
柏崎刈羽原子力発電所

地震随件事象に対する考慮 津波に対する安全性について

コメント回答

平成20年12月11日
東京電力株式会社

コメント

- 1 砂の堆積量について4時間後の結果だけでなく、最大の堆積量分布についても示すこと。
- 2 砂移動解析における地形変化量分布図からは、50cm以下の堆積量が読み取れない。

(第23回合同WG，平成20年12月4日)

津波の再現時間が4時間で良いことをデータで示すこと(例えば、港湾の共振による影響を確認する観点で)。

(第23回合同WG，平成20年12月4日)

この地域の地震発生層の深さは約17kmであるが、津波評価における海域活断層パラメータの断層幅はこれを考慮したものか(特に、地震発生層よりも上位の扱い)。

(第23回合同WG，平成20年12月4日)

コメント

- 1 砂の堆積量について4時間後の結果だけでなく、最大の堆積量分布についても示すこと。
- 2 砂移動解析における地形変化量分布図からは、50cm以下の堆積量が読み取れない。

(第23回合同WG，平成20年12月4日)

津波の再現時間が4時間で良いことをデータで示すこと(例えば、港湾の共振による影響を確認する観点で)。

(第23回合同WG，平成20年12月4日)

この地域の地震発生層の深さは約17kmであるが、津波評価における海域活断層パラメータの断層幅はこれを考慮したものか(特に、地震発生層よりも上位の扱い)。

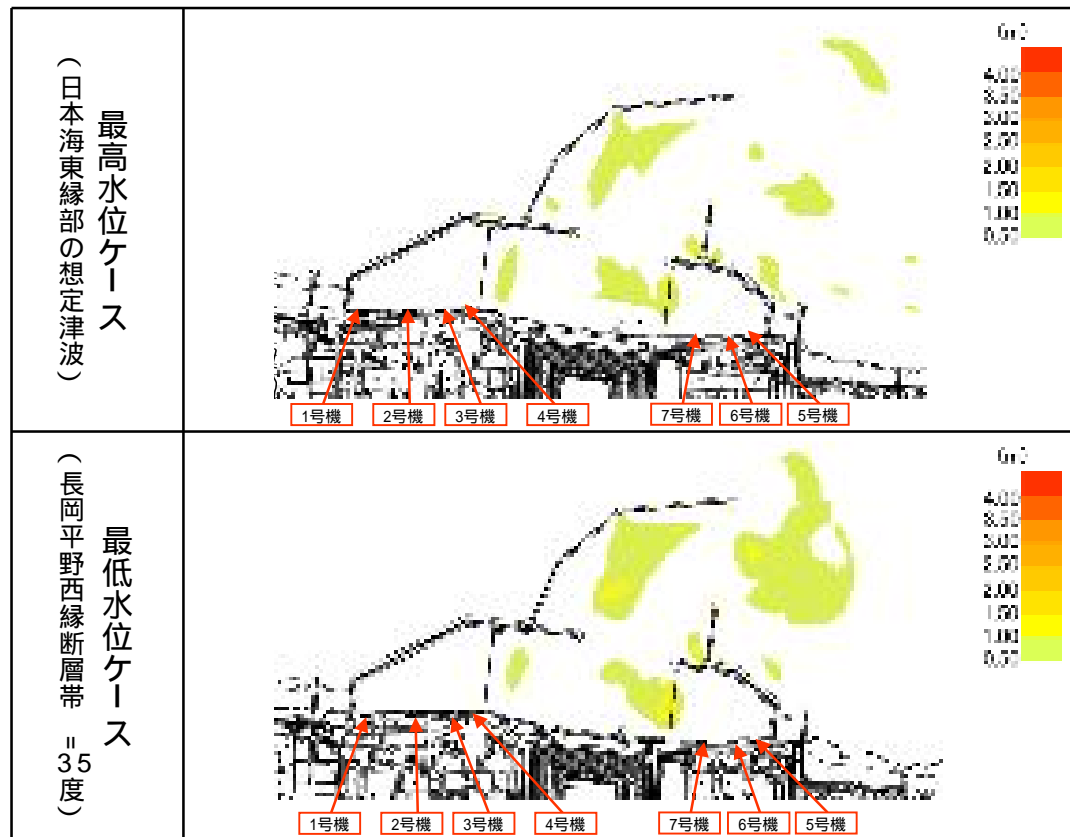
(第23回合同WG，平成20年12月4日)

