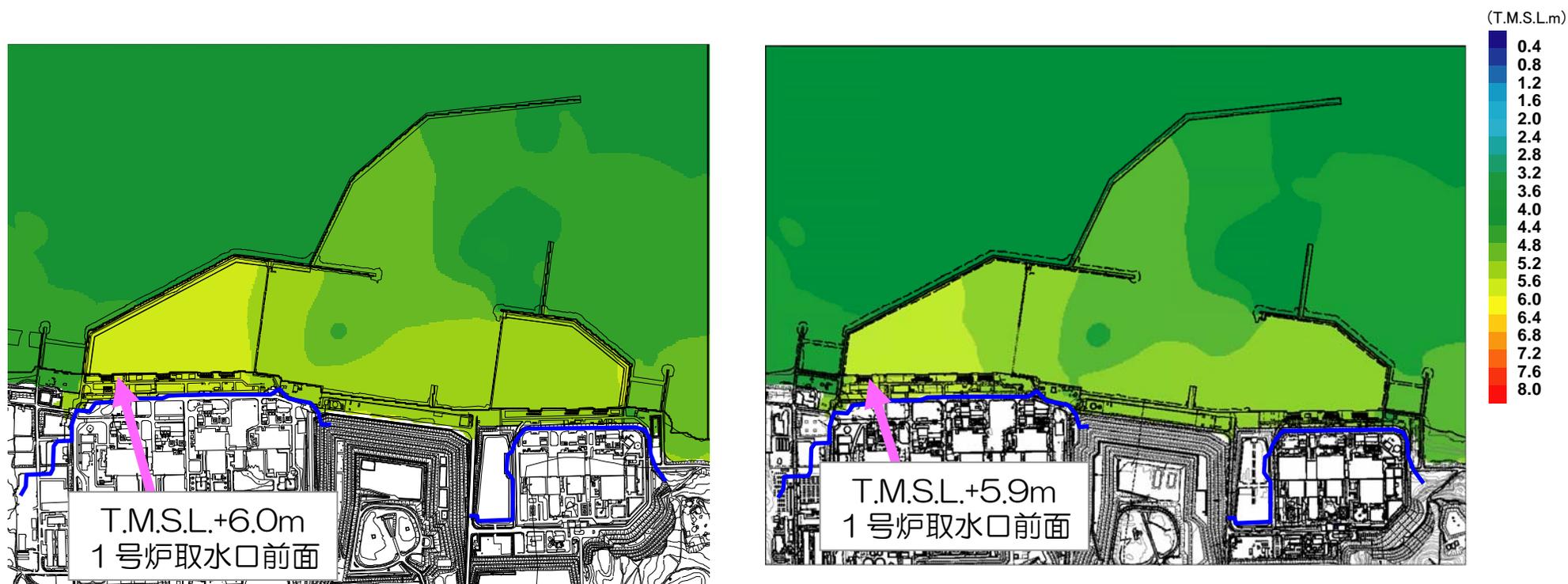
※地震時の地殻変動量（沈降60cm）を除く沈下量



C. 地震による防波堤の損傷を考慮した津波評価

■ 防波堤の沈下を考慮した評価

- 防波堤の沈下実績を踏まえ、防波堤の高さを1 m下げたケースを実施。
- 評価の結果、現行評価と有意な差がないことを確認。

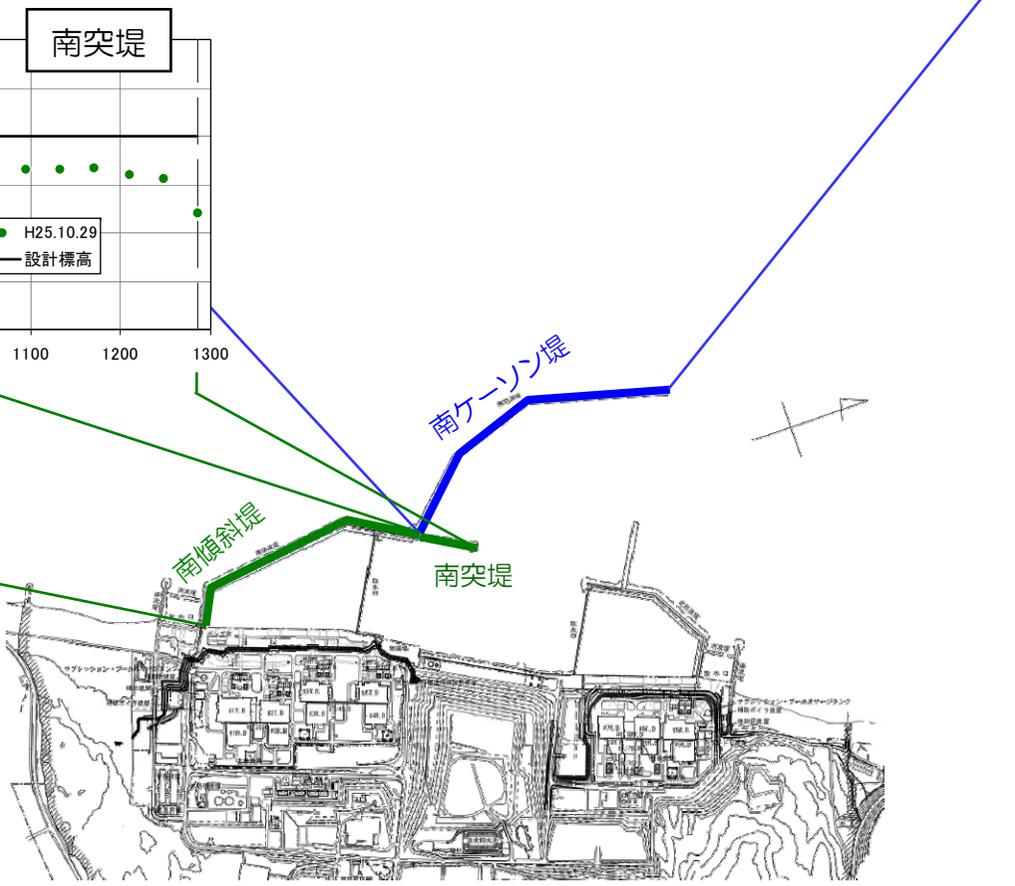
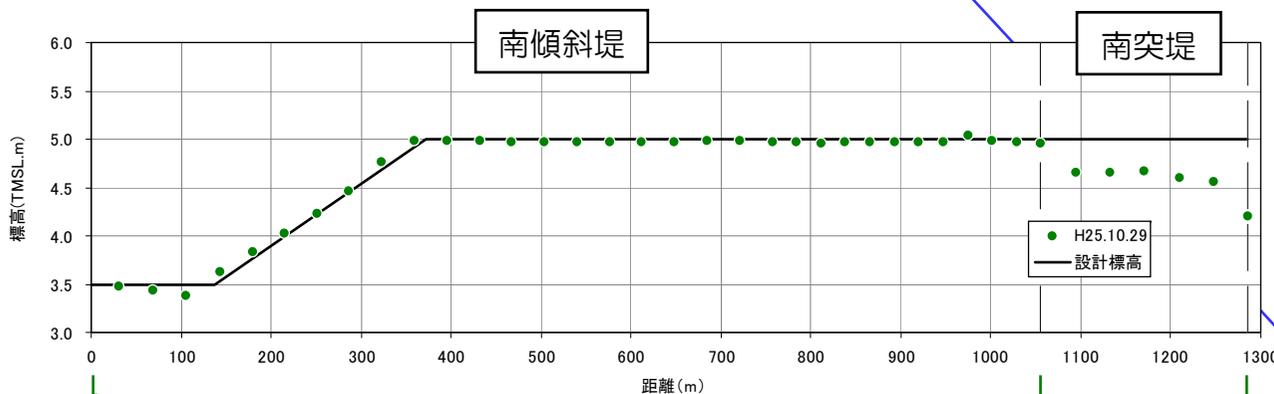
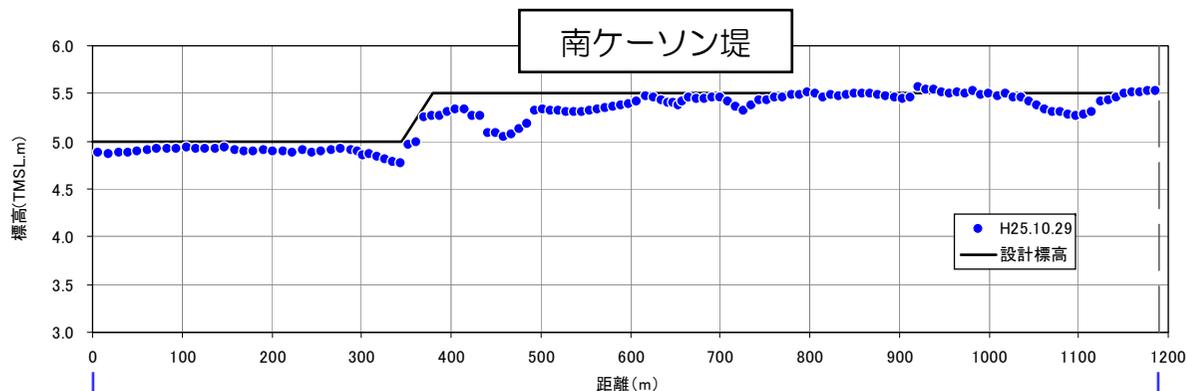


1) 防波堤の沈下を考慮しないケース（現行評価）
〔日本海東縁部（1領域モデル）〕

2) 防波堤の沈下を1 m考慮したケース
〔日本海東縁部（1領域モデル）〕

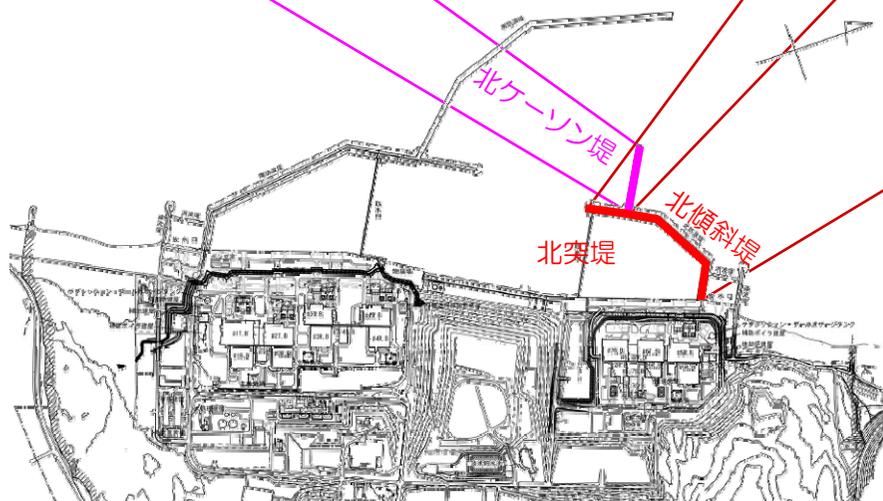
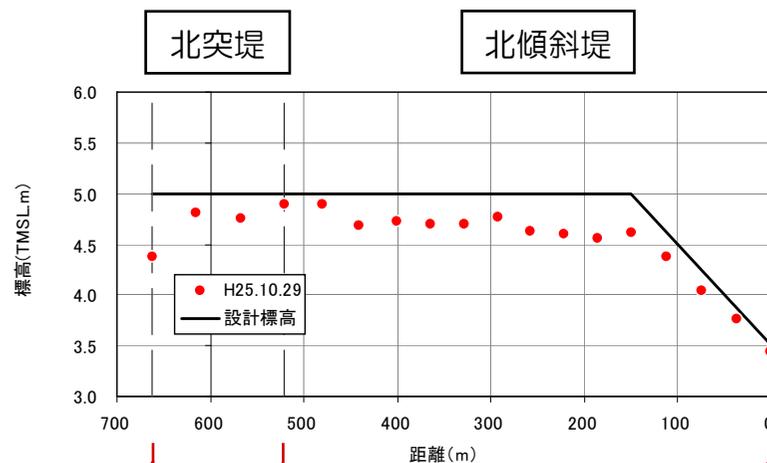
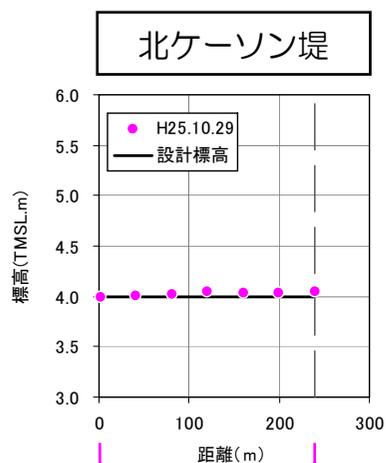
最大水位上昇量分布図（取水口前面上昇側最大ケース）

C. 新潟県中越沖地震における防波堤の沈下状況について（南側）



- 南ケーソン堤及び南突堤は、一部において沈下量が大きく、最大で0.8m（地震時の地殻変動量を除くと0.9m）程度。
- 南傾斜堤は、顕著な沈下は認められない。
- 防波堤の地盤は、西山層を基盤とし、その上位に古安田層が、最上位に沖積層が分布。

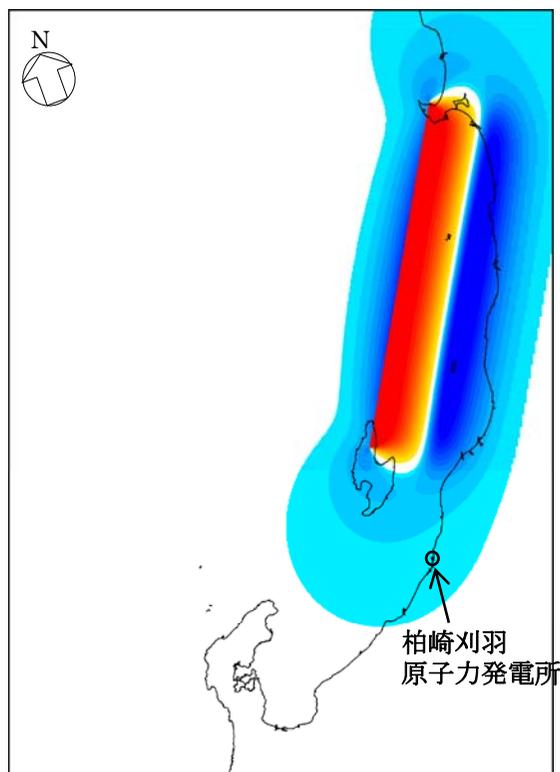
C. 新潟県中越沖地震における防波堤の沈下状況について（北側）



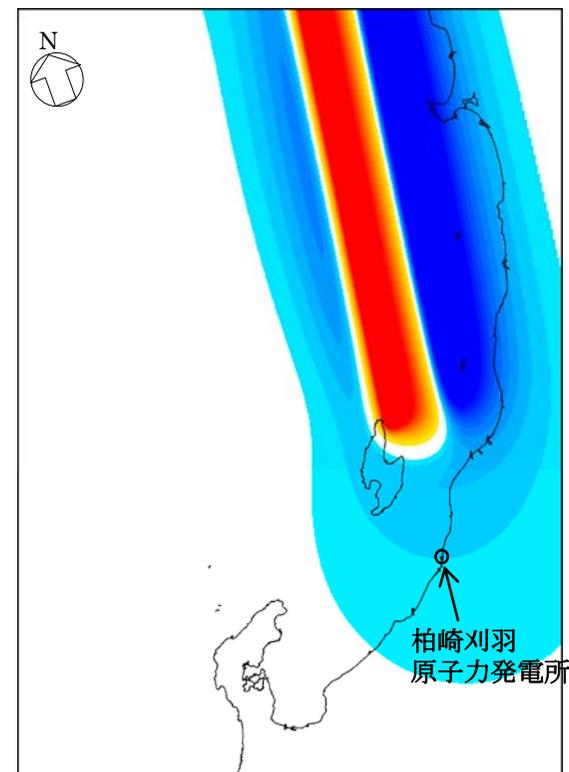
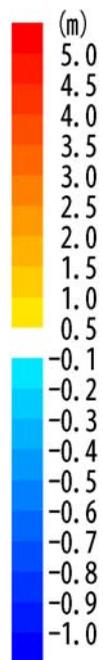
- 北傾斜堤及び北突堤は、一部において沈下量が大きく、最大で0.6m（地震時の地殻変動量を除くと0.7m）程度。
- 北ケーソン堤は、顕著な沈下は認められない。
- 防波堤の地盤は、西山層を基盤とし、その上位に古安田層が、最上位に沖積層が分布。

No	コメント
D	地殻変動量について，具体的に示すこと

D. 地殻変動量分布（基準津波）



取水口前面上昇側最大ケース：
日本海東縁部（1領域モデル）



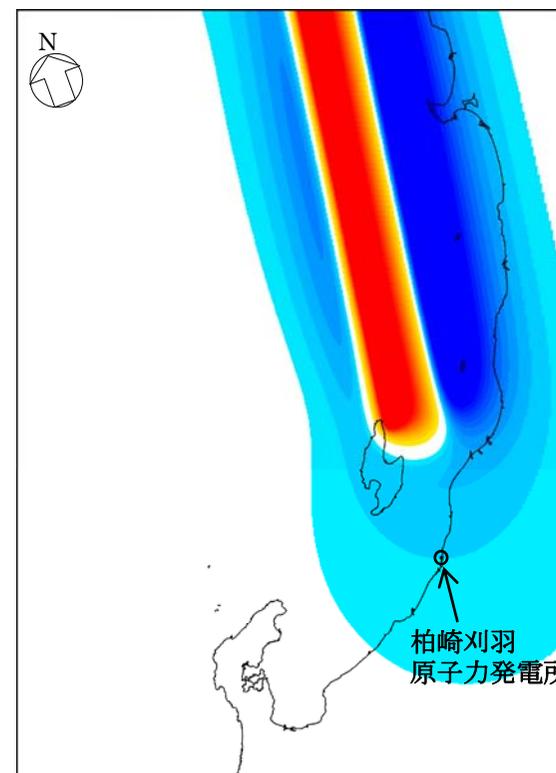
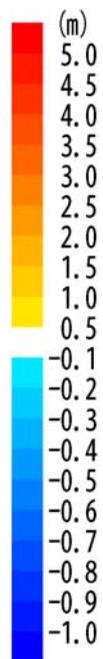
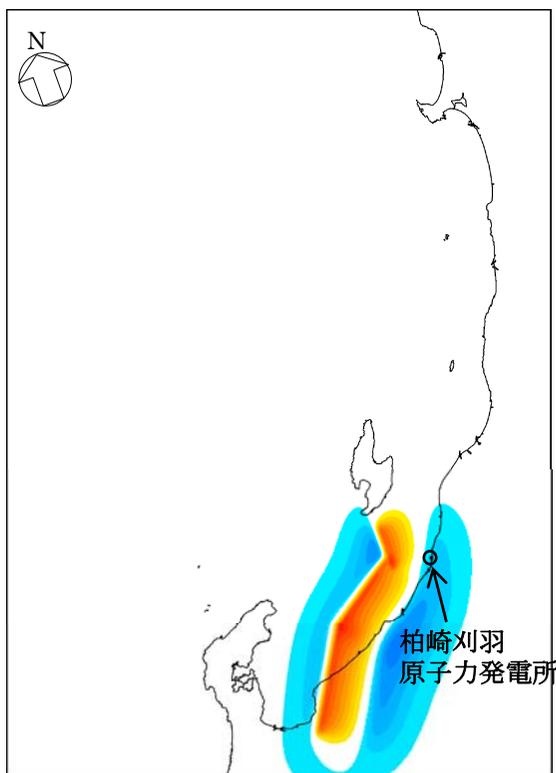
取水口前面下降側最大ケース：
日本海東縁部（2領域モデル）

各地点の地殻変動量

（単位：m）

水位	地震	取水口前面							遡上域	
		1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	5号炉	6号炉	7号炉	荒浜側	大湊側
上昇側	日本海東縁部 （1領域モデル）	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15
下降側	日本海東縁部 （2領域モデル）	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20

D. 地殻変動量分布（遡上域最大水位ケース）



荒浜側遡上域最大水位ケース：

海域の活断層（5断層連動モデル）+地すべり（LS-2）

大湊側遡上域最大水位ケース：

日本海東縁部（2領域モデル）+地すべり（LS-3）

各地点の地殻変動量

（単位：m）

遡上域	地震	地すべり	取水口前面							遡上域		
			1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	5号炉	6号炉	7号炉	荒浜側	大湊側	
荒浜側	海域の活断層 （5断層連動モデル）	LS-2	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25
大湊側	日本海東縁部 （2領域モデル）	LS-3	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20

No	コメント
E	波源設定のパラメータスタディにおけるパラメータ設定について整理して示すこと

E. 波源パラメータ設定について（日本海東縁部の地震）

- 1領域モデルでは、佐渡島北方沖、秋田県沖、山形県沖及び新潟県北部沖の範囲における、「断層の位置」、「走向」及び「傾斜角」の不確かさの組合せを考慮

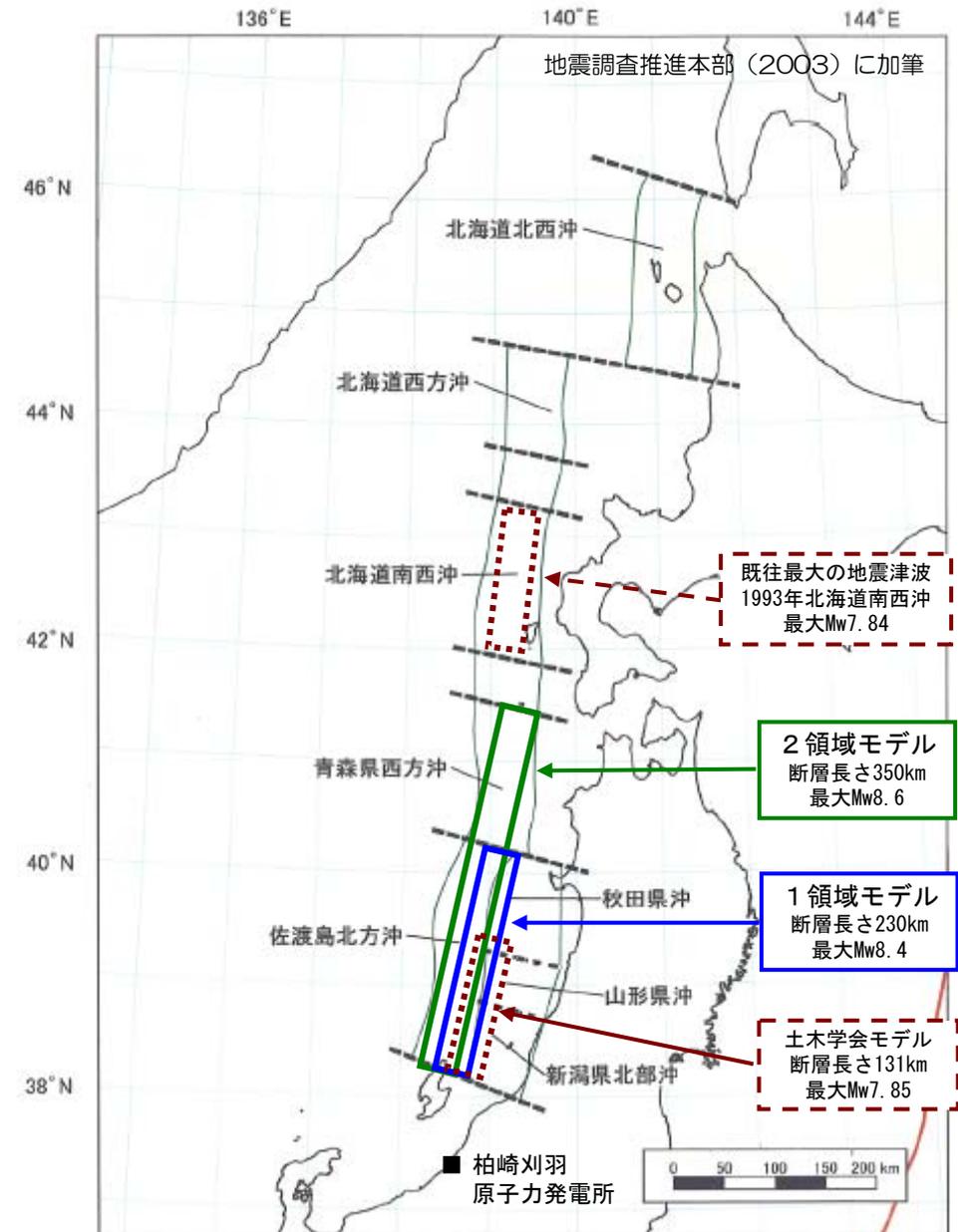
→ 【228ケース】

- さらに、水位上昇が最大となるケースについて、アスペリティモデルの検討を実施

→ 【7ケース】

- 2領域モデルでは、「断層の位置」及び「傾斜角」の不確かさの組合せを考慮

→ 【24ケース】

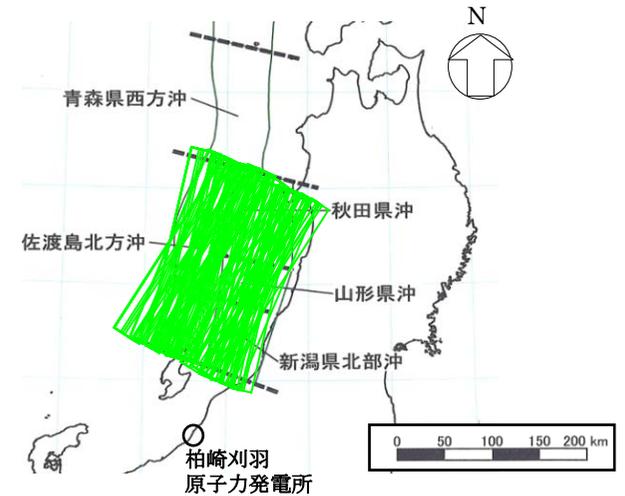


日本海東縁部の想定波源図

E. 波源パラメータ設定について（日本海東縁部の地震）

■ 1領域モデル（断層長さ230km）

断層	スケーリング則	断層位置	走向 θ	傾斜角 δ	ケース数		
秋田県沖 ～ 新潟県北部沖	土木学会 / 強震動 予測 レシピ	3 ケース	10°	30°	36	120	228
		3 ケース		45°	36		
		4 ケース	190°	60°	48		
佐渡島 北方沖		2 ケース	3 ケース	200°	30°	36	
	6 ケース		210°	60°	72		



不確かさの検討例（1領域）

■ 2領域モデル（断層長さ350km）

断層	スケーリング則	断層位置	走向 θ	傾斜角 δ	ケース数		
2領域 モデル	土木学会 / 強震動 予測 レシピ	2 ケース	8° 188°	30°	8	24	
		4 ケース		2 ケース	60°		16
2 ケース							