コメント に対する回答 ~ 最大堆積量分布図 ~

- 再現計算時間 4 時間のうちの最大堆積量を表す
- 数値シミュレーションは，合同W23-2-1で示した計算結果のうち，侵食・堆積量のより大きいケースとして高橋ほか(1999)の手法による結果を示す。浮遊砂濃度の上限値 C_{max} は1%に設定
- 対象津波は，取水口前面において最高水位を示す日本海東縁部の想定津波 ($Mw=7.85^*$) と，最低水位を示す長岡平野西縁断層帯($= 35^\circ$)による想定津波 ($Mw=7.64$)

*) モーメントマグニチュードMwの設定についてはP20を参照

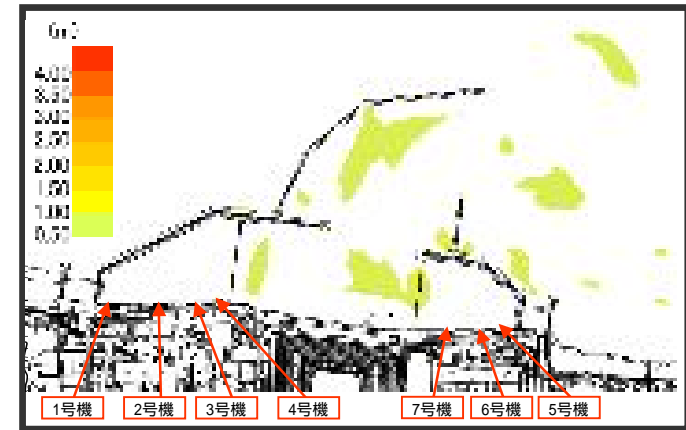
敷地周辺の土砂の最大堆積量分布図



港内では最大2m程度堆積することが確認されたが，その範囲は極一部であり，また港内の水深は約5.5m以上あることから土砂の堆積により港内の通水断面を完全に塞ぐことがないことを確認した

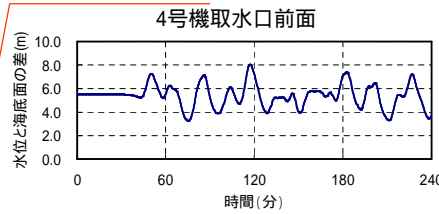
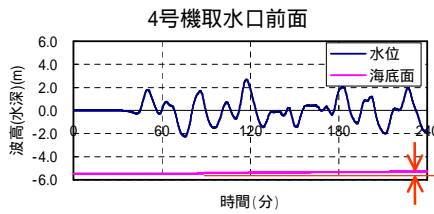
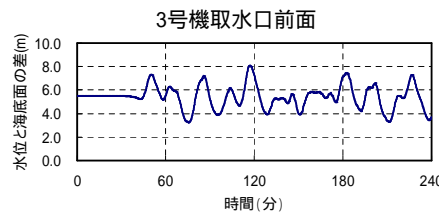
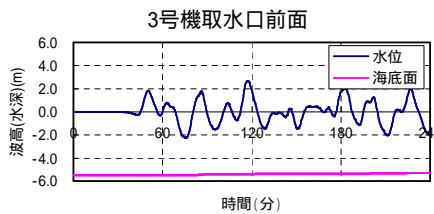
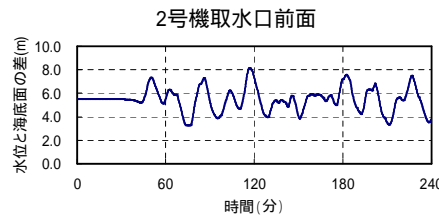
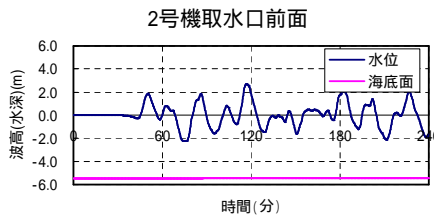
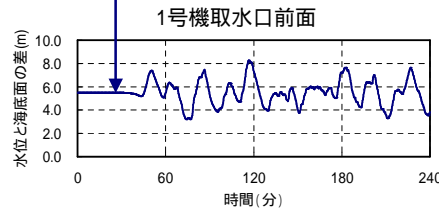
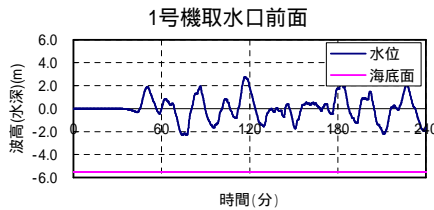
コメント に対する回答 ~ 取水口前面の水位と地形変化 ~

取水口前面における津波水位と海底面の変動：最高水位ケース
 - 高橋ほか(1999)のモデル, $C_{max} = 1.0\%$ -

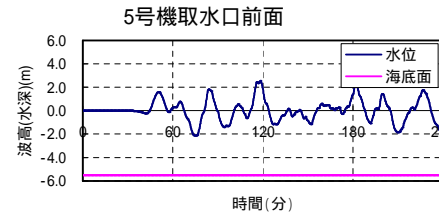


【最大堆積量分布図】

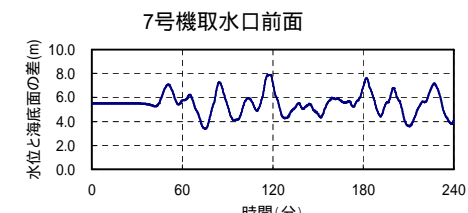
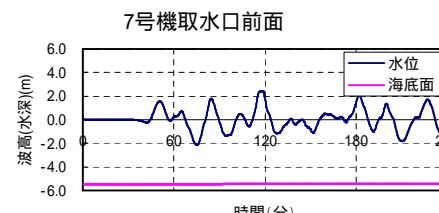
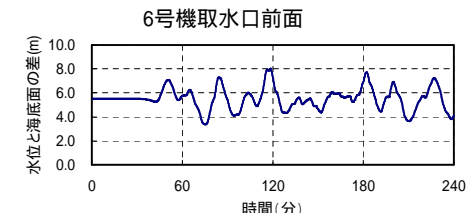
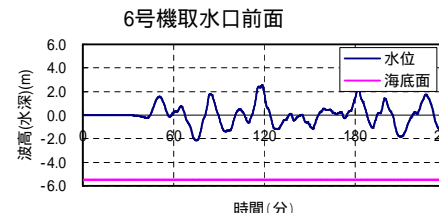
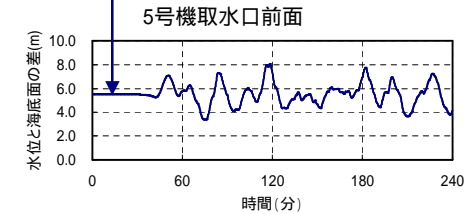
左図の青線(水位)と赤線(海底面)の差