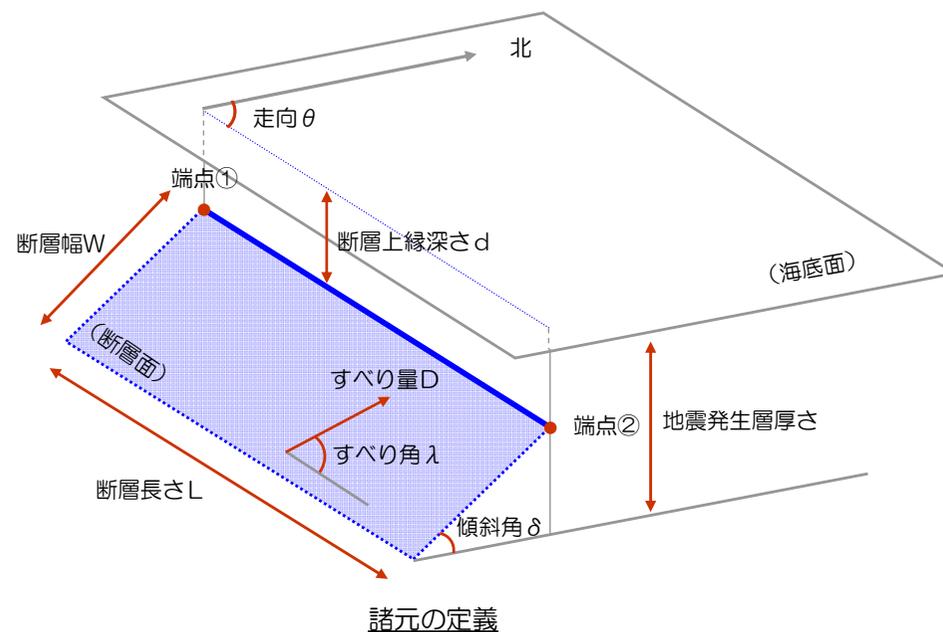


不確かさの検討例（2領域）

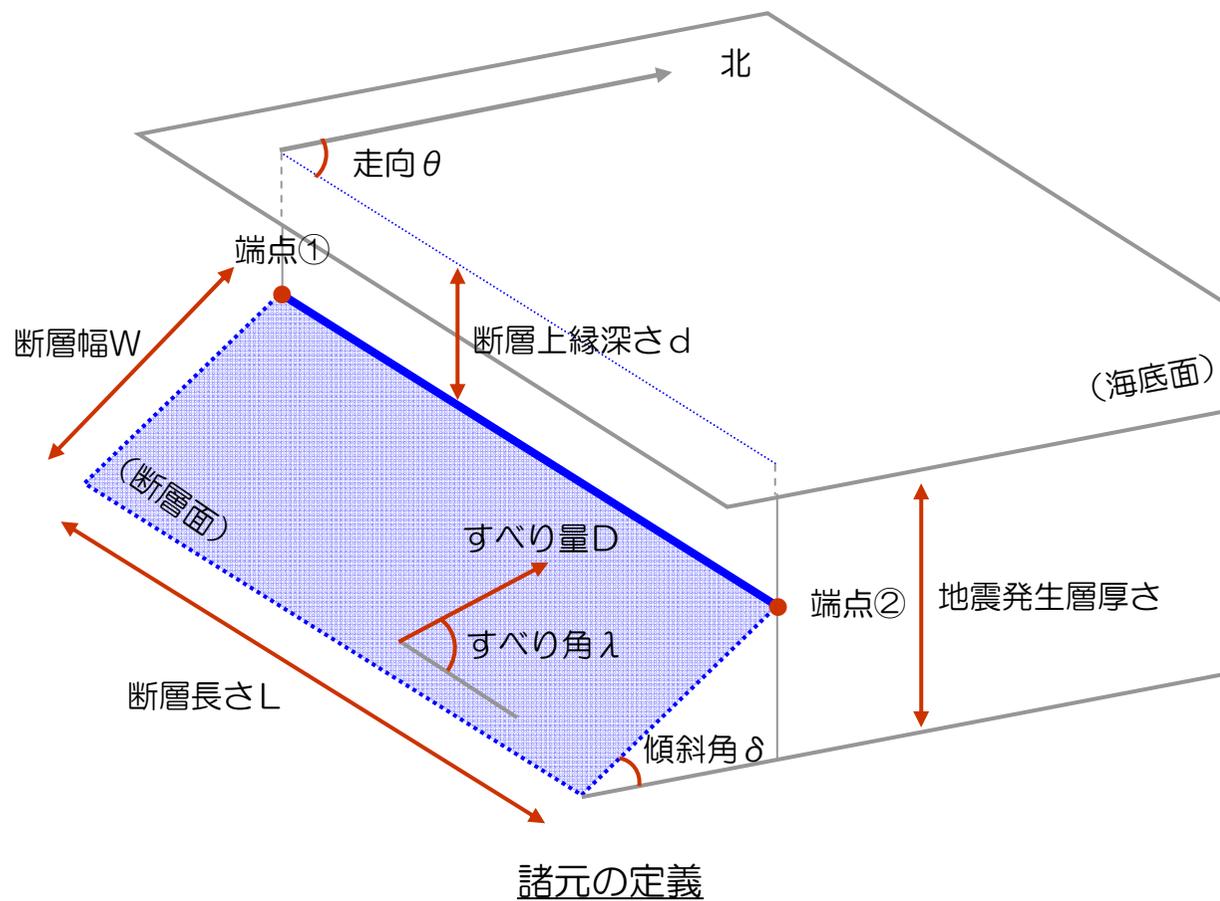
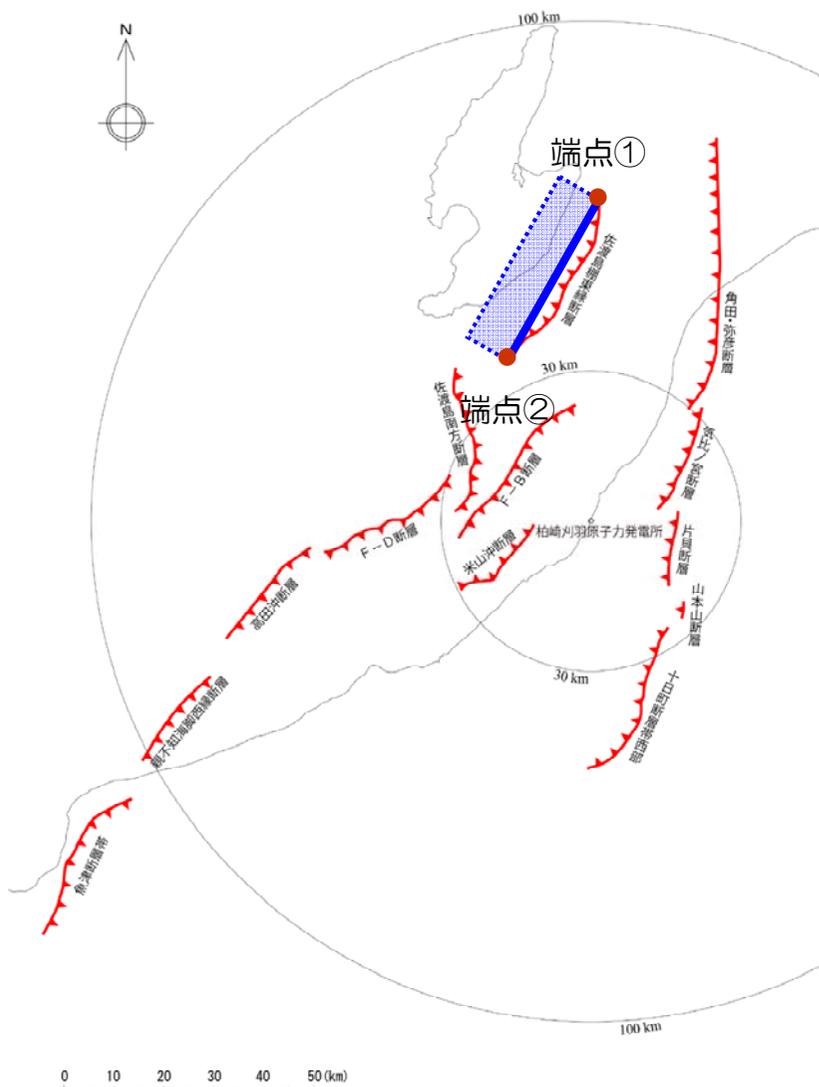
E. 波源パラメータ設定について（地震発生層厚さ）

■ 地震発生層厚さの設定について

設定手法	断層	地震発生層厚さ Ts [km]	設定根拠
土木学会手法	敷地周辺海域の活断層	15	土木学会手法を参考に設定
	日本海東縁部		
強震動予測 レシピ	敷地周辺海域の活断層	17	微小地震の深さ分布から設定される地震発生層 下限深さより設定
	日本海東縁部	20	強震動予測レシピを参考に設定



E. (参考) 波源モデルの諸元の設定 (佐渡島棚東縁断層の例)



E. (参考) 波源モデルの諸元の設定 (土木学会：佐渡島棚東縁断層の例)

項目	単位	設定値	設定根拠	原子力発電所の津波評価技術 土木学会(2002)の記載	
■断層調査結果に基づいて設定					
断層長さ	L	km	37	・活断層調査結果に基づいて設定	・活断層調査結果に基づいて設定
走向	θ	°	209	・活断層調査結果に基づいて設定	・活断層調査結果に基づいて設定
傾斜角	δ	°	55	・活断層調査結果に基づいて設定	・発震機構解の分析等により設定 ・45~90°とする
■文献の値に基づいて設定					
上縁深さ	d	km	0	・右により設定	・0 (km) とする
剛性率	μ	N/m ²	3.5×10^{10}	・右により設定	・ 3.5×10^{10} (N/m ²) とする
地震発生層厚さ		km	15	・右により設定	・日本海東縁部及び海域活断層については地震発生層厚さを15kmと設定
■関係式を用いて設定					
モーメント マグニチュード	Mw		7.1	・右式によりLから算定	・断層長さからスケーリング則に従い設定 ・ $\log L$ (km) = $0.75Mw - 3.77$ により算出
地震モーメント	Mo	N・m	6.0×10^{19}	・右式によりMwから算出	・ $\log Mo$ (N・m) = $1.5Mw + 9.1$ により算出
断層幅	W	km	18	・右式によりLおよび δ から算出 ・ $W = 15 / \sin \delta$	・地震発生層の厚さを考慮し傾斜角 δ に応じて設定 $W = \min(2L/3, 15 / \sin \delta)$
すべり量	D	m	2.5	・右式によりMo, μ , L, Wから算出	・ $D = Mo / \mu L W$ により算出
断層面積	S	km ²	678	・ $S = W \times L$ から算出	—
■主応力軸の範囲に基づいて算定					
すべり角	λ	°	90	・主応力軸方向の範囲290~320°に対してすべり角の範囲は60~103° ・すべり角の範囲で最も高角の値90°とする	・走向・傾斜角と主応力軸方向範囲に基づき設定

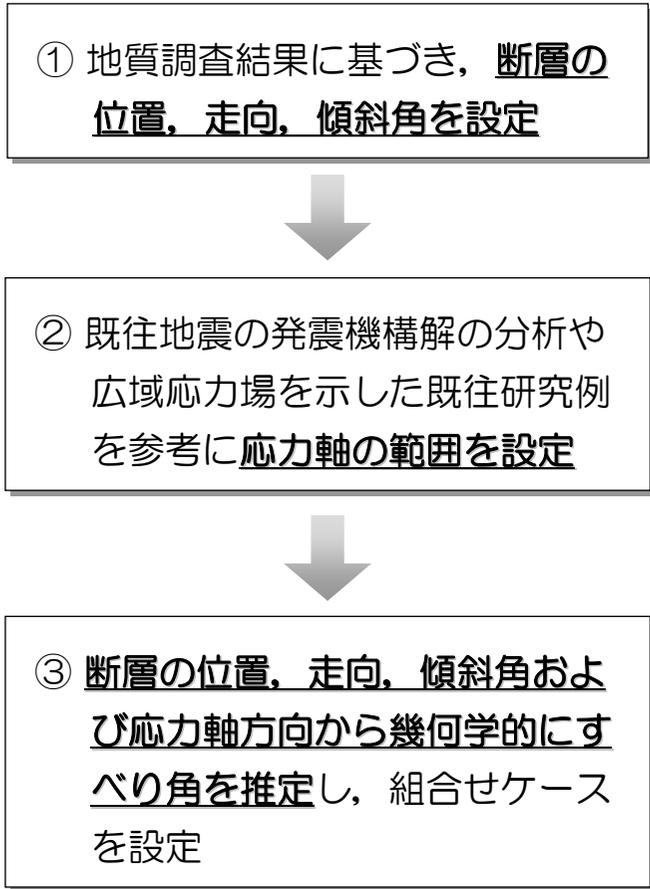
E. (参考) 波源モデルの諸元の設定 (強震動予測レシピ：佐渡島棚東縁断層の例)

項目	単位	設定値	設定根拠	震源断層を特定した地震の強震動予測手法「レシピ」 地震調査研究推進本部(2009)の記載	
■断層調査結果に基づいて設定					
断層長さ	L	km	37	・活断層調査結果に基づいて設定	・活断層の長期評価に基づいた位置・構造から想定した断層モデルの形状を基に設定
走向	θ	°	209	・活断層調査結果に基づいて設定	・活断層の長期評価結果を利用して設定
傾斜角	δ	°	55	・活断層調査結果に基づいて設定	・活断層調査結果などに基づいて設定 ・資料がない場合、逆断層は45°を基本とする
■文献の値に基づいて設定					
上縁深さ	d	km	0	・土木学会手法と同様に設定	・微小地震の深さ分布から決めることができる
剛性率	μ	N/m ²	3.5×10^{10}	・土木学会手法と同様に設定	・地震発生層の密度 ρ , S波速度 β から算出 $\mu = \rho \cdot \beta^2$
地震発生層厚さ	Ts	km	17	・微小地震の深さ分布から設定される地震発生層下限17kmより設定	・微小地震の深さ分布から設定される地震発生層下限及び断層上端深さから決めることができる
■関係式を用いて設定					
断層幅	W	km	21	・右式によりL, Ts, δ から算出 ・ $W = 17 / \sin \delta$	・地震発生層の厚さTsを考慮し傾斜角 δ に応じて設定 $W = \min(L, Ts / \sin \delta)$
断層面積	S	km ²	768	・ $S = W \times L$ から算出	—
地震モーメント	Mo	N·m	3.3×10^{19}	・右式によりSから算出	・ Mo (N·m) = $(S / 4.24 \times 10^{11})^2 \times 10^{-7}$ により算出
モーメント マグニチュード	Mw		6.9	・右式によりMoから算出	・ $Mw = (\log Mo - 9.1) / 1.5$ により算出
すべり量	D	m	1.2	・右式によりMo, μ , Sから算出	・ $D = Mo / (\mu \cdot S)$ により算出
■主応力軸の範囲に基づいて算定					
すべり角	λ	°	90	・土木学会手法と同様に設定	・断層のすべりのタイプが逆断層の場合は90°を基本とする

No	コメント																								
F	<p>波源設定のパラメータスタディにおいて設定している海底活断層のすべり角の根拠を示すこと。 また、主応力軸との関係を整理して示すこと</p> <table border="1" data-bbox="875 842 1480 1174"> <thead> <tr> <th rowspan="2">断層名</th> <th colspan="4">すべり角の組合せ λ (°)</th> </tr> <tr> <th>①</th> <th>②</th> <th>③</th> <th>④</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>佐渡島南方断層</td> <td>62</td> <td>62</td> <td>38</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>F-D断層～ 高田沖断層</td> <td>96</td> <td>140</td> <td>118</td> <td>96</td> </tr> <tr> <td>親不知海脚西縁断層 ～魚津断層帯</td> <td>90</td> <td>103</td> <td>84</td> <td>62</td> </tr> </tbody> </table>	断層名	すべり角の組合せ λ (°)				①	②	③	④	佐渡島南方断層	62	62	38	10	F-D断層～ 高田沖断層	96	140	118	96	親不知海脚西縁断層 ～魚津断層帯	90	103	84	62
断層名	すべり角の組合せ λ (°)																								
	①	②	③	④																					
佐渡島南方断層	62	62	38	10																					
F-D断層～ 高田沖断層	96	140	118	96																					
親不知海脚西縁断層 ～魚津断層帯	90	103	84	62																					

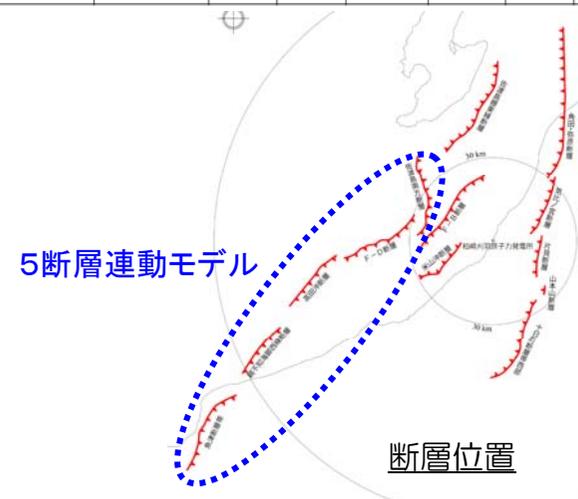
- すべり角は、断層の応力軸の設定範囲に基づき設定。
- 基本ケースでは、設定した応力軸の範囲で最も90°に近い角度となるすべり角を採用。
- パラメータスタディでは、応力軸の範囲内で角度を3ケース設定し、すべり角の組合せを設定。

■ 断層のすべり角設定の流れ



① 断層の位置、走向、傾斜角の設定

断層名	波源のモデル化 (スケーリング則)	Mw	断層長さ L (km)	断層幅 W (km)	走向 θ (°)	上縁深さ d (km)	傾斜角 δ (°)	すべり角 λ (°)	すべり量 D (m)
佐渡島南方断層	土木学会手法	8.0	29	21	0	0	45	62	7.7
F-D断層～高田沖断層			55	26	55		35	96	
親不知海脚西縁断層～魚津断層帯			72	26	30		35	90	
佐渡島南方断層	強震動予測レシビ	8.0	29	24	0	0	45	62	7.1
F-D断層～高田沖断層			55	30	55		35	96	
親不知海脚西縁断層～魚津断層帯			72	30	30		35	90	



② 応力軸の範囲設定

- 土木学会手法に基づき、既往地震の発震機構解の分析や日本各地の広域応力場を示した既往研究例（例えば塚原（1999））を参考に応力軸の向きを推定。

既往地震の発震機構解に基づく推定

2007年新潟県中越沖地震
F-net 記録

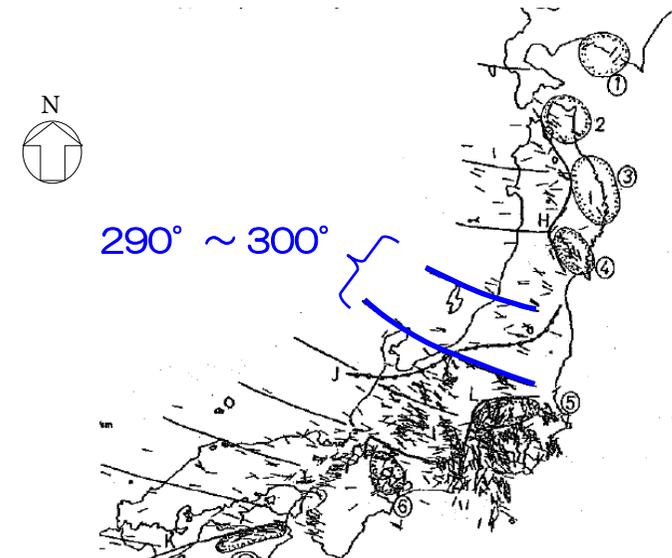
- ・本震 : 312°
- ・最大余震 : 304°

2004年新潟県中越地震
F-net 記録

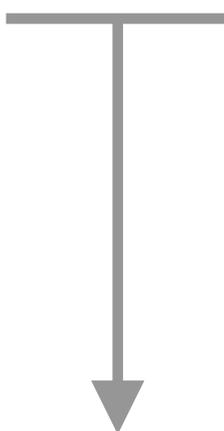
- ・本震 : 299°
- ・余震 (M6.3) : 296°
- ・余震 (M6.3) : 296°
- ・余震 (M6.0) : 304°
- ・余震 (M6.5) : 307°
- ・余震 (M6.1) : 300°

既往研究例に基づく推定

既往研究例：
塚原（1999）：日本列島の現在の地殻応力場



The map shows the Japanese archipelago with various tectonic stress field patterns. A blue bracket on the main island indicates a range of 290° to 300°. A north arrow is present on the left side of the map.



応力軸（P軸）の範囲：290° ~ 320°

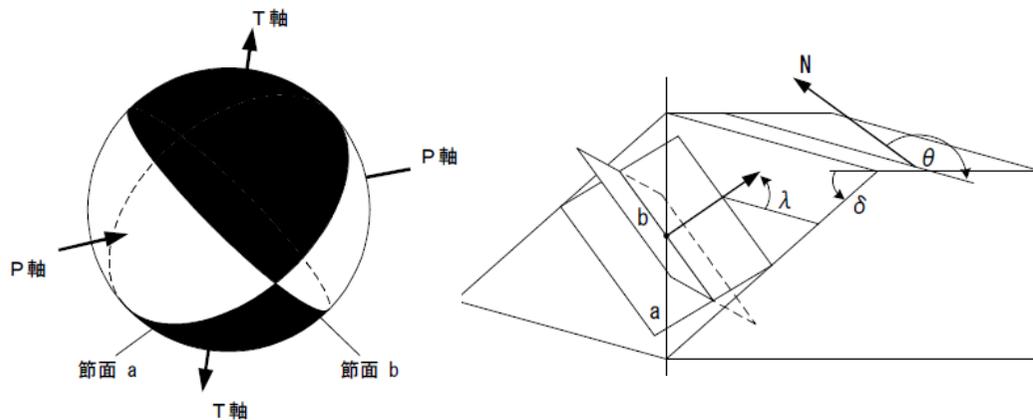
③ すべり角の推定とパラメータスタディにおける組合せ

- すべり角は，発震機構の原理に基づき，断層の位置，走向，傾斜角，および応力軸方向から幾何学的に推定。
- 基本ケースでは，設定した応力軸の範囲で最も90°に近い角度となるすべり角を採用。
- パラメータスタディでは，応力軸の範囲内で角度を3ケース設定し，すべり角の組合せを設定。

1) すべり角の範囲推定

P軸範囲（290～320°）に対応する
各断層のすべり角範囲

佐渡島南方断層	:	62° ~ 10°
F-D断層～高田冲断層	:	140° ~ 96°
親不知海脚西縁断層 ～魚津断層帯	:	103° ~ 62°



応力軸と断層運動の関係の概念図（土木学会，2002）

2) すべり角組合せ設定

断層名	すべり角の組合せ λ (°)			
	① 基本ケース 90° に 近い角度	② パラスタ1 P軸 290度	③ パラスタ2 P軸 305度	④ パラスタ3 P軸 320度
佐渡島 南方断層	62	62	38	10
F-D断層 ～ 高田冲断層	96	140	118	96
親不知海脚西縁断層 ～ 魚津断層帯	90	103	84	62

No	コメント
G	日本海東縁部1領域アスペリティモデルの設定について、根本ほか（2009）との違いを整理すること

G. 日本海東縁部のアスペリティモデルについて

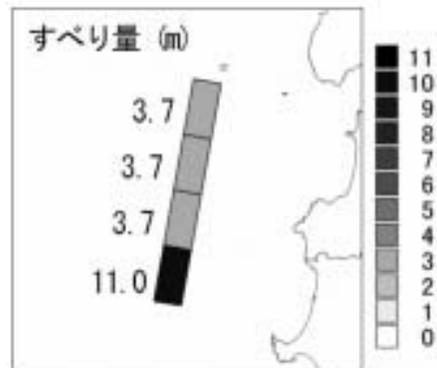
■ 波源のパラメータ：基本モデル（アスペリティモデル）

- 基本モデル（1領域モデル）のうち、水位上昇側が最大となる、強震動予測レシピ（傾斜角 30° ）のケースについて、すべり分布の不確かさとして、アスペリティモデルの検討を行った。（7ケース）
- アスペリティは、根本ほか（2009）を参考とし、すべり量を平均すべり量の2倍とする領域を全断層面積の25%に設定した。
- ただし、Manighetti et al.(2007)を参考に、すべり量の上限を20mとした。

Mw	断層長さ L (km)	断層幅 W (km)	走向 θ ($^\circ$)	上縁深さ d (km)	傾斜角 δ ($^\circ$)	すべり角 λ ($^\circ$)	すべり量 D (m)
8.3	230	40	30	0	30	90	20 (アスペリティ領域) 6.7 (背景領域)

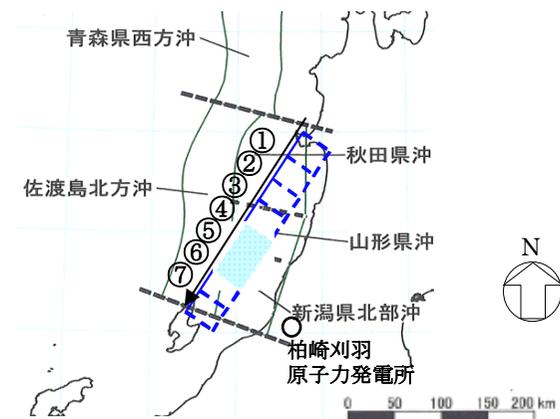
根本ほか（2009）のアスペリティモデル （1983年日本海中部地震の例）

- ✓ 断層面の1/4をアスペリティ領域とし、平均すべり量の2倍に設定。
- ✓ 断層面の3/4を背景領域とし、平均すべり量の2/3倍に設定。



日本海東縁部のアスペリティモデル

- ✓ 断層面の1/4をアスペリティ領域とし、平均すべり量の2倍に設定。
- ✓ 断層面の3/4を背景領域とし、平均すべり量の2/3倍に設定。
- ✓ アスペリティ（網掛け部）位置を1/8ずつ移動



G. (参考) スケーリング則比較 (すべり量)

- 各スケーリング則を比較した結果、土木学会および強震動予測レシピで用いられるスケーリング則は、根本ほか（2009）が用いている大竹のスケーリング則と比較して、Mwおよびすべり量が大きくなることを確認。