最大堆積量約30cm



左図の青線(水位)と赤線(海底面)の差

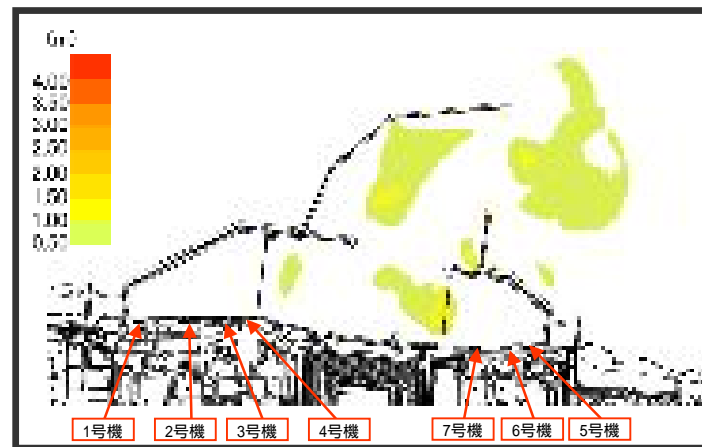


いずれの号機でも取水口前面では常に水深が3m程度確保されており、取水への影響はない



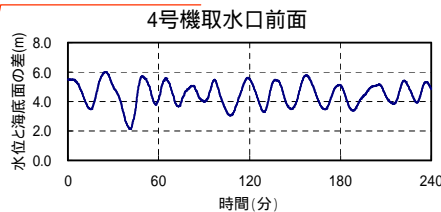
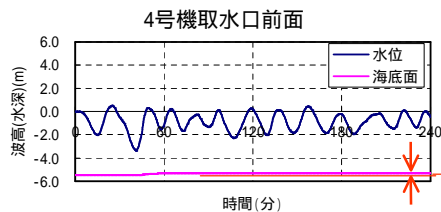
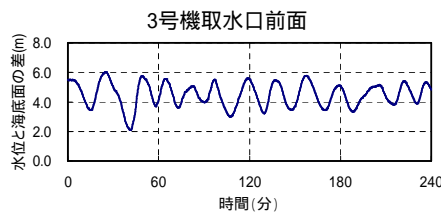
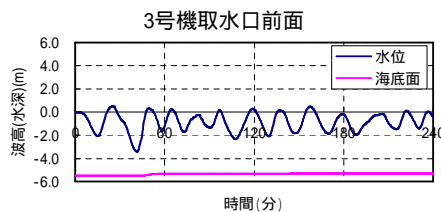
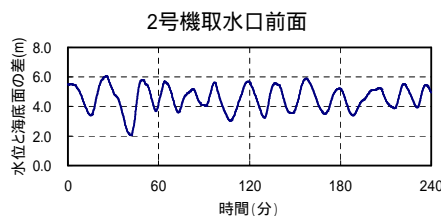
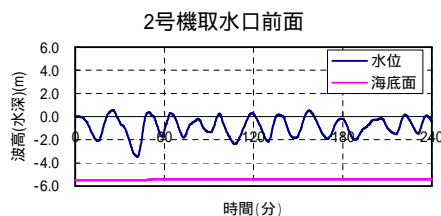
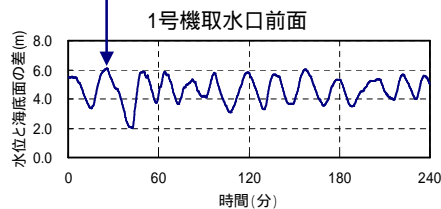
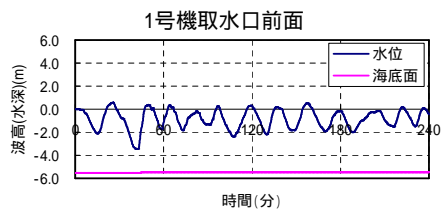
コメント に対する回答 ~ 取水口前面の水位と地形変化 ~

取水口前面における津波水位と海底面の変動：最低水位ケース
 - 高橋ほか(1999)のモデル, $C_{max} = 1.0\%$ -

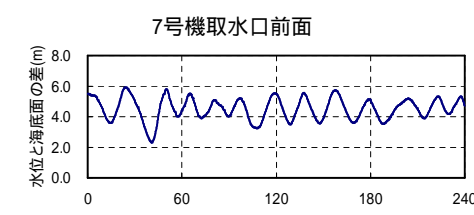
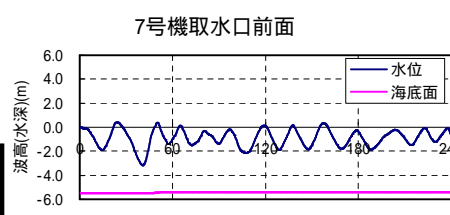
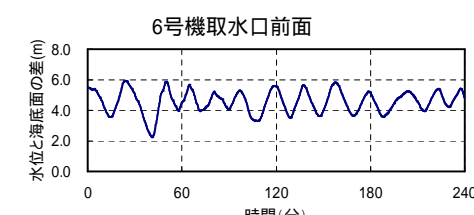
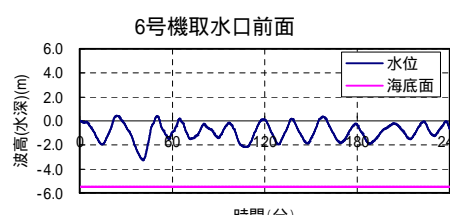
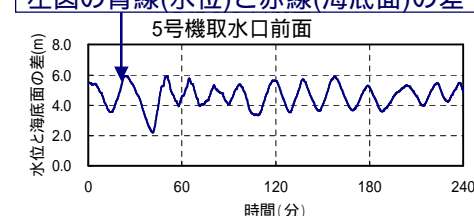
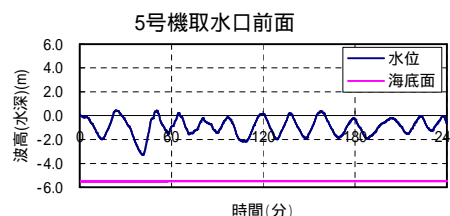


【最大堆積量分布図】

左図の青線(水位)と赤線(海底面)の差



左図の青線(水位)と赤線(海底面)の差



いずれの号機でも取水口前面では常に水深が2m程度確保されており、取水への影響はない



コメント

- 1 砂の堆積量について4時間後の結果だけでなく、最大の堆積量分布についても示すこと。
- 2 砂移動解析における地形変化量分布図からは、50cm以下の堆積量が読み取れない。

(第23回合同WG，平成20年12月4日)

津波の再現時間が4時間で良いことをデータで示すこと(例えば、港湾の共振による影響を確認する観点で)。

(第23回合同WG，平成20年12月4日)

この地域の地震発生層の深さは約17kmであるが、津波評価における海域活断層パラメータの断層幅はこれを考慮したものか(特に、地震発生層よりも上位の扱い)。

(第23回合同WG，平成20年12月4日)

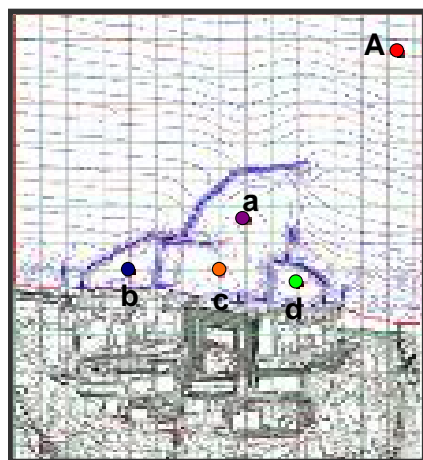
コメント に対する回答

- 柏崎刈羽原子力発電所においては、津波の再現時間を4時間に設定して津波の影響評価を実施している
- 今回、4時間以降の水位変動の傾向を確認するため、最高水位ケースと最低水位ケースを対象に再現時間6時間の津波数値計算を実施し、下図に示す港内及び港外のポイントにおいて津波水位時刻歴を分析した
- さらに津波水位時刻歴波形からフーリエスペクトルを求めるとともに、港外の水位波形と港内の水位波形のフーリエスペクトルの比をとり、港湾の固有周期による影響を検討した