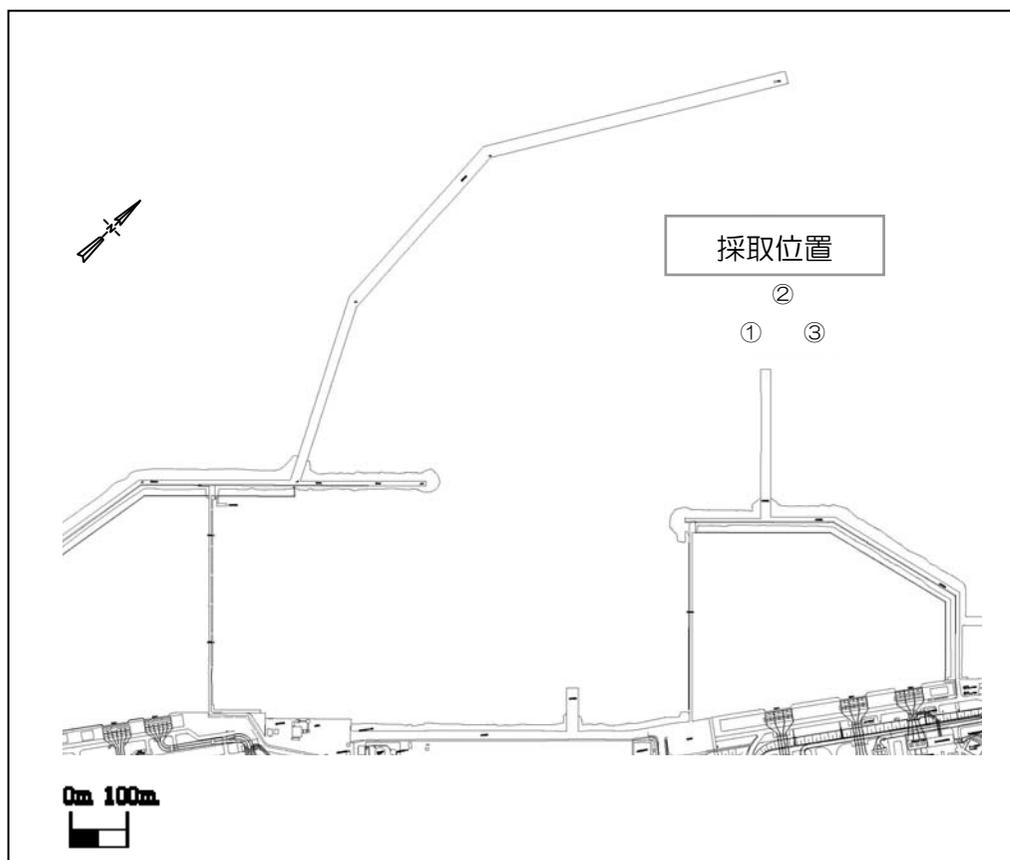
	土木学会	強震動予測レシピ	根本ほか
スケーリング則	武村（1998） 断層幅が上限に達している場合 $\log L(km) = 0.75M_w - 3.77$ $L \propto D, W = const.$ 断層幅が上限に達していない場合 $W = \frac{2}{3}L \quad L \propto W \propto D$	入倉・三宅（2001） $M_0 = 7.5 \times 10^{18} (N \cdot m)$ ($M_w 6.5$ 相当) 以上 $S = 4.24 \cdot 10^{-11} \cdot (M_0 \times 10^7)^{1/2}$ 上限： $M_0 = 1.0 \times 10^{21} (N \cdot m)$ $M_0 = 7.5 \times 10^{18} (N \cdot m)$ ($M_w 6.5$ 相当) 以下 $S = 2.23 \cdot 10^{-15} \cdot (M_0 \times 10^7)^{2/3}$	大竹（2002） $\log L = 0.67M_w - 3.07$ <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin-left: auto; margin-right: auto;"> Mw：モーメントマグニチュード Mo：地震モーメント </div>
断層長さ L[km]	230		
傾斜角 δ [°]	30		
地震発生層厚 Ts[km]	15	20	20
断層幅 ※ W[km]	30	40	40
Mw	8.2	8.4	8.1
すべり量 D [m]	9.6	14.6	5.7

※ 地震発生層の厚さTsを考慮し、傾斜角 δ に応じて、 $W = Ts / \sin \delta$ により設定

No	コメント
H	砂移動計算に用いている物性値について、根拠を示すこと。

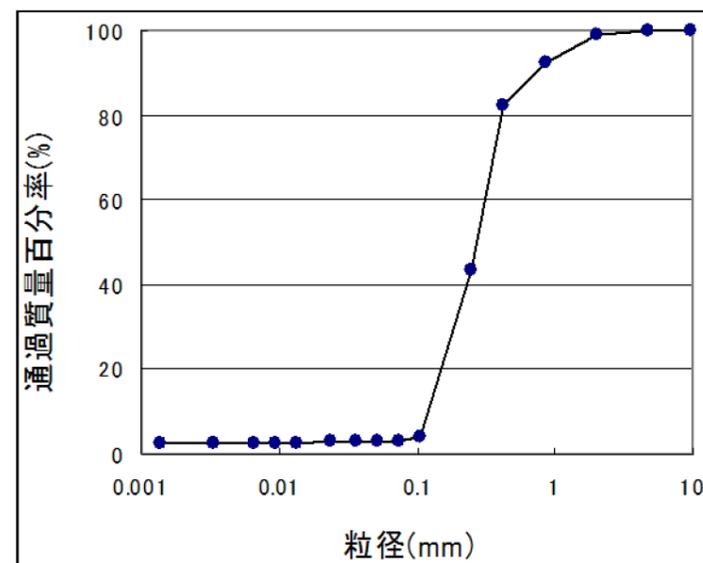
H. 砂移動評価の物性値について

- 敷地前面海域における浚渫砂を基に，砂の粒径，密度を設定。
- 粒径については，代表として中央粒径（D50）を採用。



採取位置図

項目	設定値	設定根拠
密度 ρ	2.69 g/cm ³	浚渫砂の物理特性試験結果 (平成19年度)
中央粒径 d	0.27 mm	浚渫砂の物理特性試験結果 (平成19年度)



粒径加積曲線

No	コメント
1	砂移動計算について、浮遊砂濃度の上限値5%のケースについても検討すること

I. 砂移動評価における浮遊砂濃度の上限について

■ 論文整理に基づく高橋ほか（1999）における浮遊砂濃度上限値に関する評価

- 高橋ほか（1999）の浮遊砂濃度上限値について、砂移動評価に関する論文を整理。
- 上限値5%の検証結果から、浮遊砂濃度上限値5%は過大評価になると考えられる。
- 上限値1%の検証結果から、浮遊砂濃度上限値1%は妥当な設定値であると考えられる。

高橋ほか（1999）の検証事例

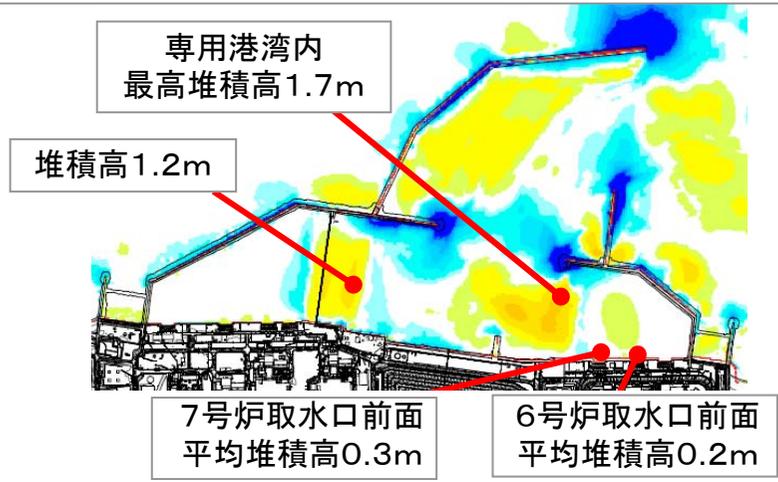
実規模検証	文献	計算使用砂粒径	計算格子間隔	浮遊砂濃度上限	浮遊砂濃度上限に関する評価
気仙沼湾 (1960年 チリ地震津波)	玉田ほか (2009)	0.001~ 1mm	25m, 5m	1%,5%	<ul style="list-style-type: none"> ● 計算格子間隔を5mの場合、浮遊砂濃度上限5%では実績値より侵食深を過大に評価
八戸港 (1960年 チリ地震津波)	藤田ほか (2010)	0.26mm	10.3m	1%,2%,5%	<ul style="list-style-type: none"> ● 浮遊砂濃度上限5%は過大に評価 ● 浮遊砂濃度上限1~2%の場合の再現性が良好
宮古港 (2011年東北地方 太平洋沖地震津波)	近藤ほか (2012)	0.08mm	10m	1%	<ul style="list-style-type: none"> ● 土砂移動の全体的な傾向は良く一致 ● 防波堤堤頭部の最大洗掘深や断面地形も定量的に概ね良い一致
気仙沼湾 (2011年東北地方 太平洋沖地震津波)	森下ほか (2014)	0.3mm	10m	1% $C_{sat} = \alpha \times \sqrt{U^2 \times V^2}$	<ul style="list-style-type: none"> ● 砂移動評価に影響を及ぼす因子として、無次元掃流力、流砂量式係数、飽和浮遊砂濃度の3つを抽出 ● 上記の3つの因子を同時に変えたモデルにより、再現性が向上する可能性を示唆 ● 飽和浮遊砂濃度については、摩擦速度の関数とすることで再現性向上につながることを示唆

C_{sat} : 飽和浮遊砂濃度 U,V : 断面平均流速成分 α : 係数 (0.01)

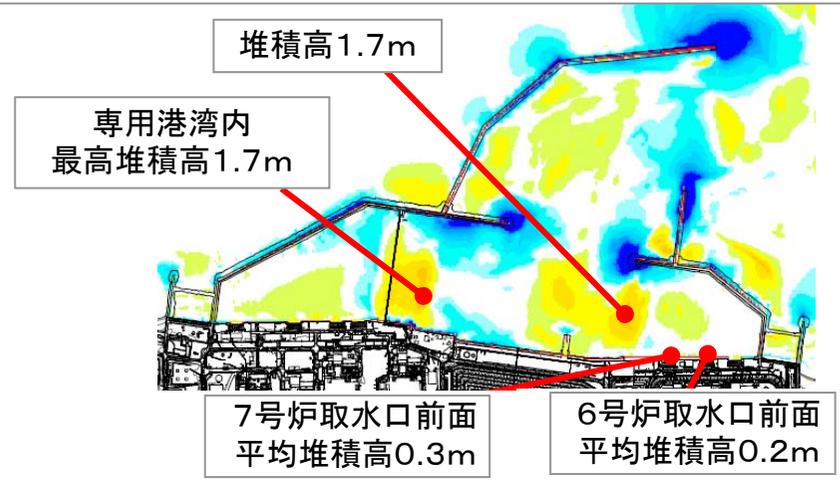
I. 砂移動評価における浮遊砂濃度の上限について

■ 高橋ほか（1999）の手法による堆積侵食分布（最終地形）

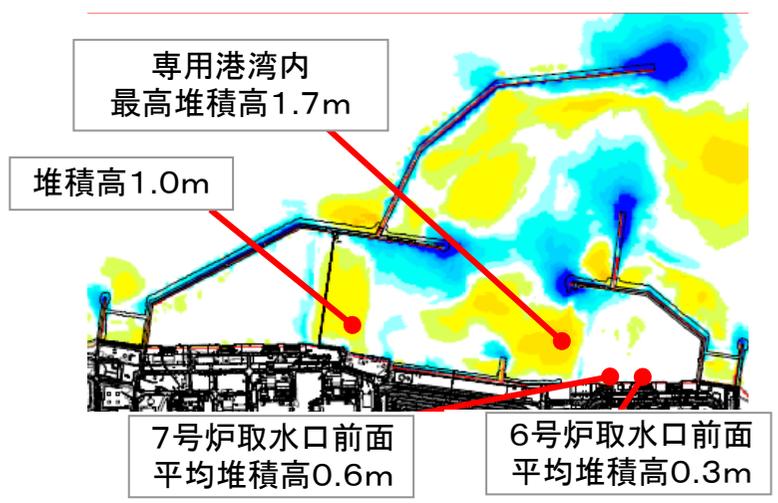
- 6, 7号炉取水口前面の堆積厚さは最大でも約0.6mであり、取水口が閉塞するおそれはないことを確認



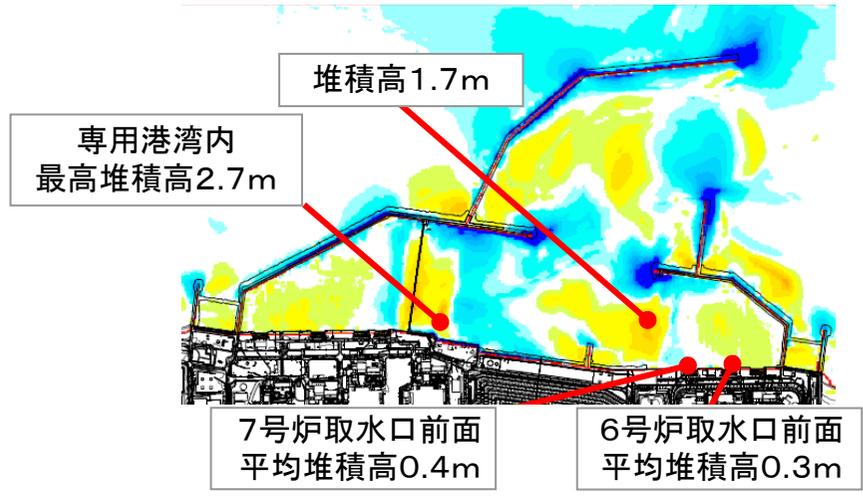
水位上昇側・海域活断層



水位上昇側・日本海東縁部



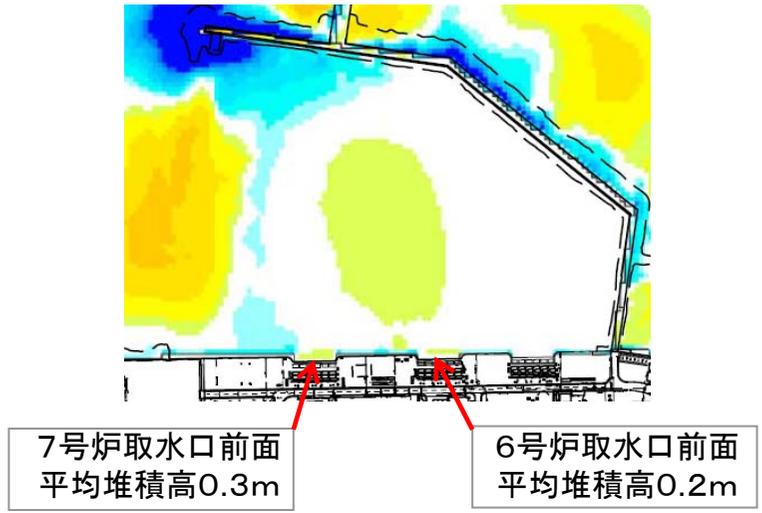
水位下降側・海域活断層



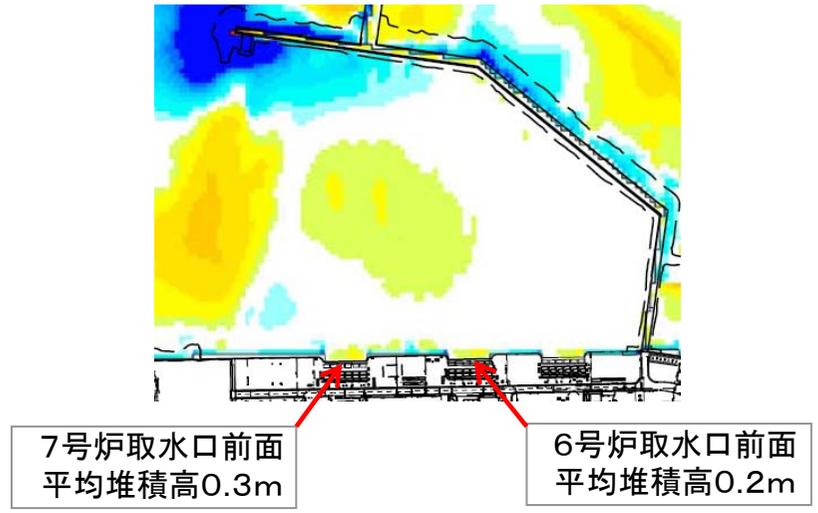
水位下降側・日本海東縁部

I. 砂移動評価における浮遊砂濃度の上限について

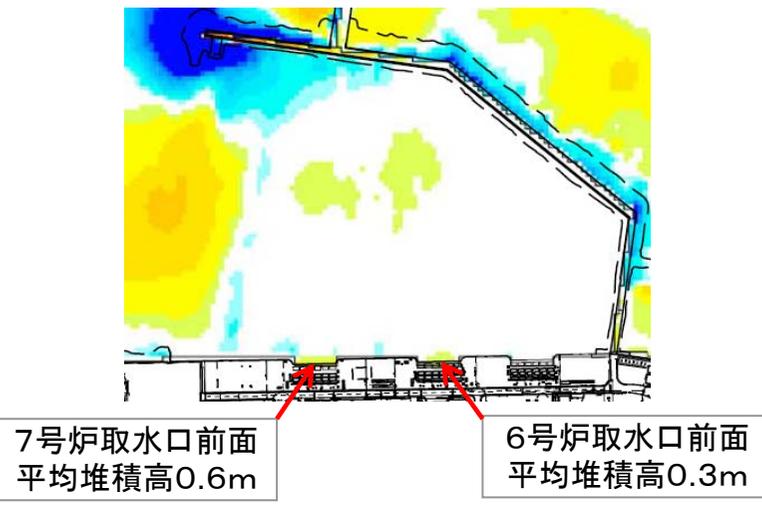
■ 高橋ほか（1999）の手法による堆積侵食分布（最終地形）：取水口前面拡大図



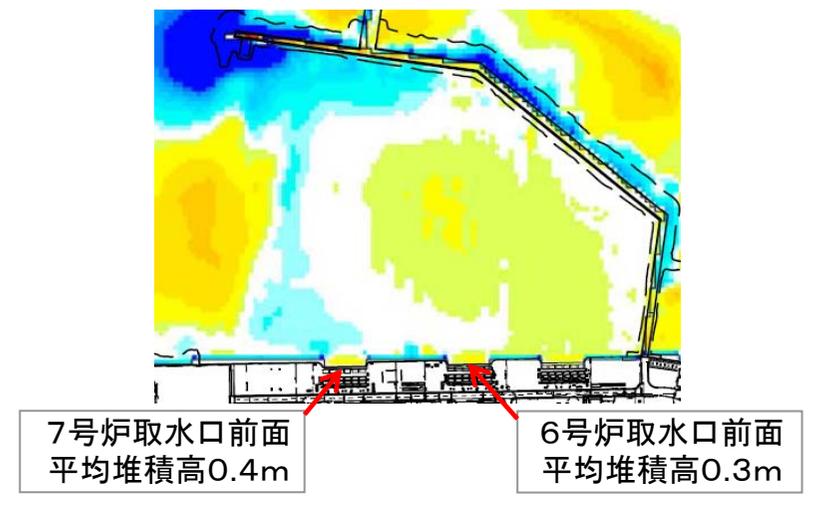
水位上昇側・海域活断層



水位上昇側・日本海東縁部



水位下降側・海域活断層

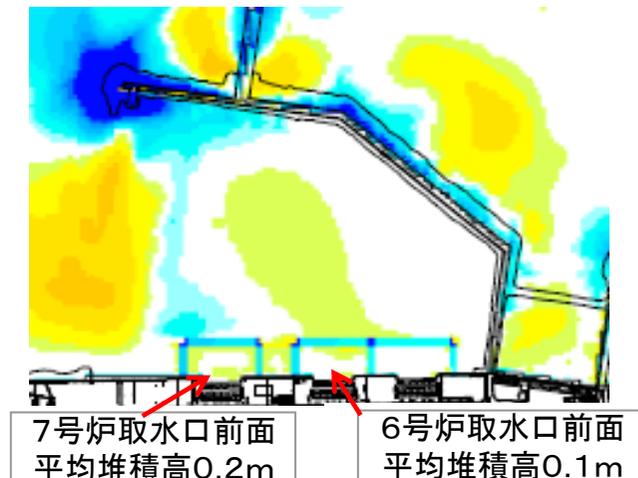


水位下降側・日本海東縁部

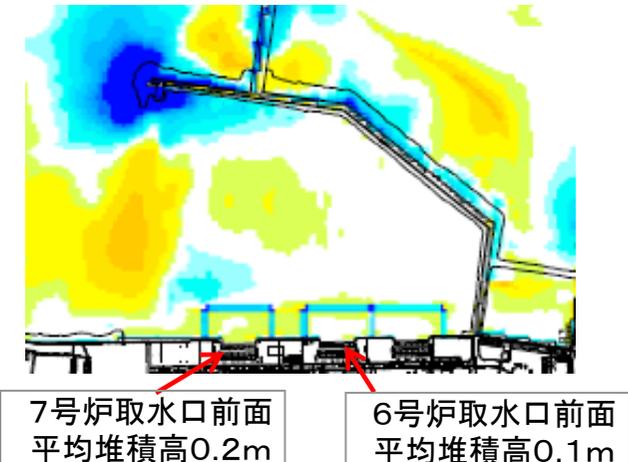
I. (参考) 津波による海底地形変化 (貯留堰有りケース)

■ 高橋ほか (1999) の手法を用いて貯留堰有りのケースを実施

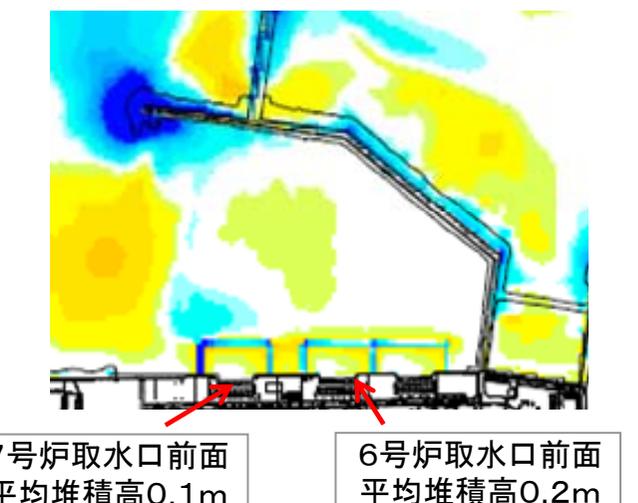
- 6, 7号炉取水口前面の堆積厚さは最大でも約0.3mであり, 取水口が閉塞するおそれはないことを確認



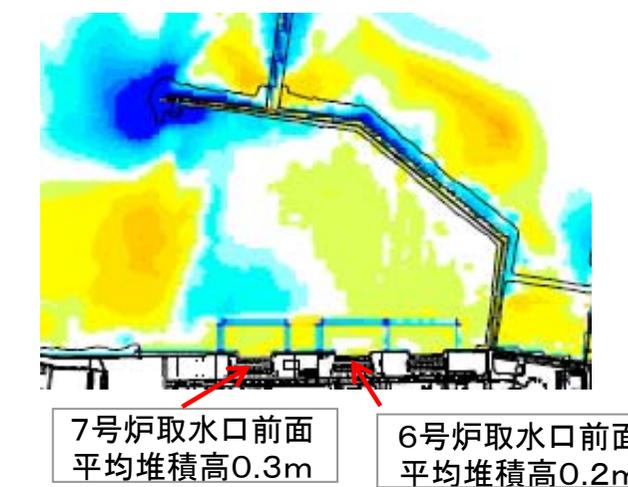
水位上昇側・海域活断層



水位上昇側・日本海東縁部



水位下降側・海域活断層

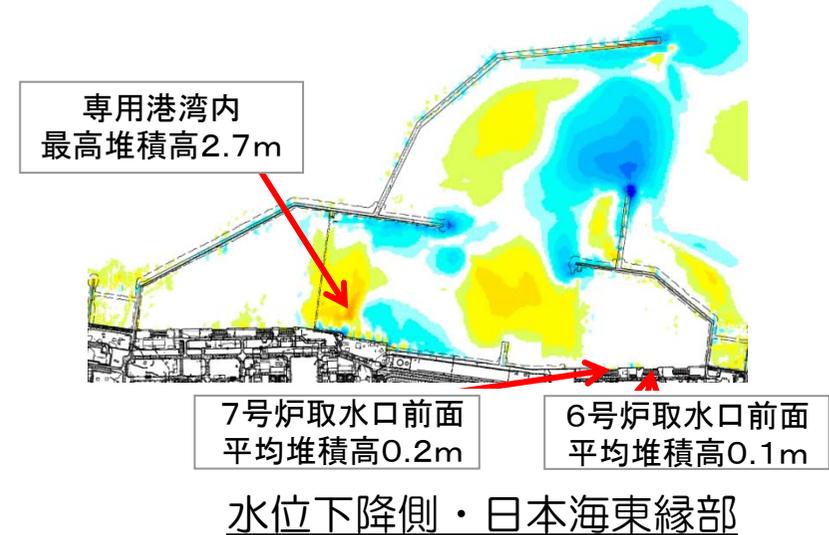
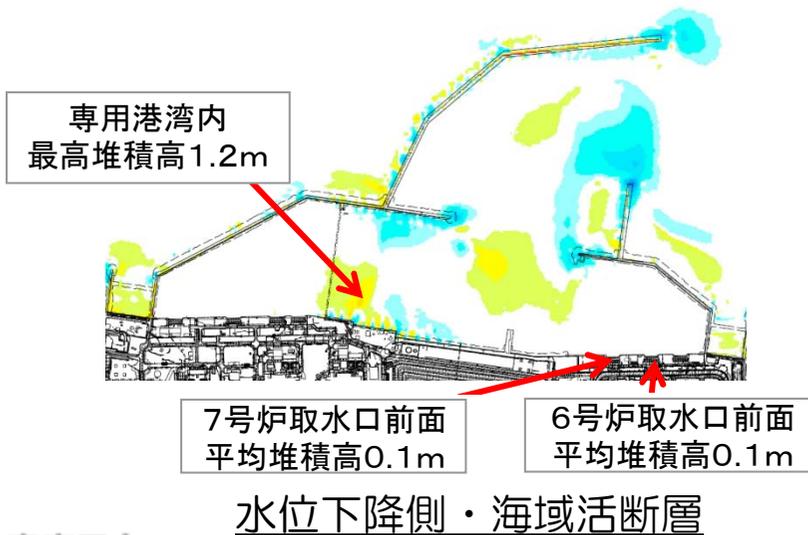
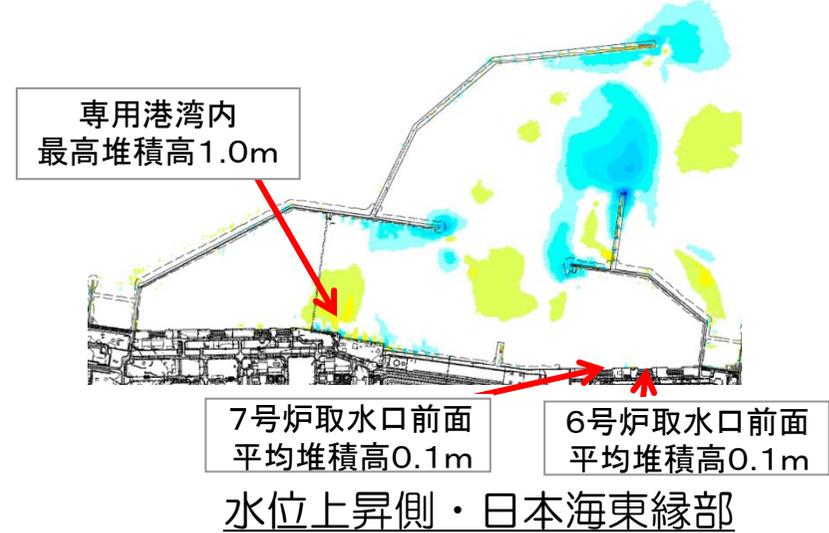
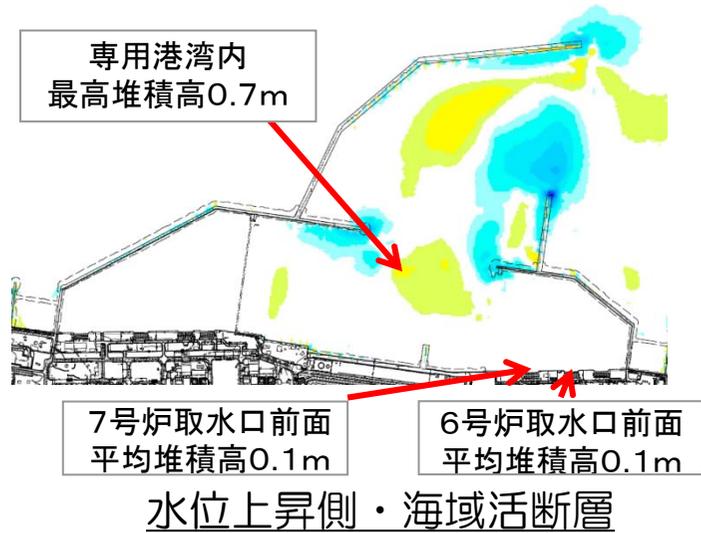


水位下降側・日本海東縁部

I. 砂移動評価における浮遊砂濃度の上限について

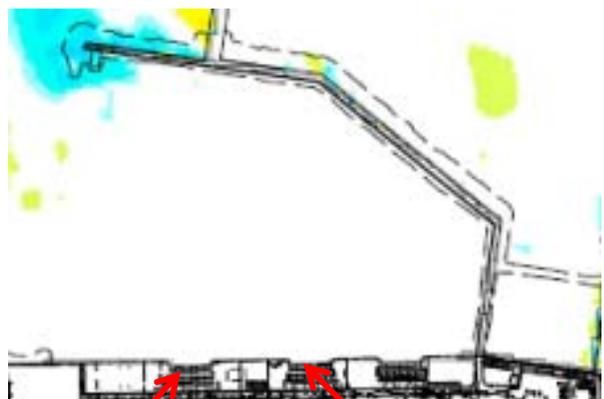
■ 藤井ほか（1998）の浮遊砂濃度上限値5%ケース

- 藤井ほか（1998）の浮遊砂濃度上限値を5%としたケースを実施
- 取水口付近の堆積厚さは最大でも約0.2mであり、取水口が閉塞するおそれはないことを確認



I. 砂移動評価における浮遊砂濃度の上限について

■ 藤井ほか（1998）の浮遊砂濃度上限値5%ケース（取水口前面拡大図）



7号炉取水口前面
平均堆積高0.1m

6号炉取水口前面
平均堆積高0.1m

水位上昇側・海域活断層



7号炉取水口前面
平均堆積高0.1m

6号炉取水口前面
平均堆積高0.1m

水位上昇側・日本海東縁部



7号炉取水口前面
平均堆積高0.1m

6号炉取水口前面
平均堆積高0.1m

水位下降側・海域活断層



7号炉取水口前面
平均堆積高0.2m

6号炉取水口前面
平均堆積高0.1m

水位下降側・日本海東縁部

No	コメント
J	津波堆積物の評価における，粒度等のデータを示すこと

J. 津波堆積物調査結果

● 調査地点は、以下の事項を考慮して選定した。

- 湿地や沼地等，堆積環境が長期的に安定していたと推定される地点（過去，そのような環境下であったと推定できる地点を含む）
- 海との連絡が隔絶している砂丘間低地や沼地，溺れ谷や半閉鎖的な湾など堆積物の保存環境が良いと想定される地点
- 海岸線沿いや河口または河川沿いにおいて，津波が遡上した可能性のある地点

● 発電所周辺の本州側沿岸地域および佐渡島沿岸地域から，調査地点として，以下の11地点を選定した。

【新潟県佐渡島沿岸】

佐渡市 下久知・窪田

【新潟県本州側沿岸】

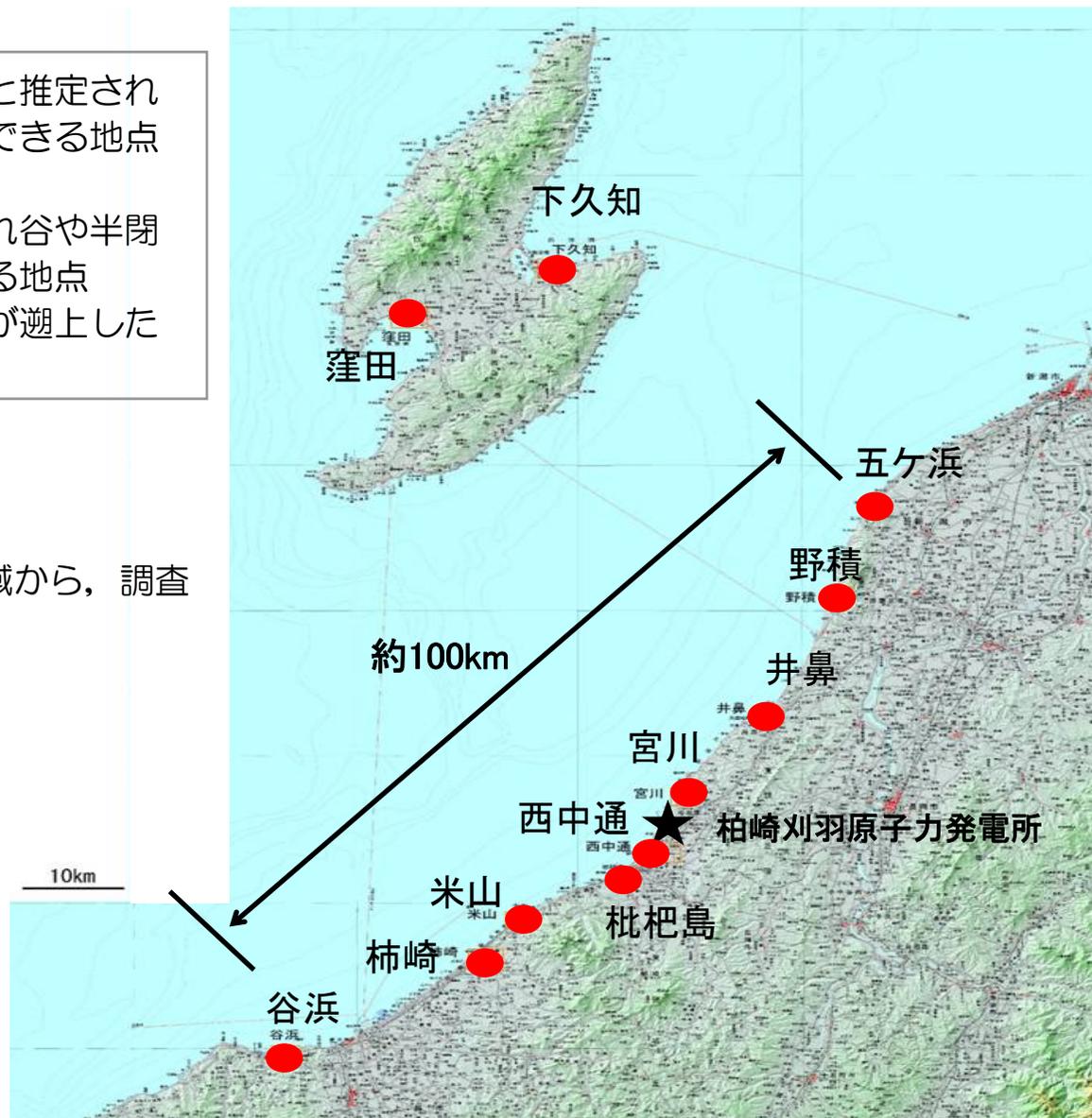
新潟市 五ヶ浜

長岡市 野積・井鼻

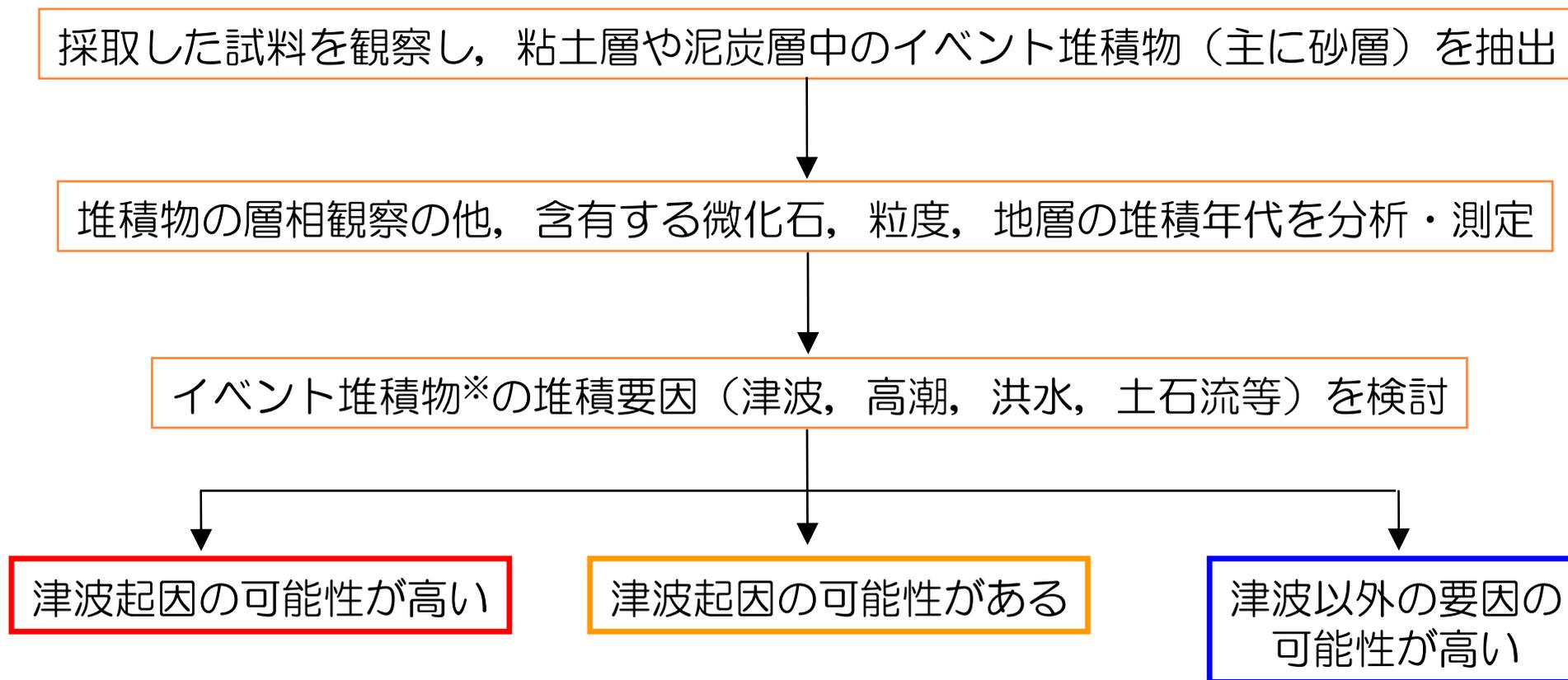
柏崎市 宮川・西中通・枇杷島・米山

上越市 柿崎・谷浜

● それぞれの地点で2～10箇所，合計で55箇所において，試料を採取し，堆積物調査を実施した。



■ イベント堆積物の分析・評価の流れ



※ここでいうイベント堆積物は、津波以外にも、高潮、河川の洪水、土石流など環境の急変を示唆する地層であり、静穏な環境で堆積した泥炭層や粘土層中に挟在する、主として砂層もしくは泥層とした。

J. 津波堆積物調査結果

- イベント堆積物の分析・検討として、層相の観察，珪藻化石分析，粒度・粒子組成分析等を実施した。
- 佐渡島では，1地点（下久知：標高約1m）のイベント堆積物を津波起因の可能性が高いと評価した[表中の●]。
- 本州側で2地点（井鼻：標高約3.5m，西中通：標高約3m及び約0.5m），佐渡島で2地点（下久知：標高約4m，窪田：標高約2.5m）のイベント堆積物を津波起因の可能性があると評価した[表中の□]。
- 宮川，枇杷島，米山，柿崎の4地点のイベント堆積物は，津波以外の要因の可能性が高いと判断した。
- なお，津波起因の可能性の高い堆積物が確認された下久知地点近傍の加茂湖においては，斎藤ほか（1997）・ト部（2013）で，地震・津波に関係したと評価される堆積物が報告されている。

	調査地点	イベント堆積物		津波堆積物の可能性の判定根拠			総合判定
		有無	分布標高	層相	海水生種の珪藻	粒度・粒子組成	
佐渡島	下久知①	有	約1m	○ 腐植粘土塊を含む 上方細粒化、下面境界が明瞭	○	海浜砂に複数の種類があるため、比較困難	●
	下久知②	有	約4m	○ 下面境界が明瞭 淘汰良好	○	総産出数は極めて少なく判定不可	▲
	窪田	有	約2.5m	△ 下面境界が明瞭 淘汰不良	○	時代が古く、比較困難	▲
本州側	五ヶ浜	無	/	/	/	/	-
	野積	無	/	/	/	/	-
	井鼻	有	約3.5m	△ シルト塊を含む 下面境界がやや不明瞭	○	海浜砂にやや類似	▲
	宮川①	有	約6.5m	○ 下面境界が明瞭	×	海浜砂にやや類似	□
	宮川②	有	約5.5m	△ 下面境界が明瞭 薄層のため堆積構造不明	○	総産出数は極めて少なく判定不可	□
	西中通①	有	約0.5m	○ シルト塊を含む、上方細粒化 下面境界が明瞭	△ (総産出数は少ない)	時代が古く、比較困難	▲
	西中通②	有	約3.5m 約0.5m	△ 粘土薄層のため 堆積構造不明	×	粘土薄層のため	□
	西中通③	有	約3m	△ 粘土薄層のため 堆積構造不明	○	粘土薄層のため	▲
	枇杷島	有	約-1m	×	○	時代が古く、比較困難	□
	米山	有	約8.5m	○ 下面境界が明瞭 現砂丘砂に類似	×	/	□
	柿崎①	有	約-1.5m	△ 腐植土塊含む 下面境界がやや不明瞭	×	時代が古く、比較困難	□
	柿崎②	有	約-1m	△ 粘土薄層のため 堆積構造不明	×	時代が古く、比較困難	□
谷浜	無	/	/	/	/	-	

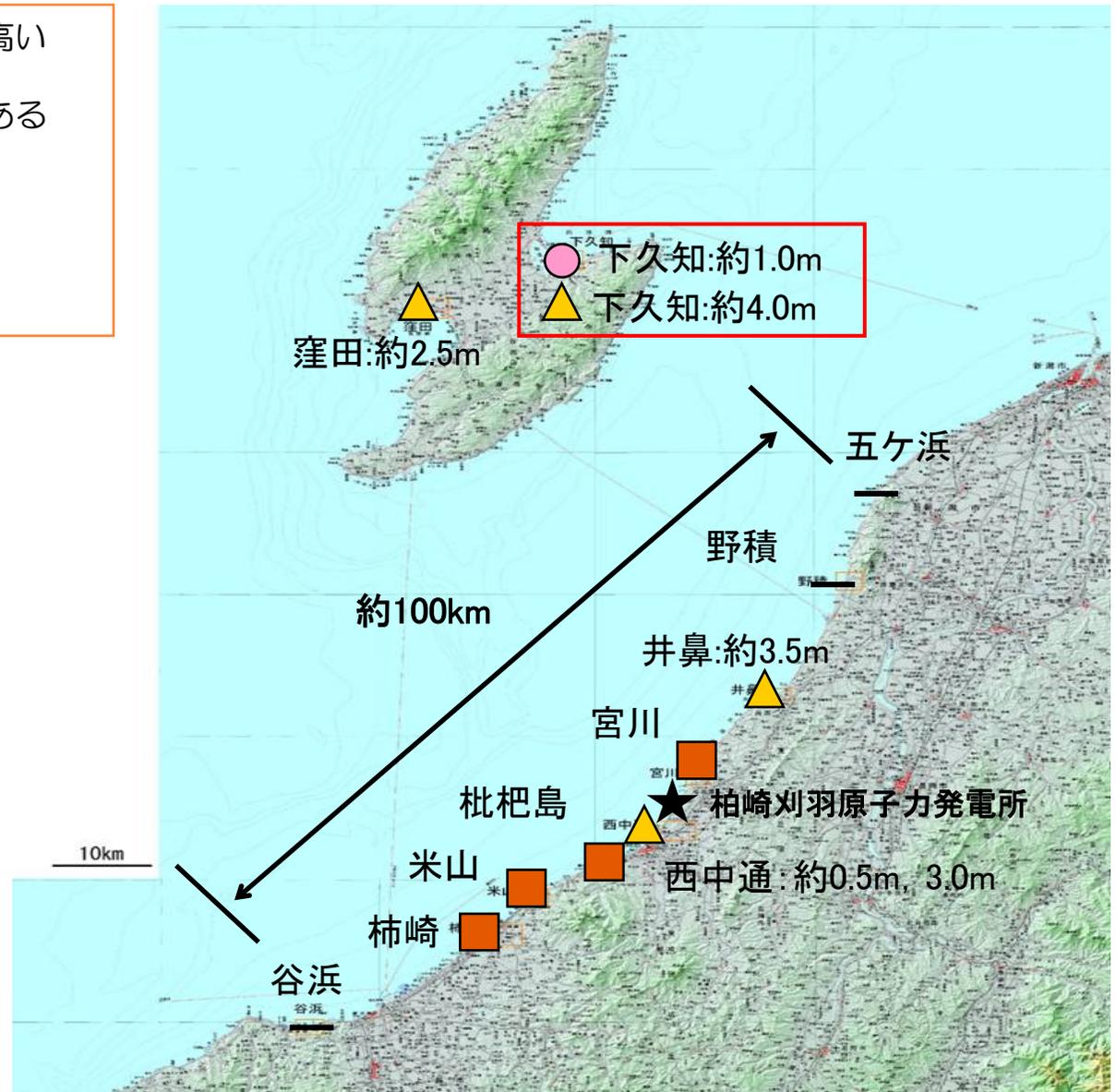
(判定根拠の凡例)
 ○：津波堆積物であることを肯定する方向の結果
 △：津波堆積物であることを肯定も否定も可能な結果
 ×：津波堆積物であることを否定する方向の結果
 /：分析未実施

(総合判定の凡例)
 ●：イベント堆積物があり、津波起因の可能性が高い
 ▲：イベント堆積物があり、津波起因の可能性がある
 □：イベント堆積物があるが、津波以外の要因の可能性が高い
 -：評価に適する堆積物が分布せず、評価できない

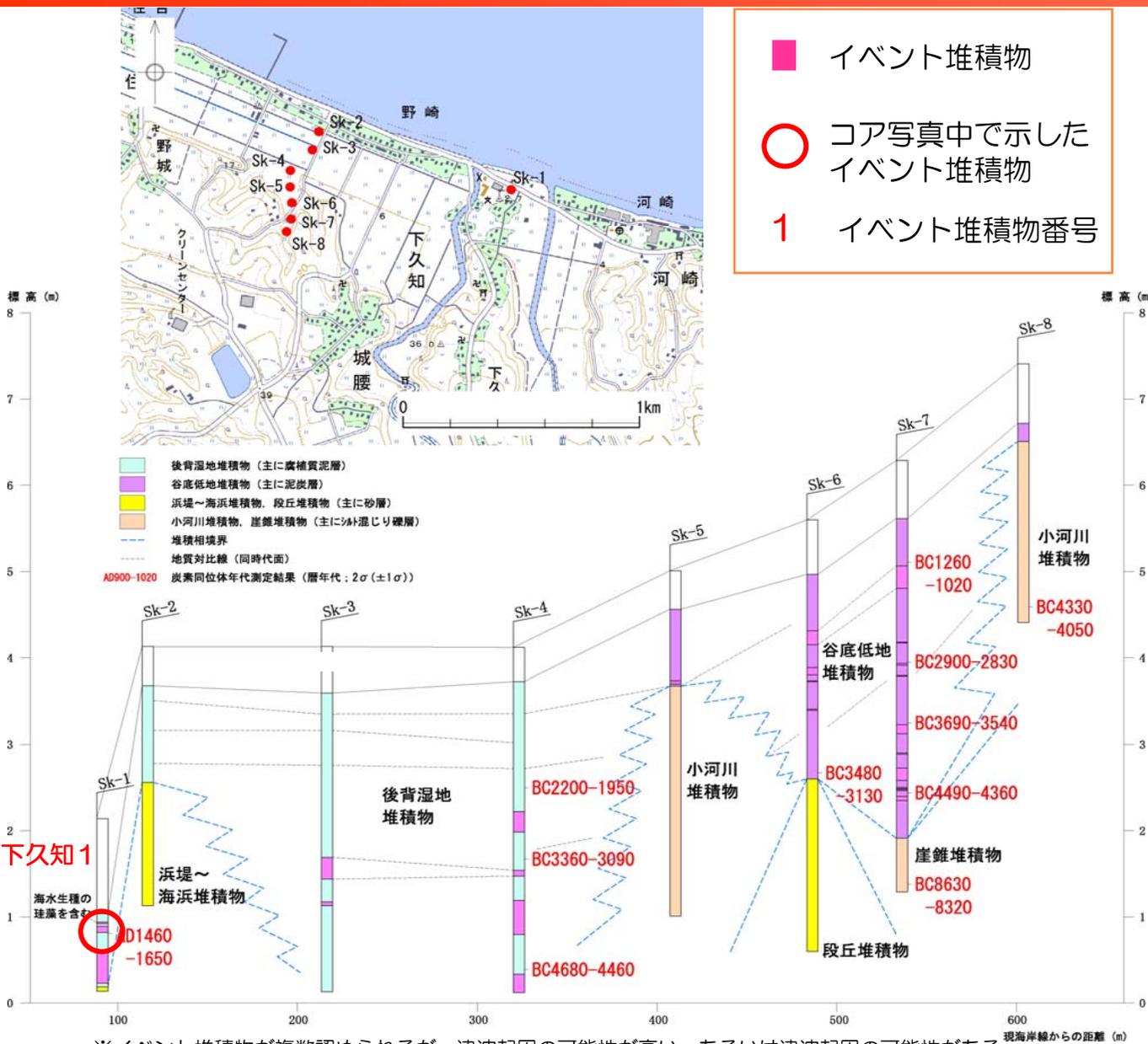
J. 津波堆積物調査結果

- : イベント堆積物があり、津波起因の可能性が高い
- ▲ : イベント堆積物があり、津波起因の可能性がある
- : イベント堆積物があるが、津波以外の要因の可能性が高い
- : 評価に適する堆積物が分布せず、評価できない

- イベント堆積物の分析・検討の結果、佐渡島で1地点（下久知：標高約1.0m）のイベント堆積物について、津波起因の可能性が高いと評価した。
- 本州側で2地点（井鼻：標高約3.5m，西中通：標高約0.5, 3.0m），佐渡島で2地点（下久知：標高約4.0m，窪田：標高約2.5m）のイベント堆積物について、津波起因の可能性があると評価した。



J. 津波堆積物調査結果【下久知地点①】



Sk-1のコア写真



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

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

J. 津波堆積物調査結果【下久知地点②】

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

Sk-7のコア写真



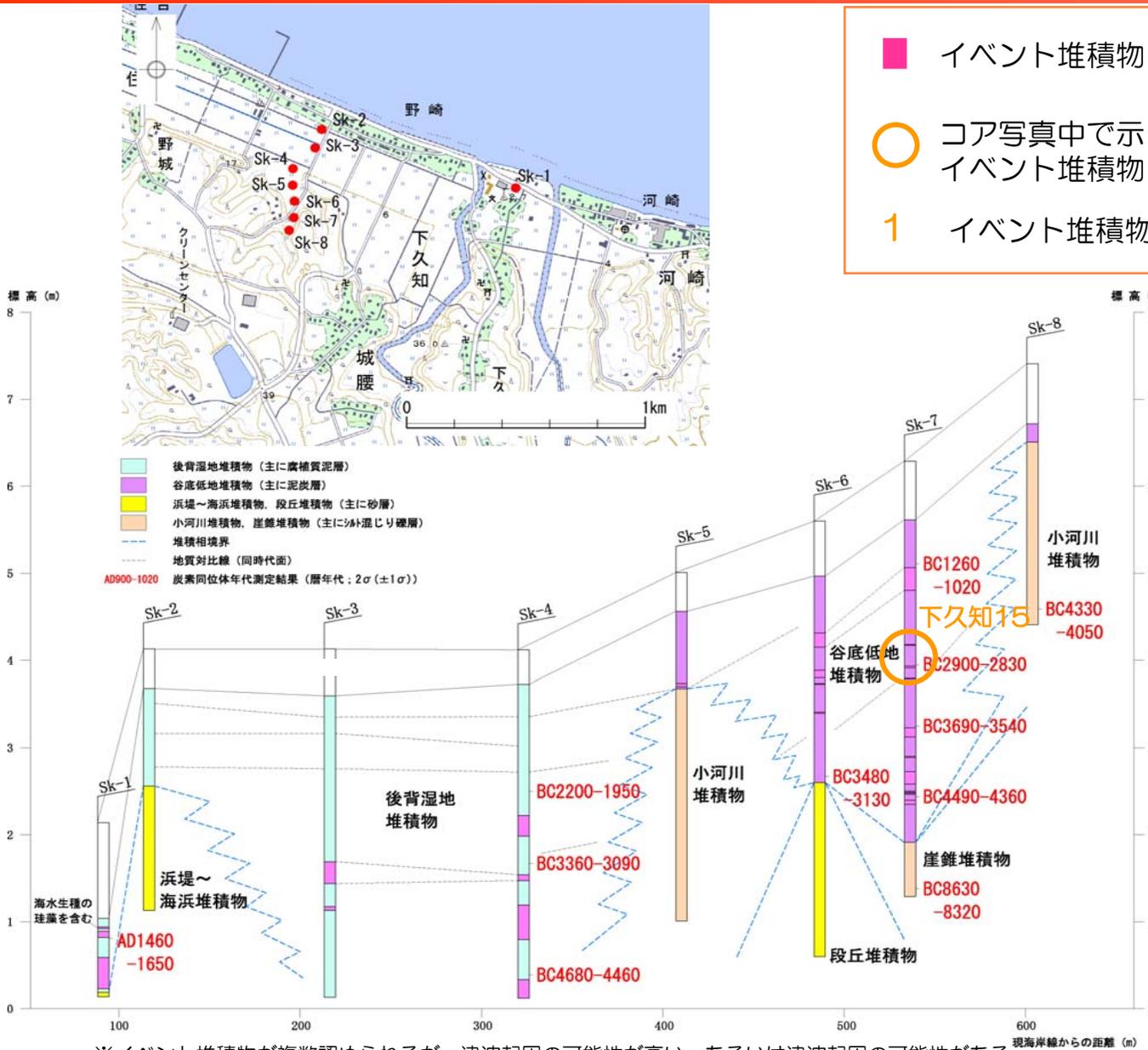
標高3.89m
 標高3.87m
 (深度2.40m)
 (深度2.42m)
 標高3.75m
 (深度2.54m)

下久知15 {

下久知16 →

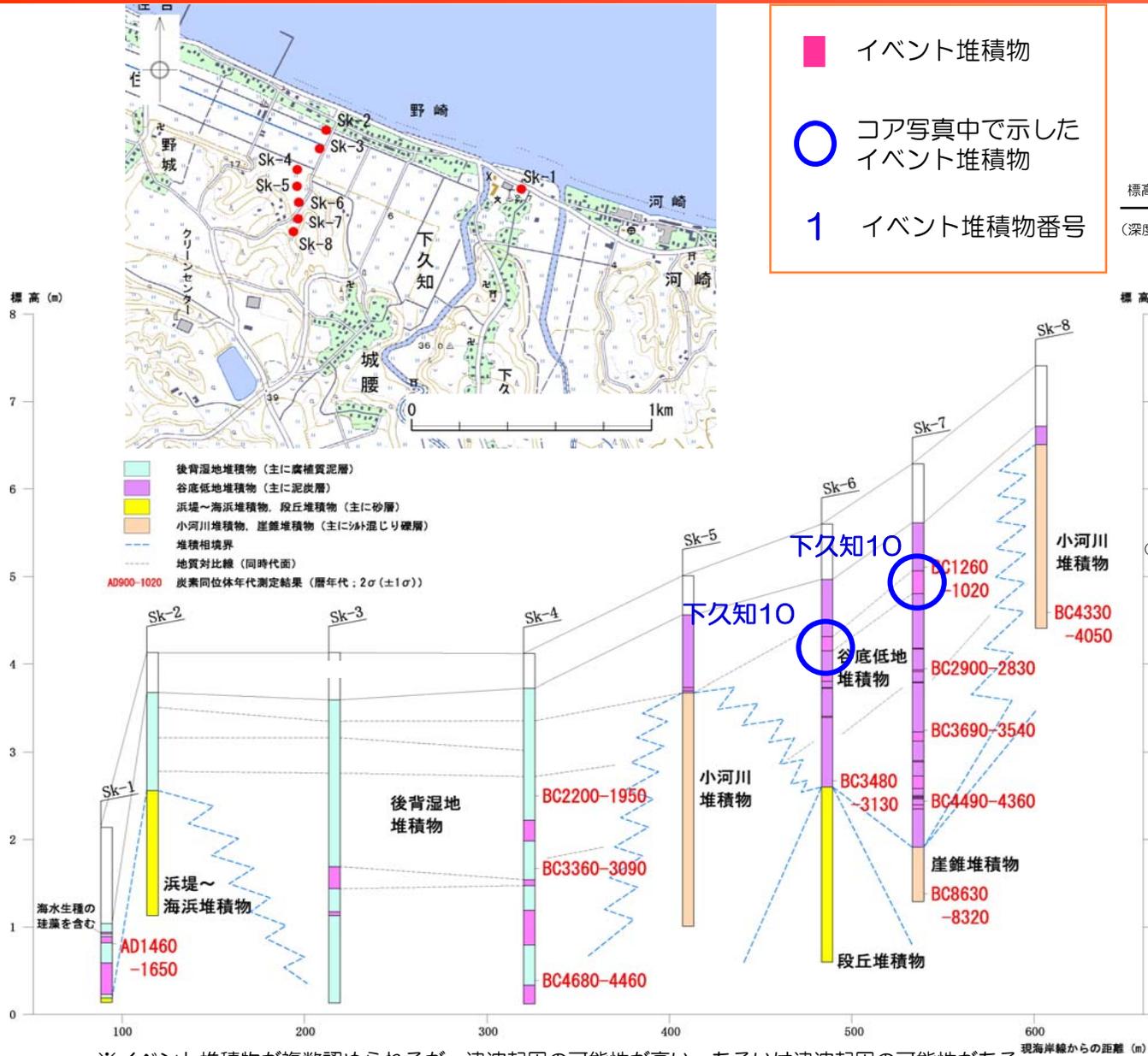
【評価】

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

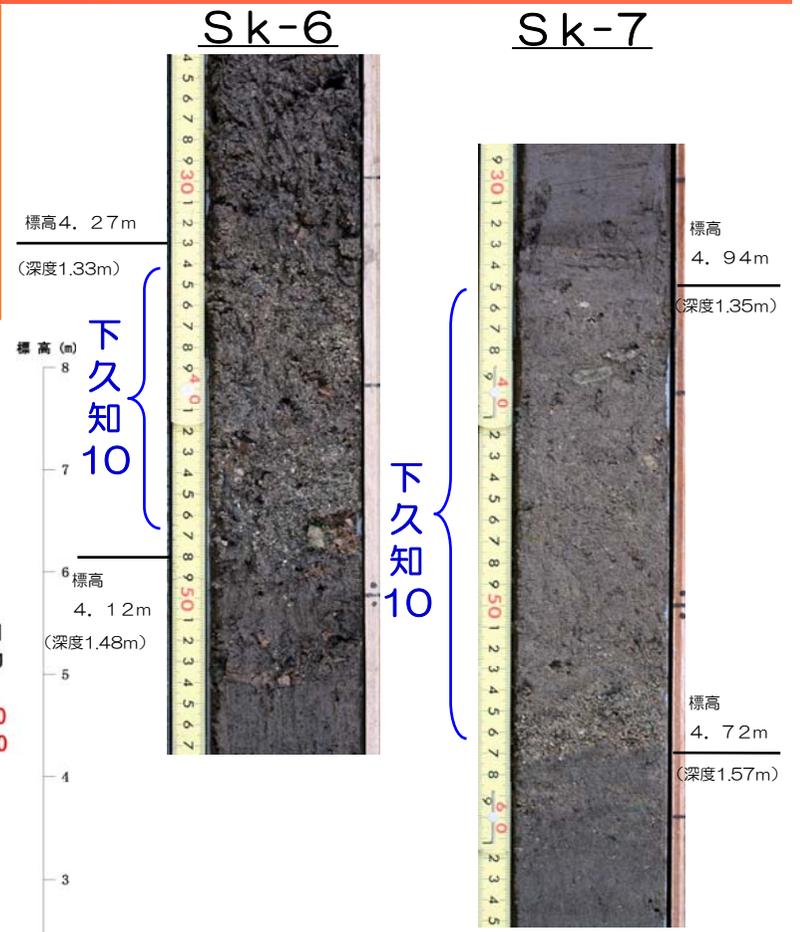


※イベント堆積物が複数認められるが、津波起因の可能性が高い、あるいは津波起因の可能性があると評価されたイベント堆積物より標高の低いイベント堆積物の堆積要因の検討は実施していない。

J. 津波堆積物調査結果【下久知地点③】



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

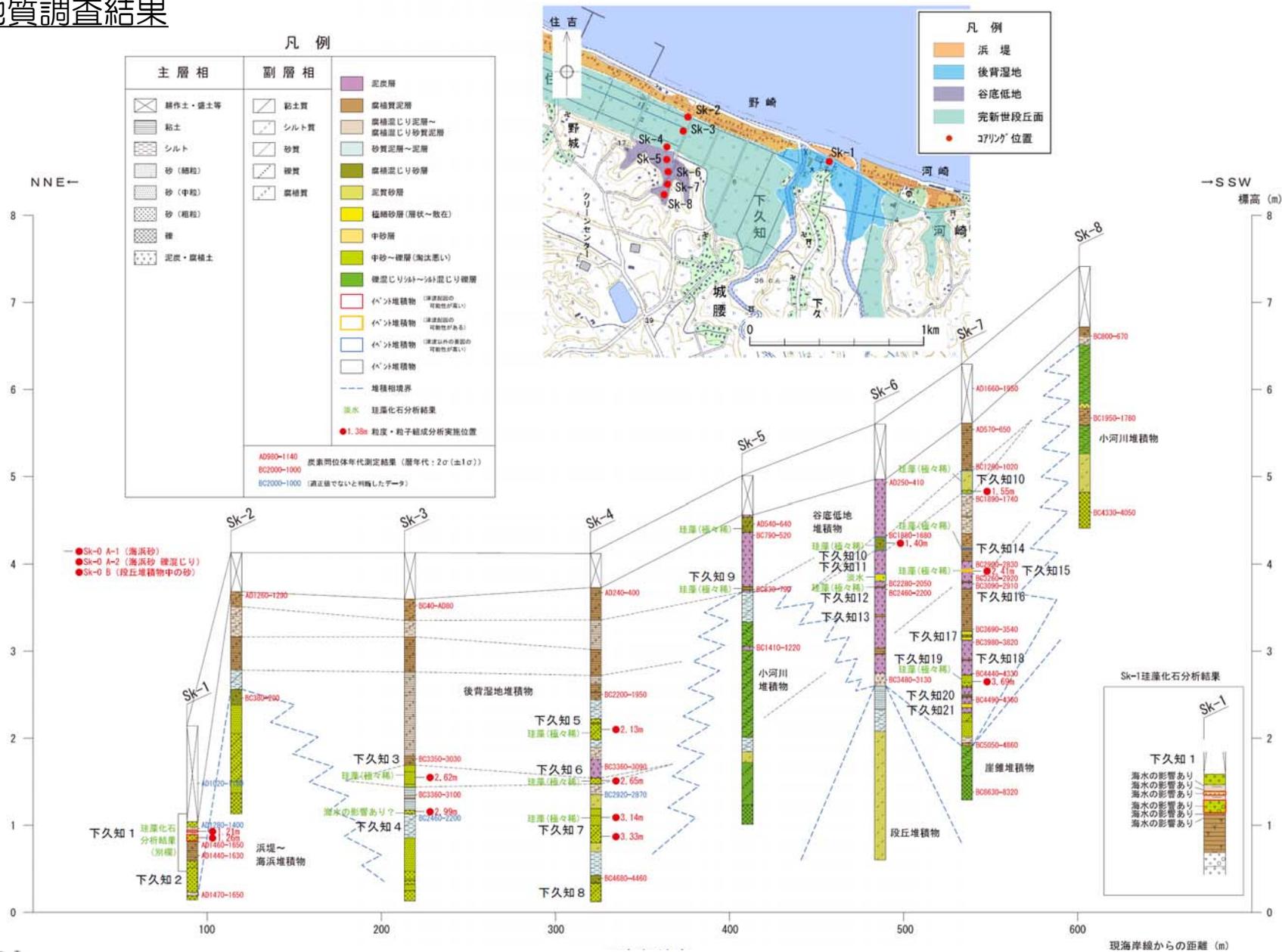


【評価】
 層相は下面境界が明瞭あるいは漸移的
 的で、淘汰が不良であることから津波
 以外の要因の可能性が高いと評価。
 (珪藻分析並びに粒度・粒子組成分析
 から判断材料は得られなかった。)

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

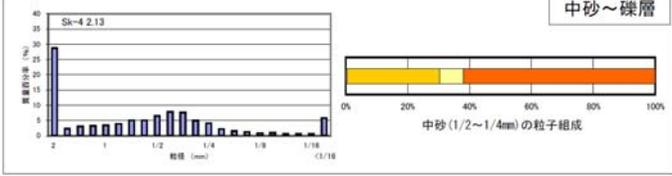
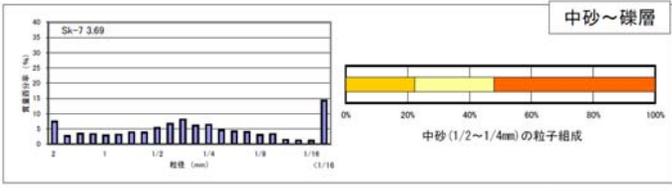
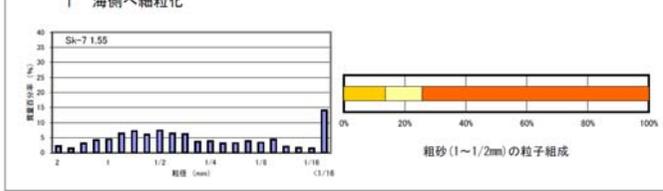
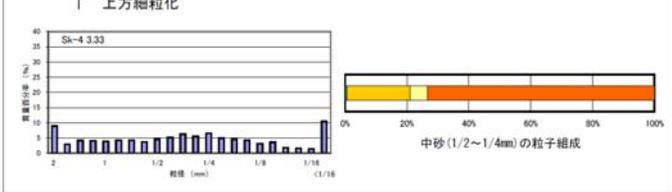
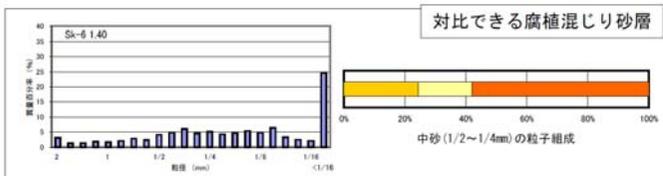
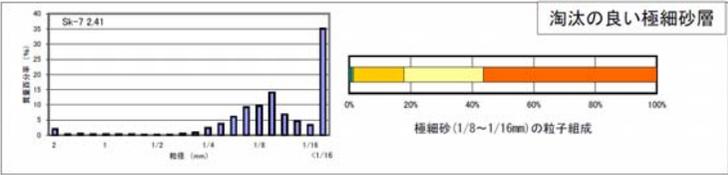
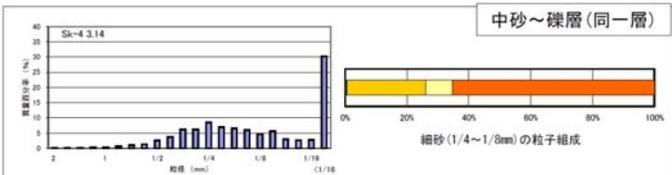
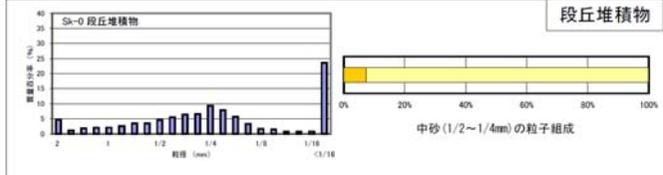
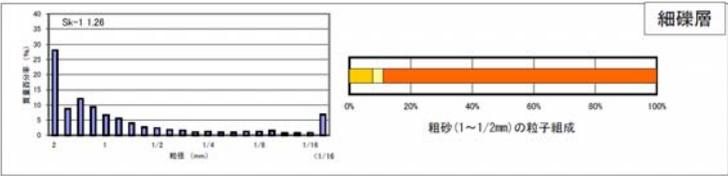
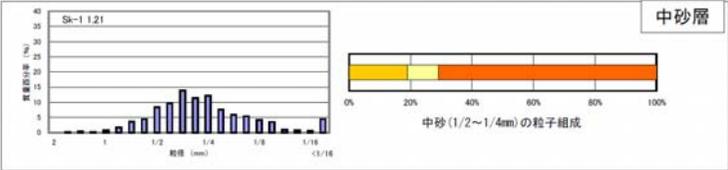
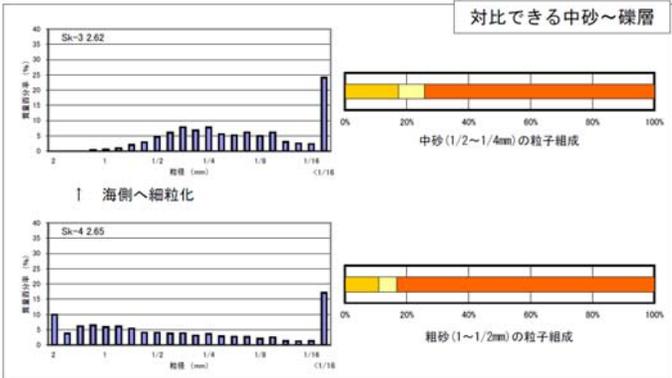
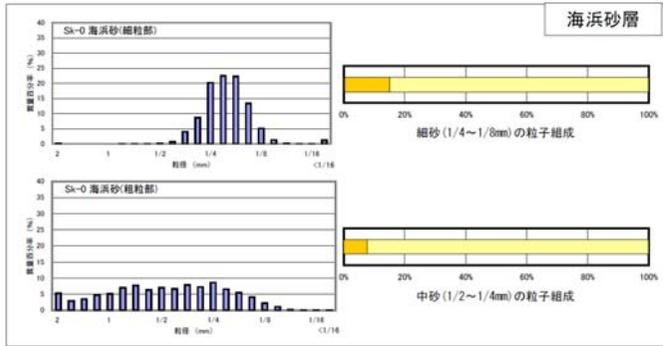
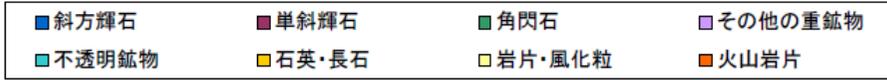
J. 津波堆積物調査結果の詳細【下久知地点】

■ 地質調査結果



J. 津波堆積物調査結果の詳細【下久知地点】

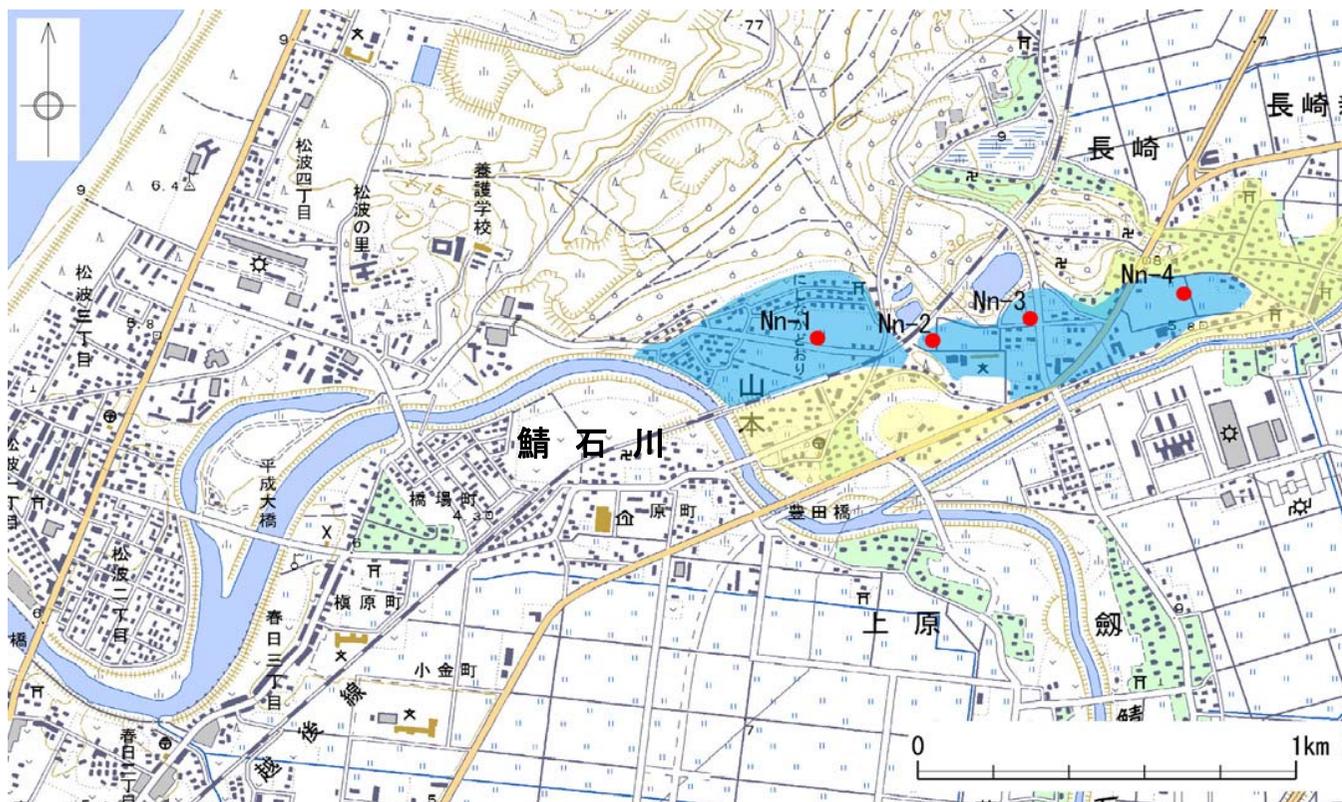
■ 粒度，粒子組成分析結果



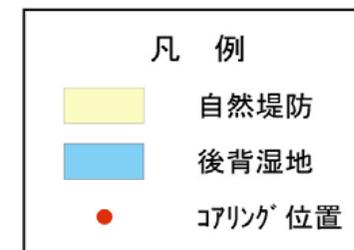
No	コメント
K	津波堆積物調査結果と想定津波との比較について、特に調査地点が海岸線から内陸に入り込んでいる西中通地点においては、海岸部における津波高さだけでなく浸水範囲の比較に関する検討も行うこと

K. 津波堆積物調査と想定津波の比較 【柏崎市：西中通】

- 柏崎市西中通地点における津波堆積物調査は、ボーリング調査を4箇所（Nn-1～Nn-4）実施しており、うち3箇所において津波起因の可能性のあるイベント堆積物を確認した。
- 西中通地点については、津波海岸線から内陸に入り込んでいるため、浸水範囲に関する検討を実施した。



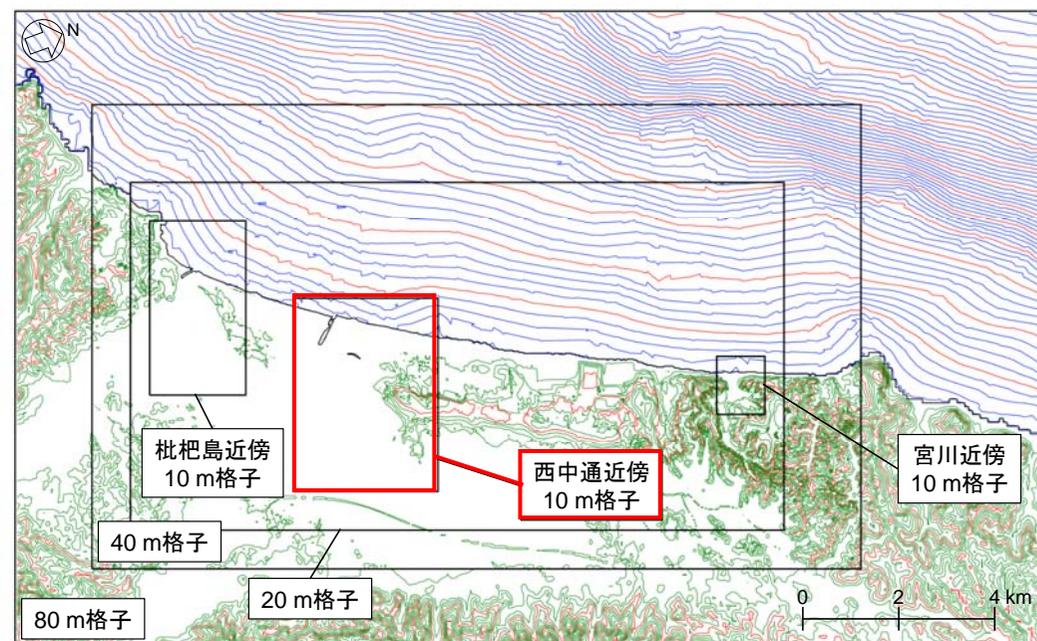
西中通地点の調査位置図



■ 主な計算条件

- 調査地点周辺は、10mまで細分化
- 波源モデルは、日本海東縁部（1領域モデル）
- 平均潮位に加えて堆積物の深度を考慮
- 地形データにおいて人工物等を除去

解析領域	間宮海峡から島根県前面海域付近までの日本海
メッシュ構成	沖合1,440m→720m→沿岸域240m→調査地点周辺80m→40m→20m→10mへ順次細分化
基礎方程式	非線形長波理論
計算スキーム	スタaggerド格子，リーブ・フロッグ法
初期変位量	Mansinha and Smylie(1971)の方法
境界条件	沖側：自由透過（後藤・小川(1982)） 陸側：調査地点周辺（80 m～10 m）は小谷ほか(1998)の陸上遡上条件，それ以外（240m以上）は完全反射
越流条件	越波境界（防波堤）：本間公式(1940) 越流境界（護岸）：相田公式(1977)
海底摩擦係数	マンニングの粗度係数 $n=0.03 \text{ s/m}^{1/3}$
水平渦動粘性係数	考慮していない
計算時間間隔	0.25秒
計算時間	津波発生後360分間（6時間）



西中通周辺の格子分割図
(等深線間隔2m, 等高線間隔10m)

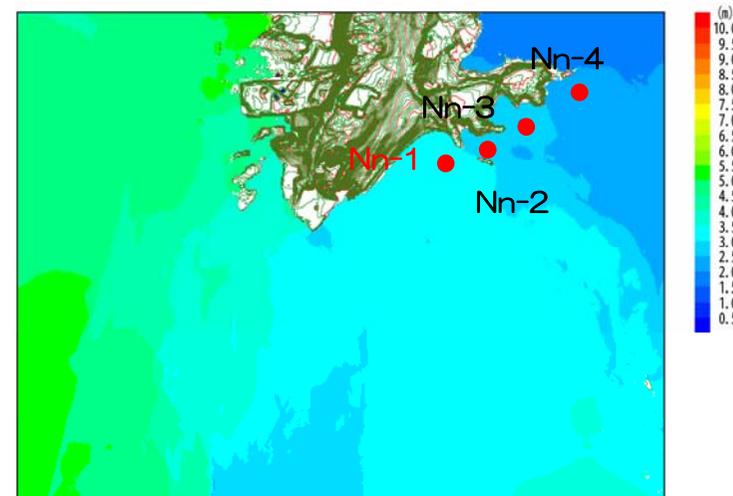
■Nn-1孔について

- 津波起因の可能性があると評価した堆積物の深度は5.47mである。
- イベント堆積物が確認された深度を当時（約5,000年前）の地表面として考え、潮位に堆積物深度を加えて計算した。（平均潮位0.24+5.47m）

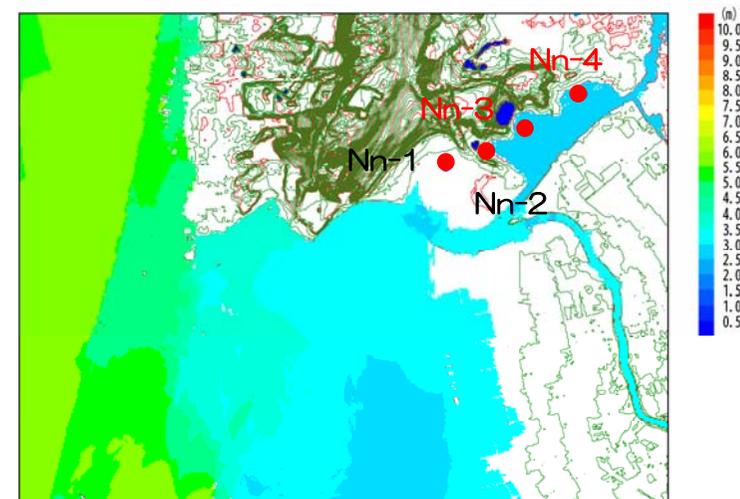
※Nn-2孔については津波起因ではないと評価

■Nn-3, 4孔について

- 津波起因の可能性があると評価した堆積物の深度は1.86mである。
- イベント堆積物が確認された深度を当時（約2,000年前）の地表面として考え、潮位に堆積物深度を加えて計算した。（平均潮位0.24+1.86m）



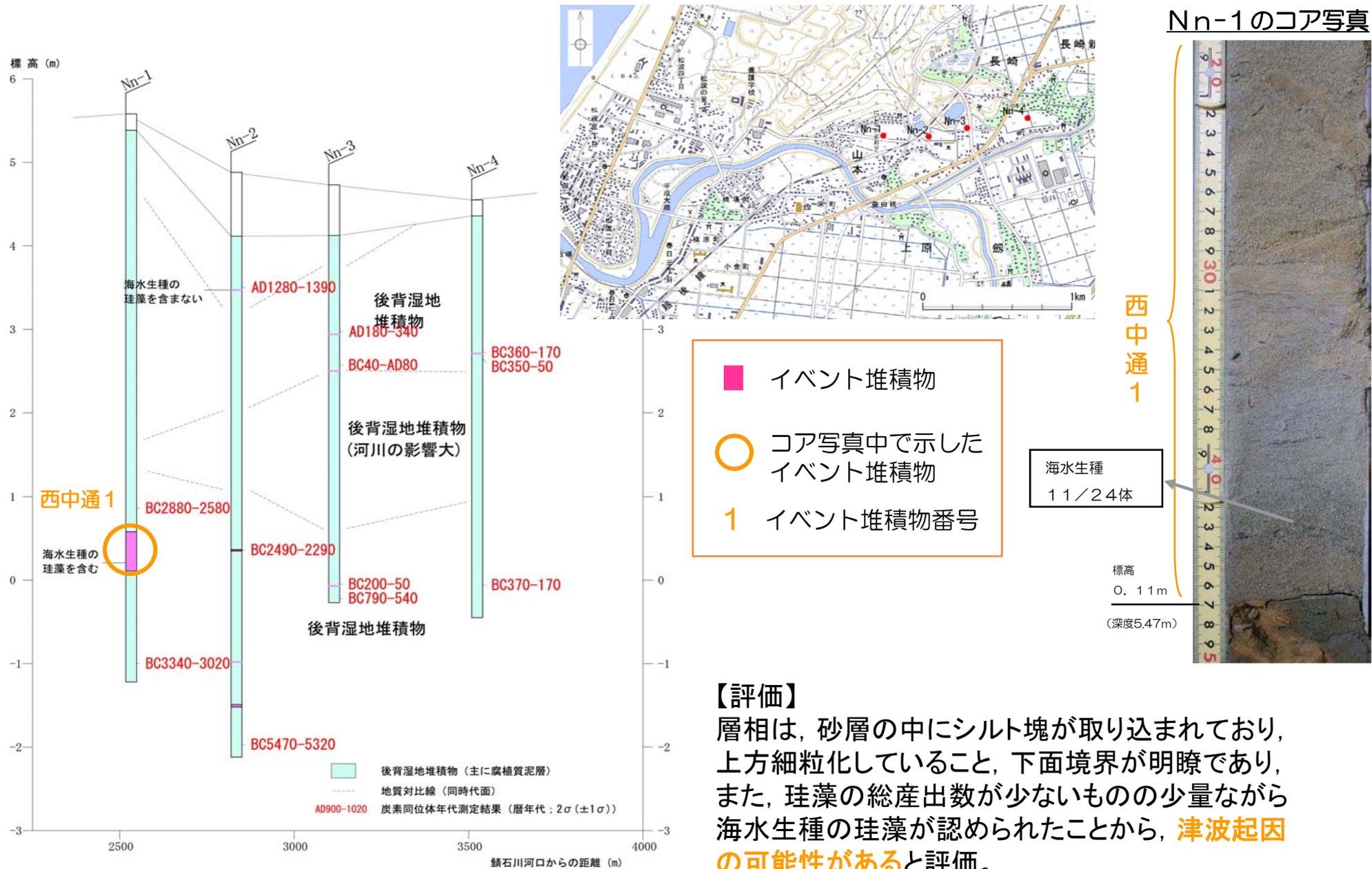
最大水位上昇量分布図



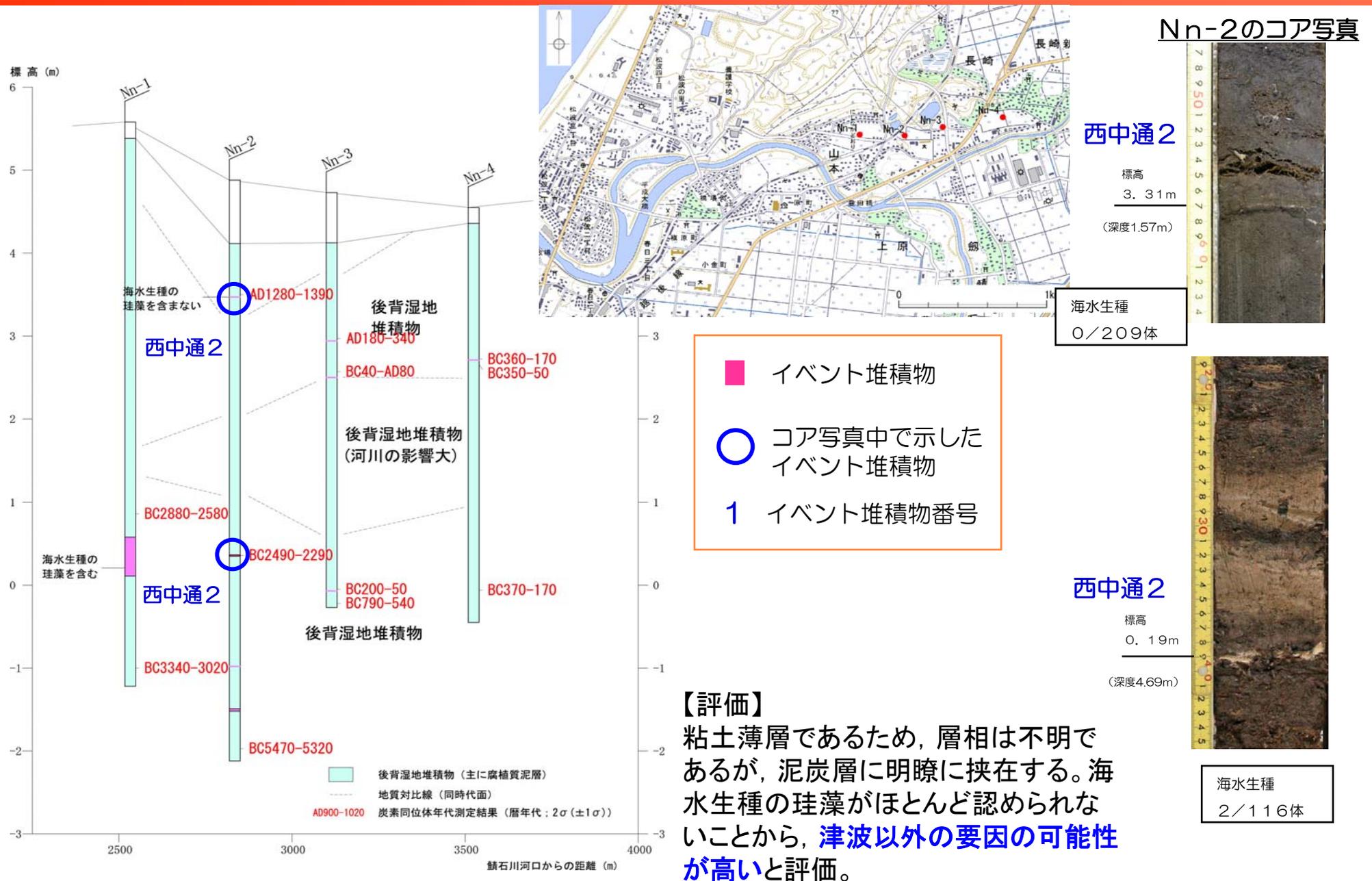
最大水位上昇量分布図

調査地点Nn-1～Nn-4の全てにおいて、浸水することを確認

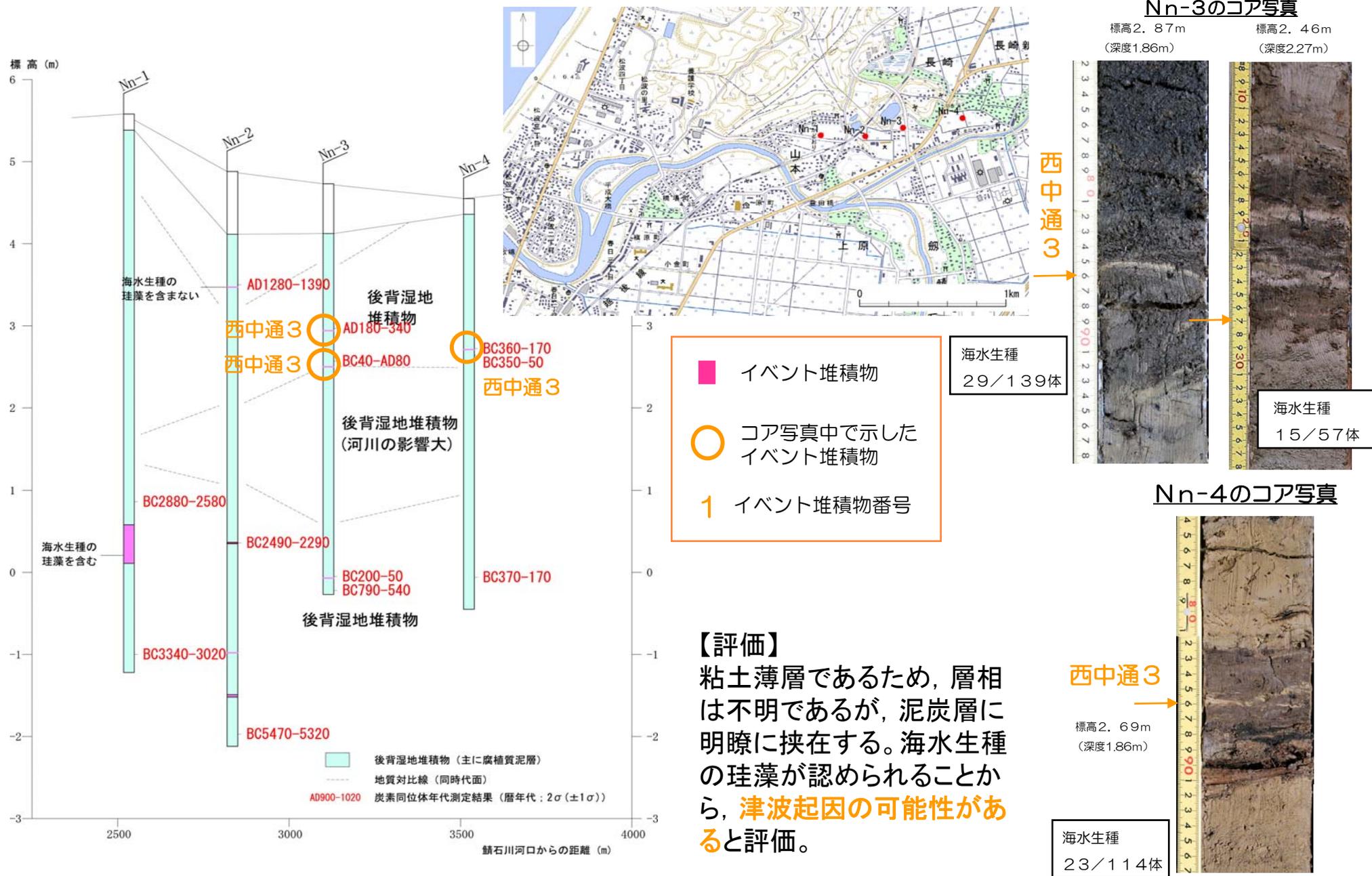
K. (参考) 津波堆積物調査結果【西中通地点①】



K. (参考) 津波堆積物調査結果【西中通地点②】

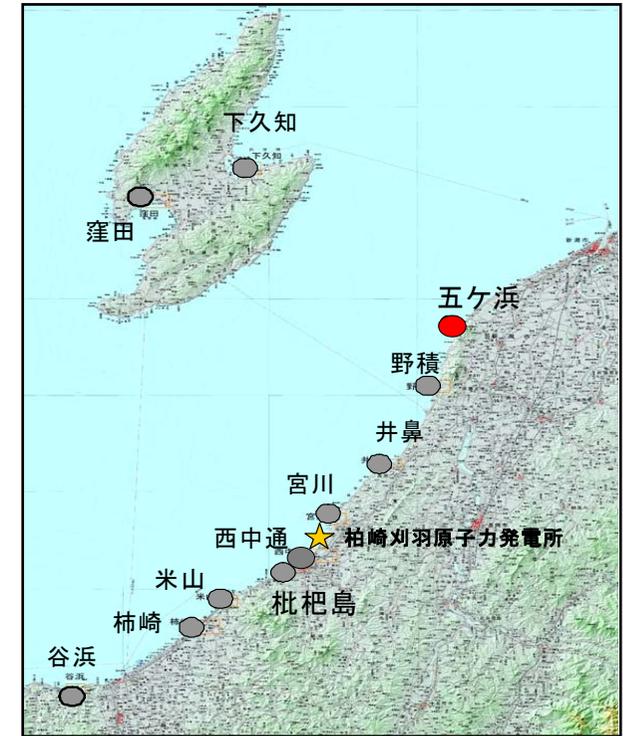
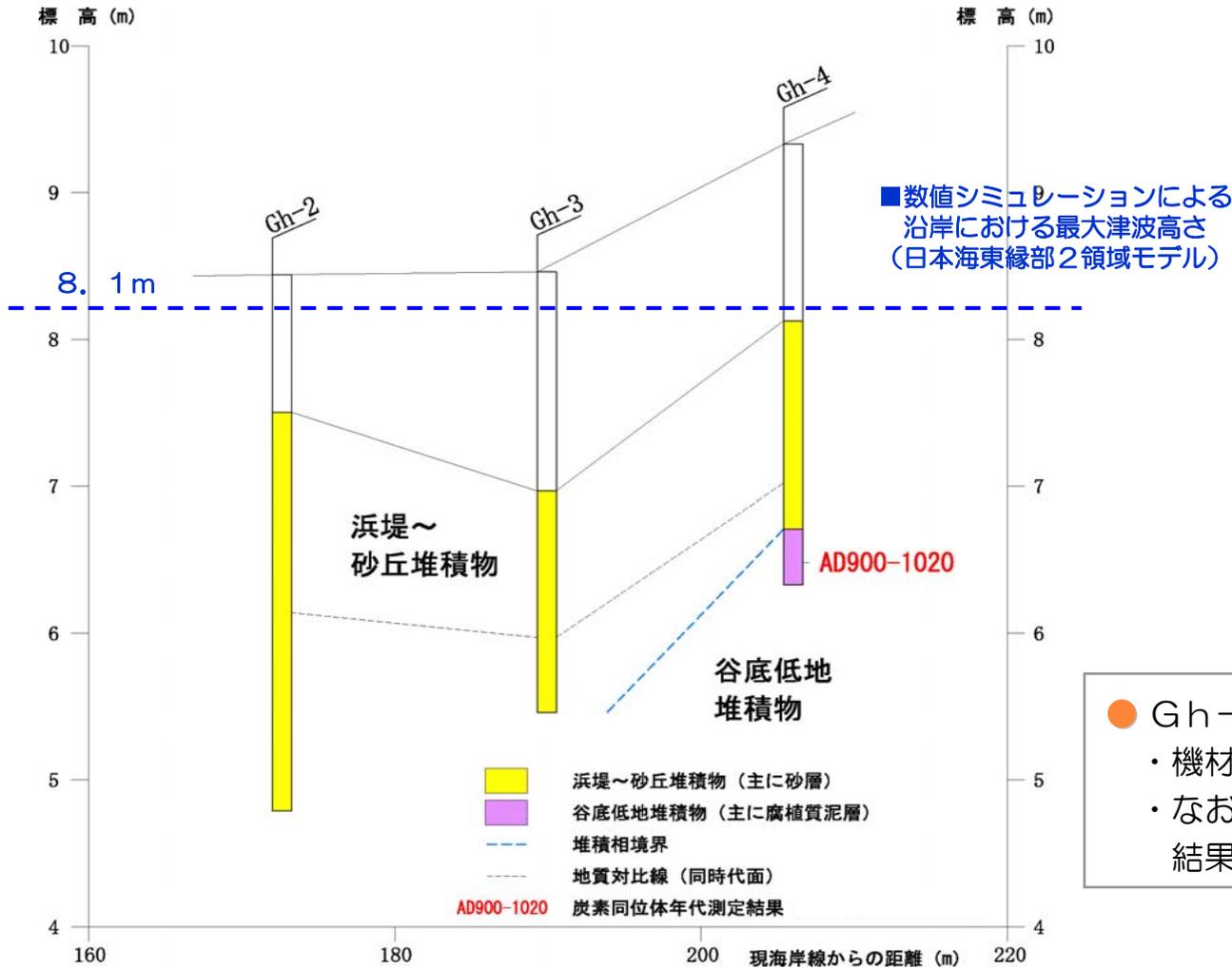


K. (参考) 津波堆積物調査結果【西中通地点③】



No	コメント
L	五ヶ浜地点については、孔底の標高が他の調査地点より高いため、標高の低い箇所にもイベント堆積物がないか確認すること

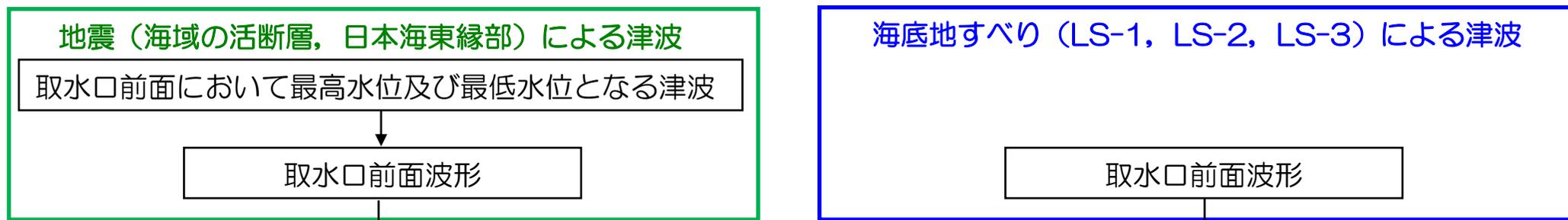
L. 津波堆積物調査結果 【五ヶ浜地点について】



- Gh-4の掘削深度について
 - ・ 機材の掘削限界まで試料を採取。
 - ・ なお、当該地点における津波シミュレーション結果は8.1mである。

No	コメント
M	地震と海底地すべりの組み合わせについて、波形足し合わせ時のずらす時間を細かくした検討を実施すること

M. 地震による津波と海底地すべりによる津波の組合せ検討



地震動により海底地すべりが発生することを想定

- 地震単独の津波の波形と，地すべり単独の津波の波形を，**1秒単位**でずらし，線形で足し合わせ*。
- ずらす時間は，地震動が海底地すべり位置に到達するのに要する時間，及び海底地すべり位置での地震動の継続時間を考慮。
- 足し合わせの最大ケースを抽出し，地すべり開始時間を設定。

※潮位の重複加算を避けるため，地震による津波は朔望潮位からの，海底地すべりによる津波はT.M.S.L.±0mからの水位上昇量とした。

地震による津波
▽地震発生

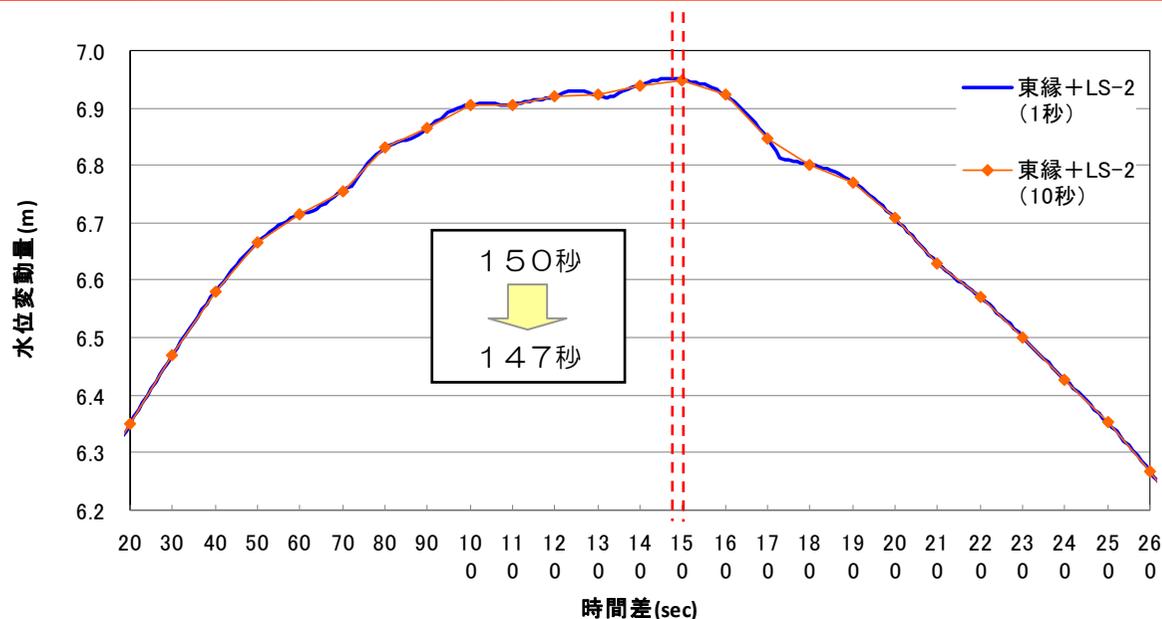
地すべりによる津波
▽▽▽地すべりの発生

地震動の到達に要する時間 地震の継続時間 地震の継続時間分の範囲内で時間をずらし，最大となる組み合わせを抽出

地震と海底地すべりの組合せ検討（同一の波動場における数値計算）

M. 地震による津波と海底地すべりによる津波の組合せ検討

- 足し合わせ時のずらす時間を細かくしたことによる影響を、日本海東縁部とLS-2の海底地すべりによる津波の組合せケースにより確認。
- ずらす時間を1秒とした場合、最高水位を示す時間差が150秒から147秒に変化した。最高水位に有意な変化が生じないことを確認。
- その他のケースについても確認し、すべてのケースにおいて最高水位に有意な変化が生じないことを確認。



最高水位を示す時間差と最高水位変動量
日本海東縁部（1領域モデル）

各地点の最高水位及び最低水位（足し合わせ時のずらす時間10秒，1秒の比較）

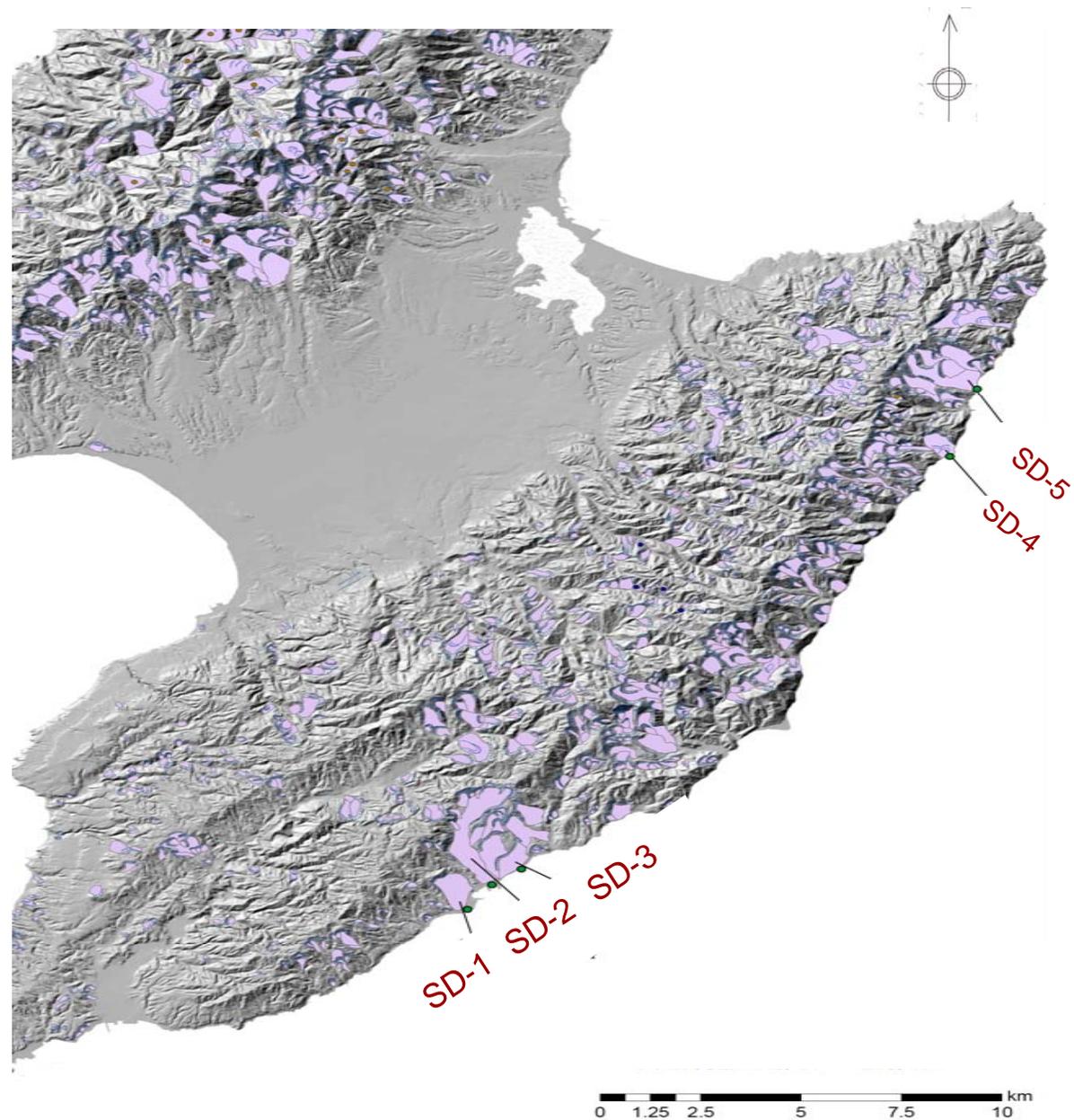
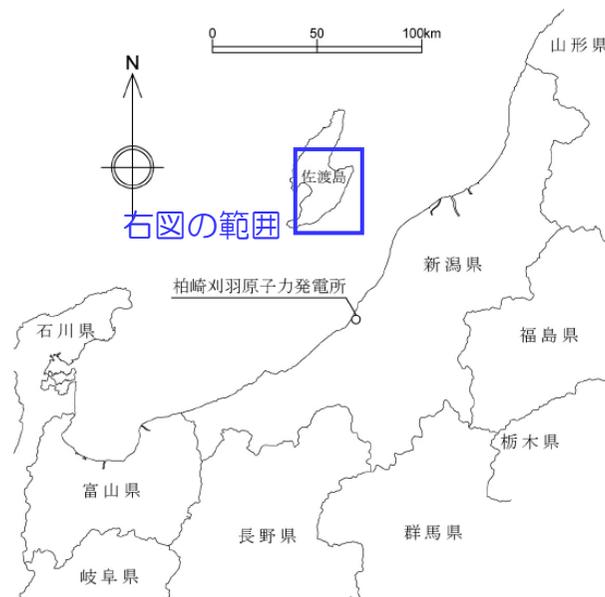
水位	地震	地すべり	時間差	最大時刻	取水口前面							遡上域	
					1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	5号炉	6号炉	7号炉	荒浜側	大湊側
上昇側	海域の活断層 (5断層連動モデル)	LS-2	1秒	114秒	+5.2	+5.1	+5.0	+4.9	+4.4	+4.4	+4.5	+8.5	+6.9
			10秒	110秒	+5.2	+5.1	+5.0	+4.9	+4.4	+4.4	+4.5	+8.5	+6.9
	日本海東縁 (1領域モデル)		1秒	147秒	+5.5	+5.5	+5.4	+5.3	+5.6	+5.6	+5.5	+7.3	+5.9
			10秒	150秒	+5.5	+5.5	+5.4	+5.3	+5.6	+5.6	+5.5	+7.3	+5.9
下降側	海域の活断層 (長岡十日町連動モデル)	LS-3	1秒	47秒	-4.8	-4.8	-4.7	-4.6	-4.5	-4.5	-4.5	+3.4	+2.1
			10秒	50秒	-4.8	-4.8	-4.7	-4.6	-4.5	-4.5	-4.5	+3.4	+2.1

No	コメント
N	佐渡島の陸上地すべりについて詳細を示すこと

N. 陸上地すべり伝播状況について

■地すべり地形の抽出

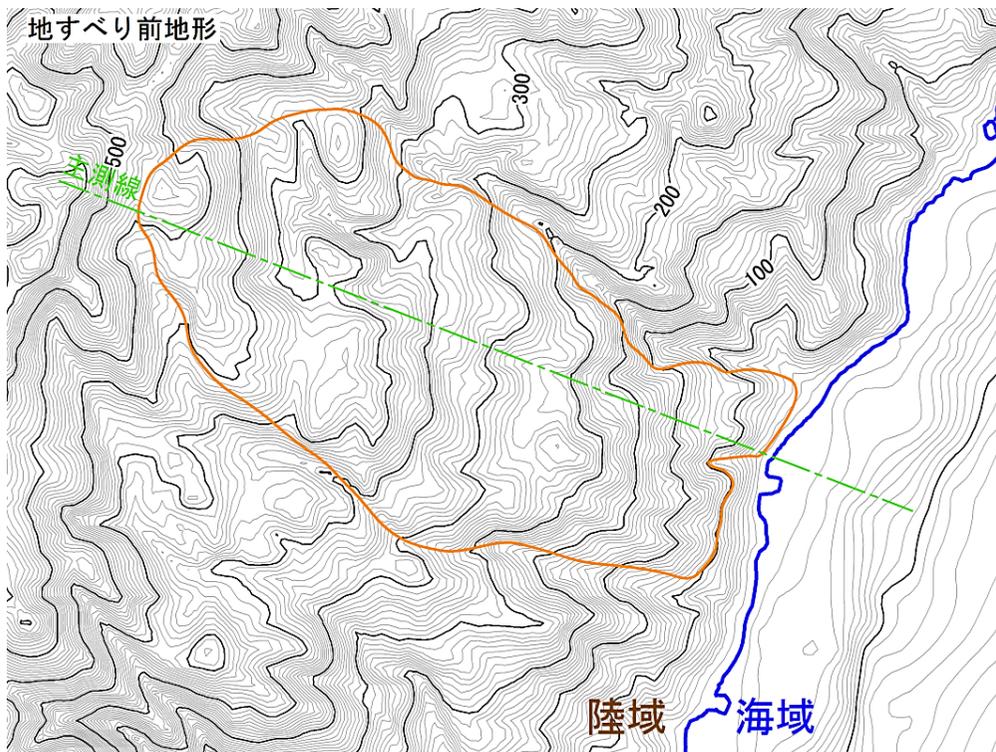
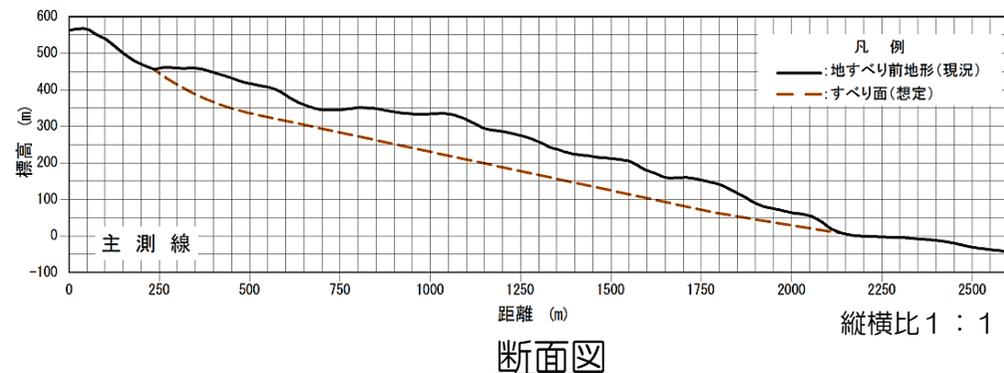
- 佐渡島は、敷地から約50km以上離れているものの、佐渡島南岸は、佐渡海峡を挟んで敷地と相対する位置にあたる。
- 防災科学技術研究所（2004）によると、佐渡島南岸において、海沿いに地すべり地形が示されている。
- 比較的規模の大きい地すべり地形として5箇所を抽出した。
- 5箇所の地すべり地形について、Huber et al.（1997）の予測式による評価を実施し、発電所への影響が最も大きいSD-5を選定し、詳細評価を実施した。



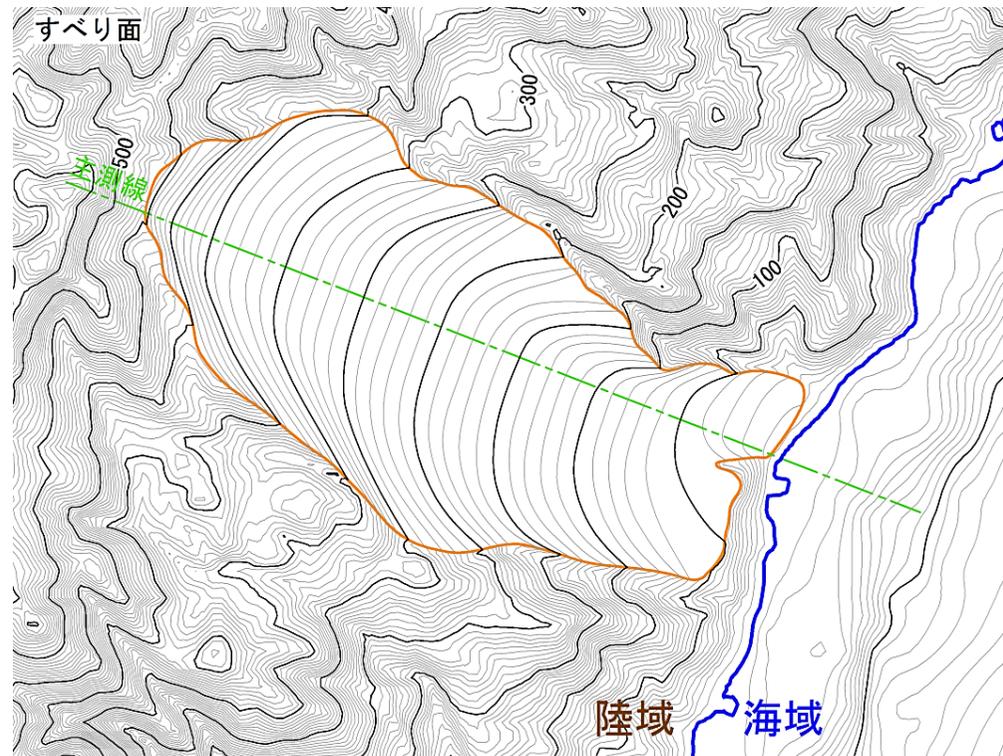
N. 陸上地すべり伝播状況について

■SD-5：土砂崩壊シミュレーション (TITAN-2D)

- SD-5について空中写真判読を実施し、地形の詳細分析を行い、すべり面形状を推定した。
- 不確かさの考慮として、防災科学技術研究所（2004）が示す3つの地すべり土塊の連動の可能性を考慮した。
- 推定したすべり面形状を用いて、TITAN-2Dによる土砂崩壊シミュレーションを行った。



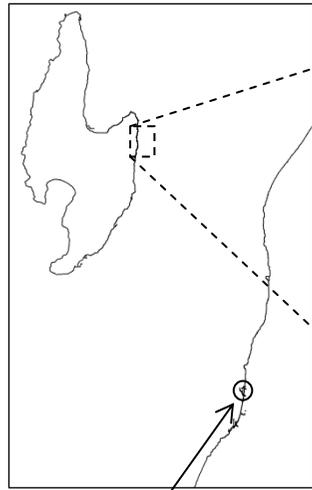
現況地形



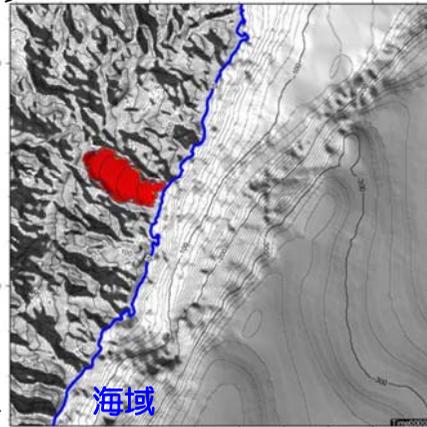
推定したすべり面

N. 陸上地すべり伝播状況について

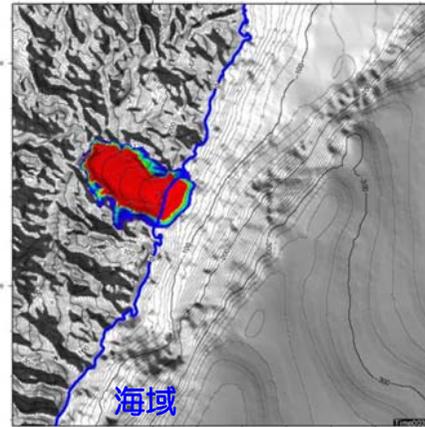
■ TITAN-2Dに基づく手法による伝播状況 (SD-5)



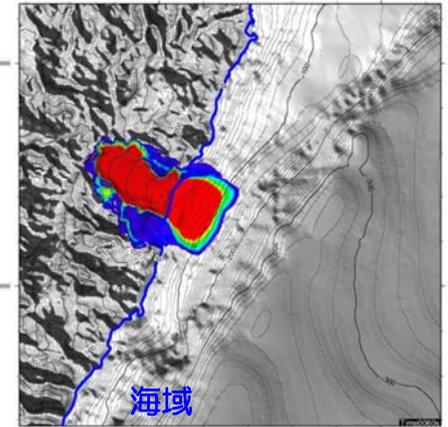
柏崎刈羽
原子力発電所



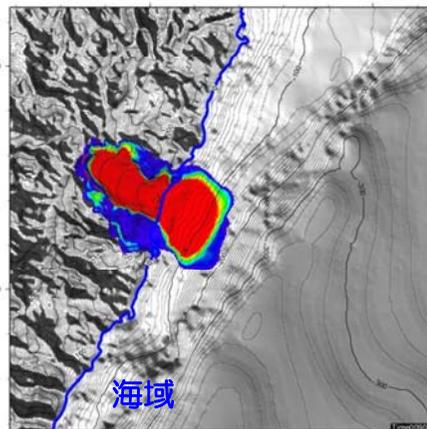
0秒



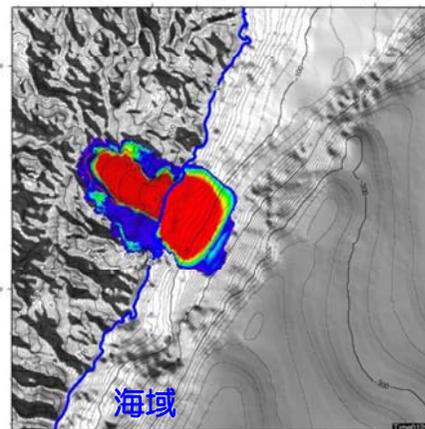
30秒



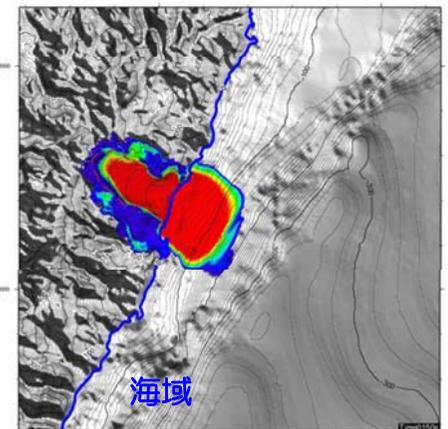
1分



1分30秒



2分



2分30秒

土塊の幅、厚さ

高速道路調査会により示されている地すべり土塊の幅・厚さの関係を考慮して地すべり幅を約900m, 厚さを約7.5mとした。

シミュレーション用パラメータ

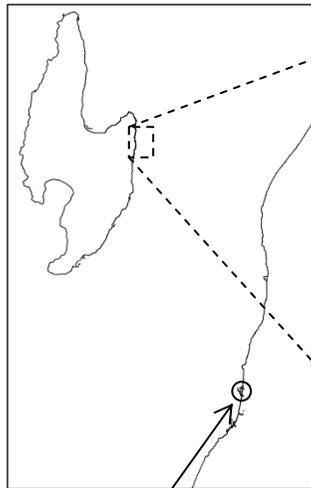
- ・内部摩擦角 (ϕ) : 30°
Iverson, R.M.(1997)より
- ・等価摩擦係数 (H/L) : 0.2
森脇(1987)より

層厚 (m)

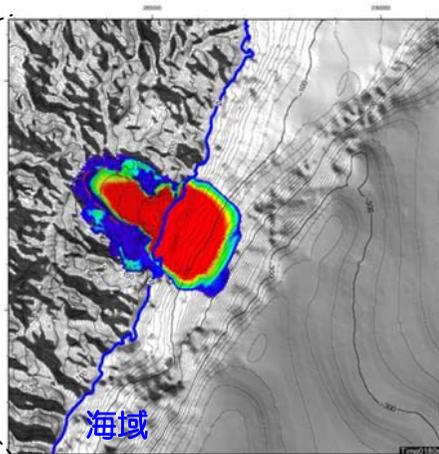


N. 陸上地すべり伝播状況について

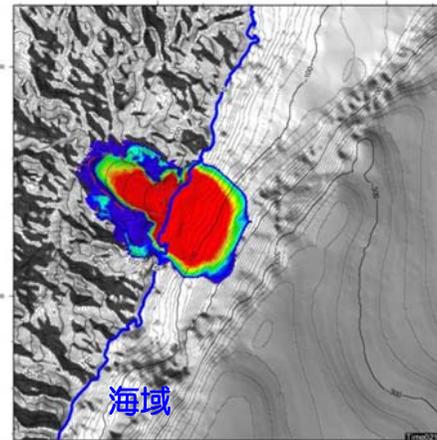
■ TITAN-2Dに基づく手法による伝播状況 (SD-5)



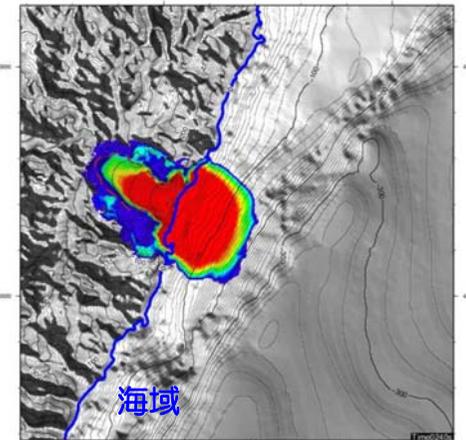
柏崎刈羽
原子力発電所



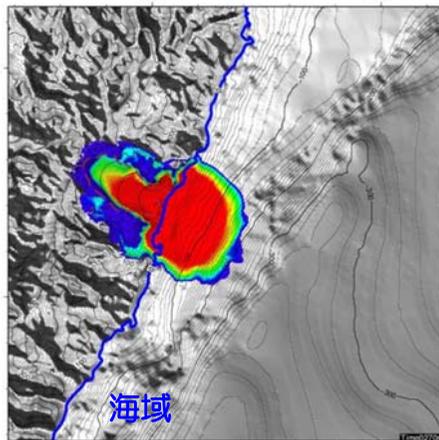
3分



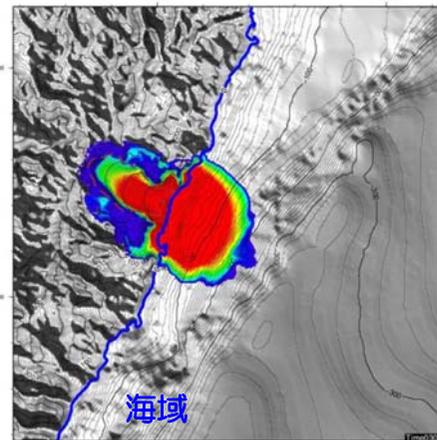
3分30秒



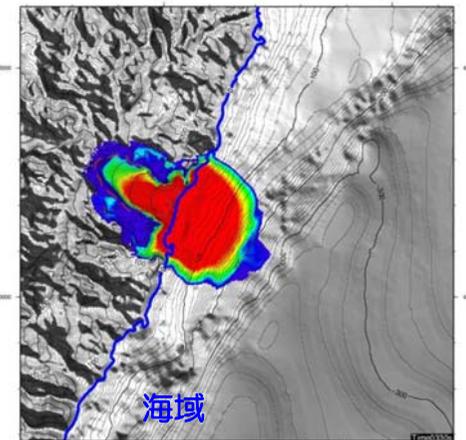
4分



4分30秒



5分



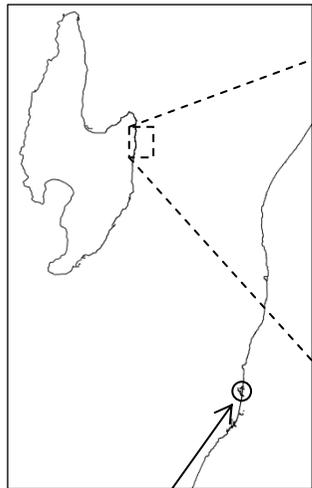
5分30秒

層厚 (m)

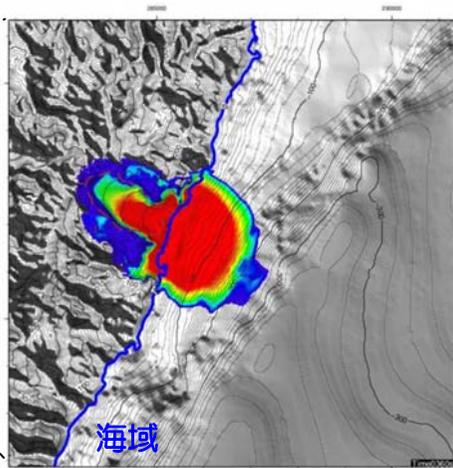


N. 陸上地すべり伝播状況について

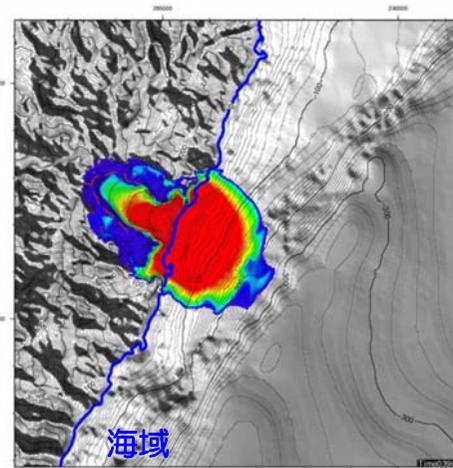
■ TITAN-2Dに基づく手法による伝播状況 (SD-5)



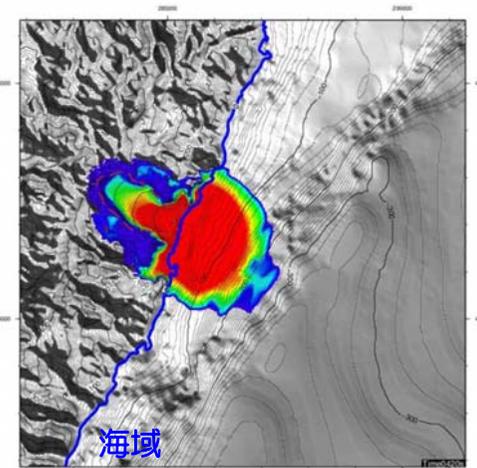
柏崎刈羽
原子力発電所



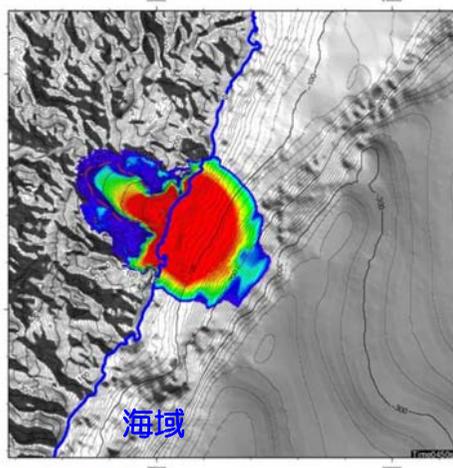
6分



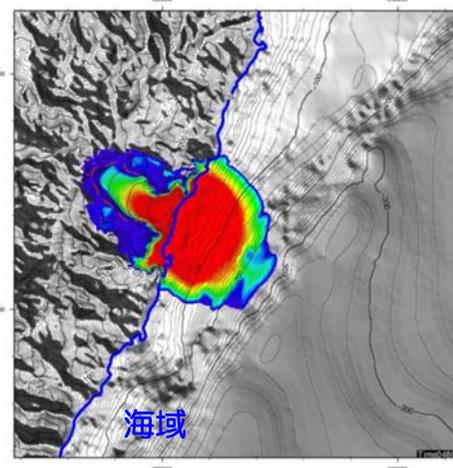
6分30秒



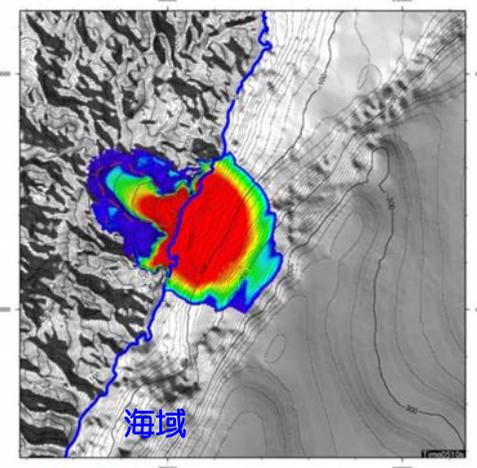
7分



7分30秒



8分



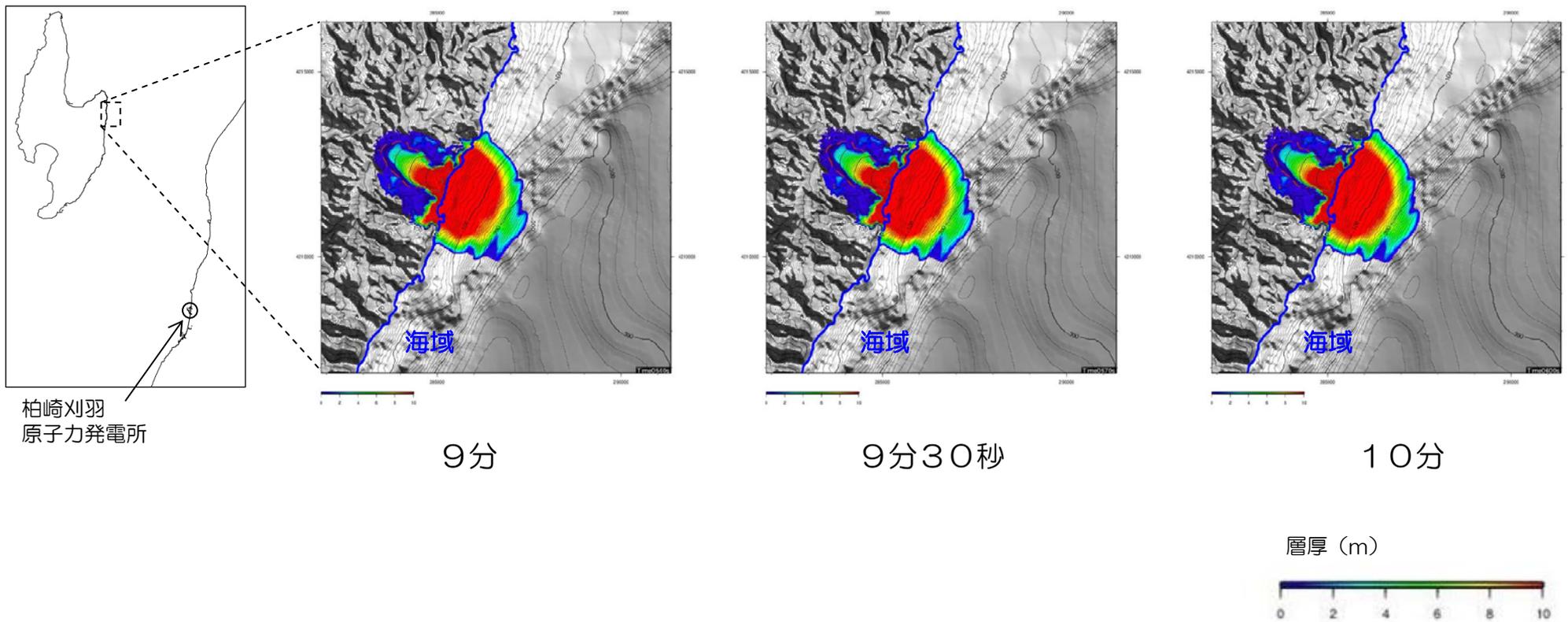
8分30秒

層厚 (m)

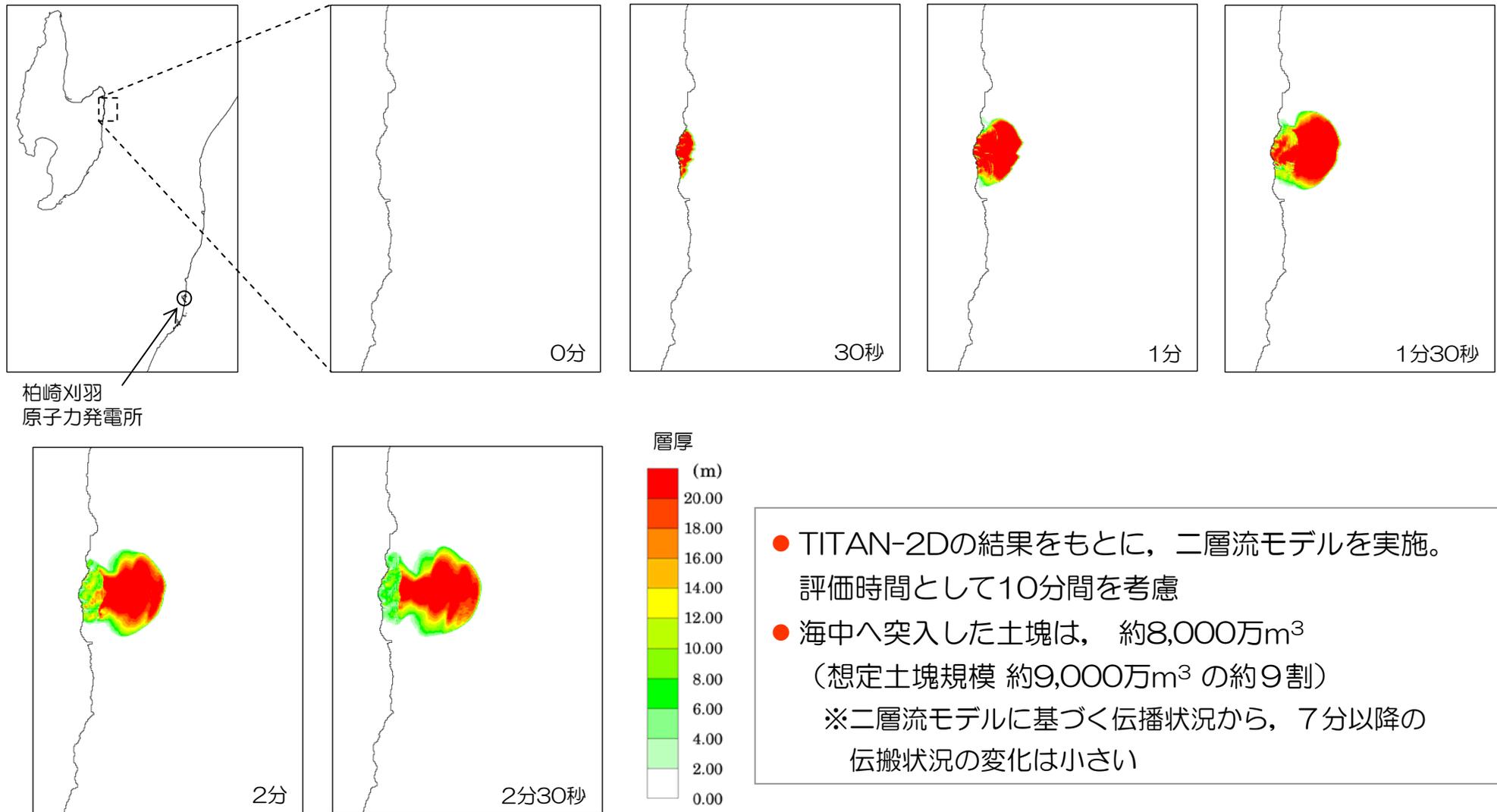


N. 陸上地すべり伝播状況について

■ TITAN-2Dに基づく手法による伝播状況 (SD-5)

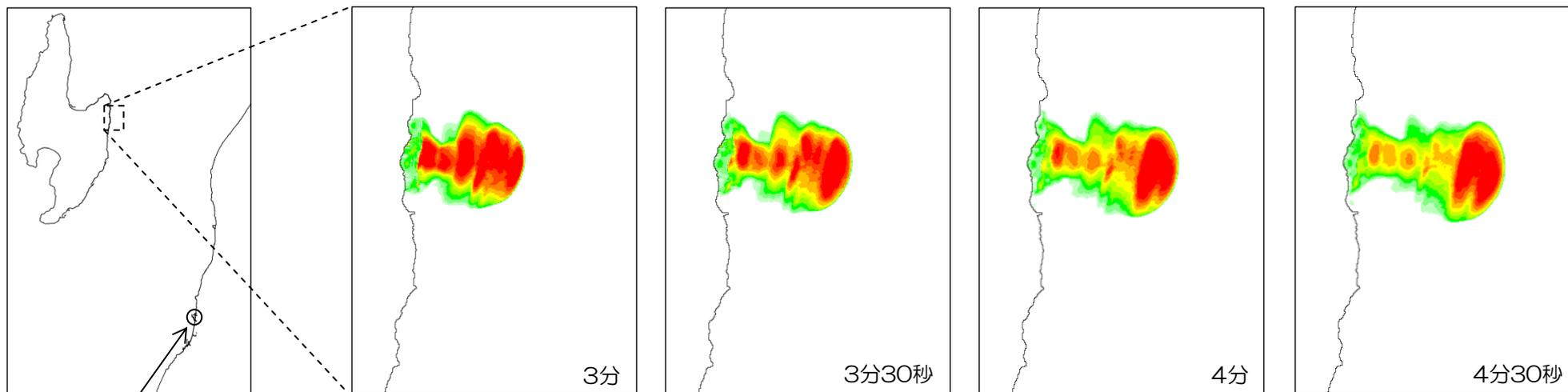


■ 二層流モデルに基づく手法による伝播状況 (SD-5)

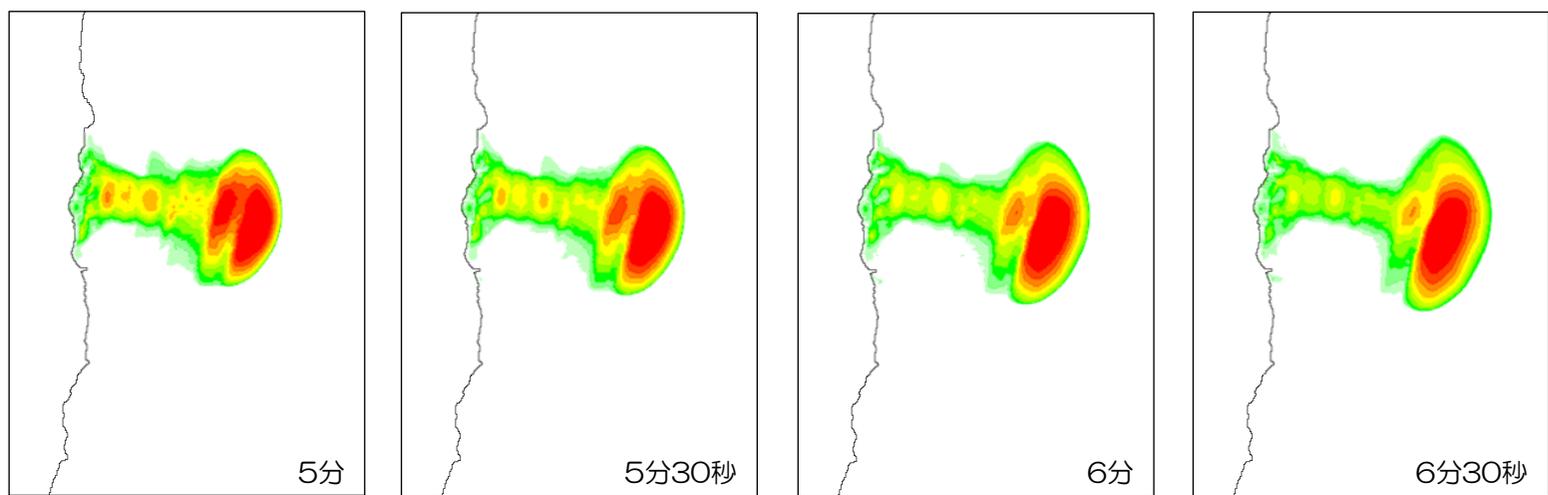


N. 陸上地すべり伝播状況について

■ 二層流モデルに基づく手法による伝播状況 (SD-5)

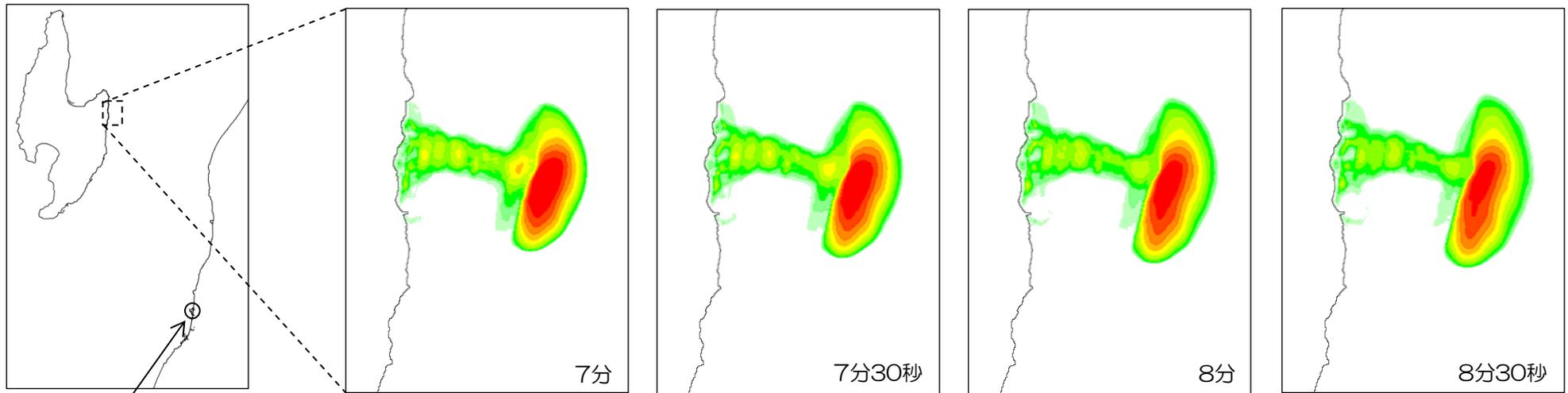


柏崎刈羽
原子力発電所

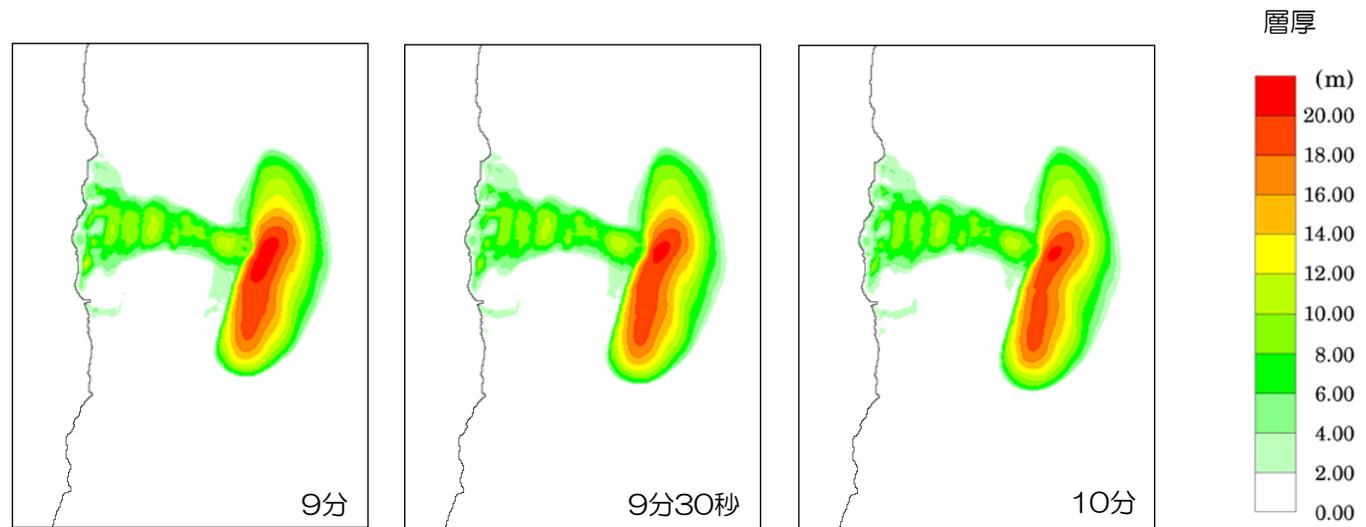


N. 陸上地すべり伝播状況について

■ 二層流モデルに基づく手法による伝播状況 (SD-5)

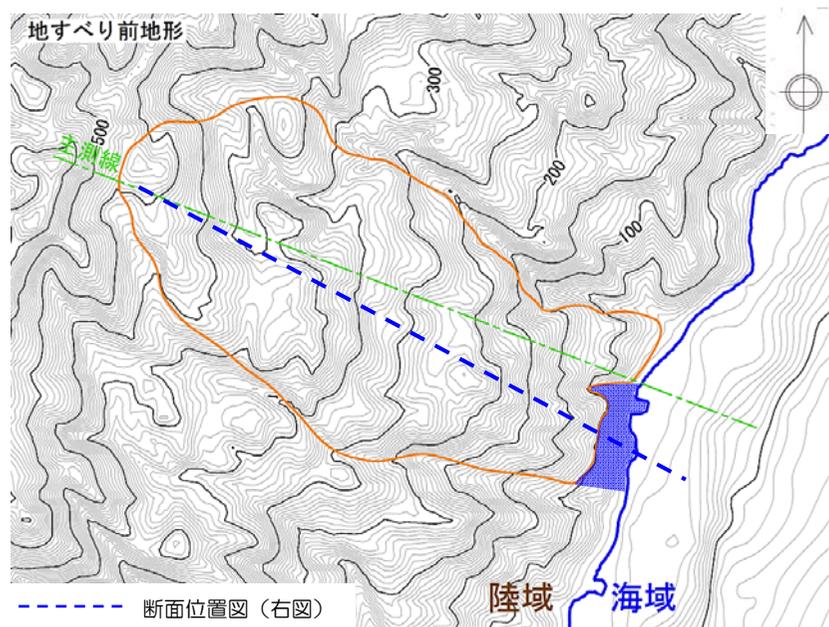


柏崎刈羽
原子力発電所

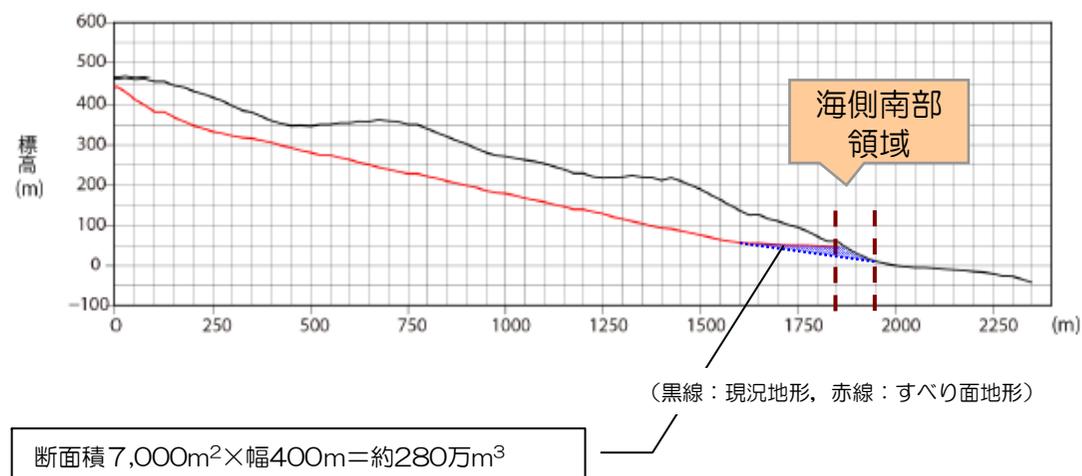
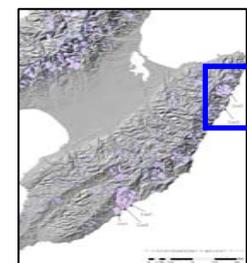


N. (参考) SD-5の地すべり地形判読について

- SD-5について空中写真判読を実施し，地形の詳細分析を行い，すべり面形状を推定した。
- 不確かさの考慮として，防災科学技術研究所（2004）が示す3つの地すべり土塊の連動の可能性を考慮した。
- この際，海側南部の地形については，急斜面からなるため，この境界に地すべり面を判読した。
- なお，海側南部に地すべり地形を設定した場合においても，当該の土塊規模は概算で約300万m³であり，SD-5の全土塊規模の約9,000万m³に比べて十分小さいことを確認した。



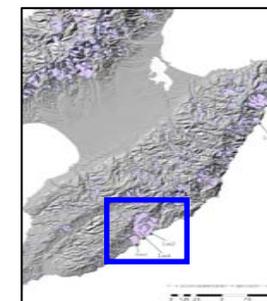
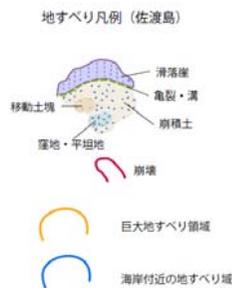
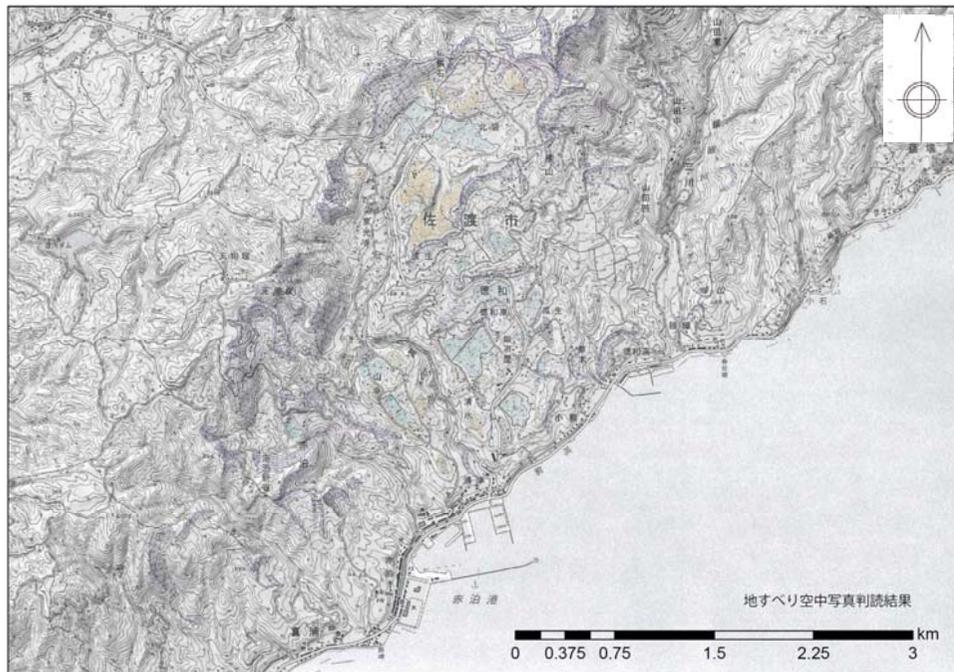
平面図



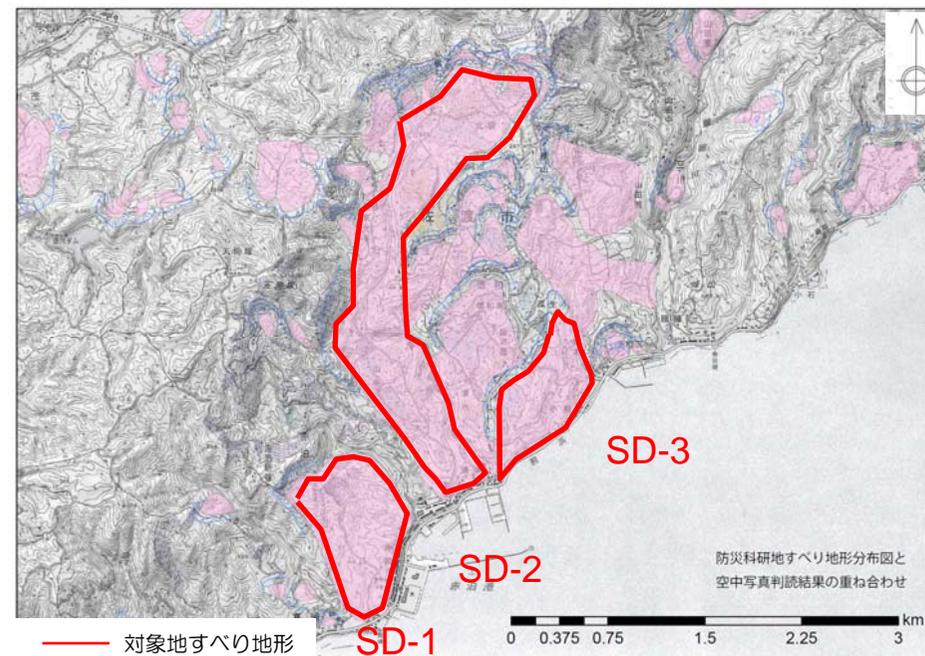
地形断面図

N. (参考) SD-1, 2, 3の地すべり地形判読について

■空中写真判読結果



■防災科研地すべり地形分布図との重ね合わせ



● SD-1～3

滑落崖にて地形的な隔りがあるため、周辺の地すべり地形と区別した。この判読結果は、防災科研の地すべり地形分布と概ね一致している。

- 土木学会原子力土木委員会津波評価部会（2002）：原子力発電所の津波評価技術。
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会（2009）：震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）。
- 塚原（1999）：日本列島の現在の地殻応力場。
- 根本（2009）：日本海におけるアスペリティを考慮した津波波源モデルの検討，土木学会論文集B2（海岸工学），Vol.B2-65，No.1，pp.346-350。
- Manighetti et al.(2007)：Earthquake scaling, fault segmentation, and structural maturity, Earth and Planetary Science Letters, 253, pp.429-438.
- 藤井ほか（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。
- 高橋ほか（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。
- 後藤・小川（1982）：Leap-frog法を用いた津波の数値計算法，東北大学工学部土木工学科資料。
- 小谷ほか（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，pp.356-360。
- 本間（1940）：低溢流堰堤の流量係数，土木学会誌，第26巻，pp.635-645，849-862。
- 相田（1977）：三陸沖の古い津波のシミュレーション，東京大学地震研究所彙報，Vol.52，pp71-101。
- Manshinha and Smylie（1971）：The displacement fields of inclined faults，Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.61, No.5, pp.1433-1440.
- 相田（1984）：1983年日本海中部地震津波の波源数値モデル，東京大学地震研究所彙報，Vol.59，pp93-104。
- 長谷川ほか（1987）：津波の数値実験における格子間隔と時間積分間隔に関する研究，土木学会論文集，No.381，Ⅱ-7，pp.111-120。
- Maeno and Imamura（2007）：Numerical investigations of tsunamis generated by pyroclastic flows from the Kikai caldera, Japan, Geophysical Research Letters, Vol.34.
- 防災科学技術研究所（2004）：地すべり地形分布図，防災科学技術研究所研究資料，第244号。
- 藤田ほか（2010）：津波による海底地形変化評価モデルの現地適用性に関する研究，海岸工学論文集，第26巻，pp.213-218。
- 玉田ほか（2009）：河川での津波防災検討における津波移動床モデルの適用性に関する研究，土木学会論文集B2（海岸工学），Vol.B2-65，No.1，pp.301-305。
- 近藤ほか（2012）：港湾での津波による土砂移動計算の再現性評価，土木学会論文集B2（海岸工学），Vol.68，No.2，I_369-I_400。
- 森下ほか（2014）：2011年東北地方太平洋沖地震津波襲来時の気仙沼湾を対象とした津波移動床モデルの再現性向上，土木学会論文集B2（海岸工学），Vol.70，No.2，I_491-I_495。
- 高速道路調査会（1985）：地すべり地形の安定度評価に関する研究報告書，P.33,P.36。
- 森脇（1987）：崩土の到達距離予測，地すべり第24号 第2号，Journal of Japan Landslide Society 24-2，pp.13-14。
- Iverson, R.M.（1997）：The Physics of Debris Flows, Reviews of Geophysics, 35, 3, pp.245-296。