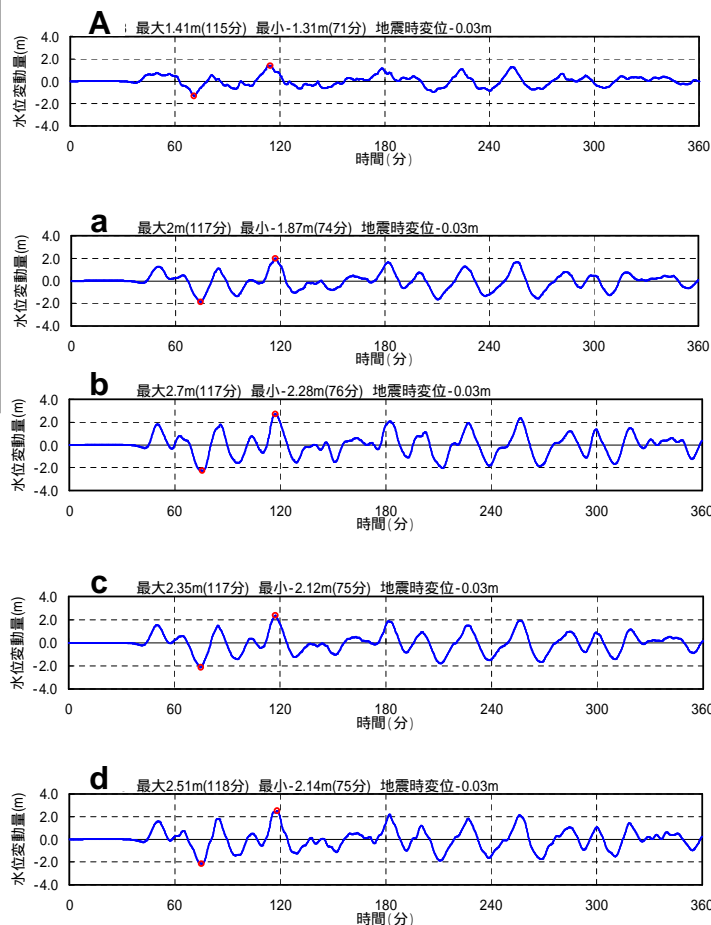
コメント に対する回答

- 港外1ポイントと港内4ポイントの水位時刻歴波形を分析
- 全体的に4時間以降も水位変動は継続するものの、5時間後以降、水位は収束傾向にあり、最大水位上昇量および最大水位下降量は4時間内に出現することが確認された

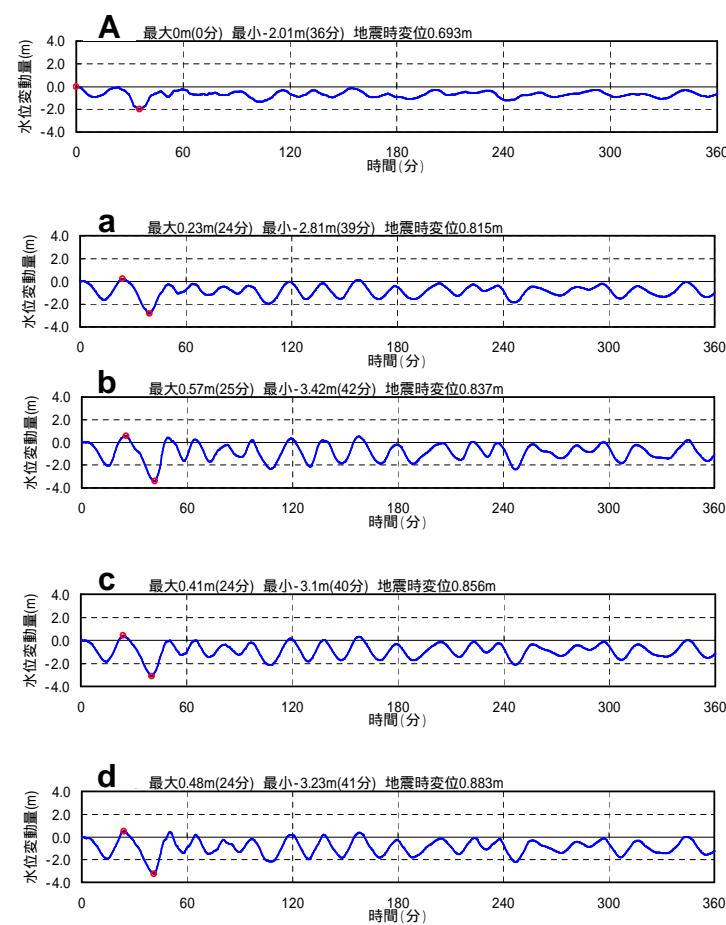


水位時刻歴波形抽出ポイント

【最高水位ケース】

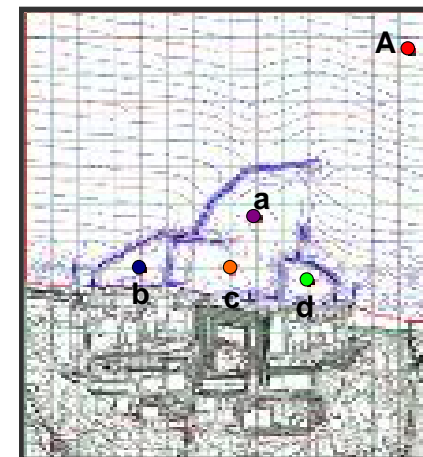
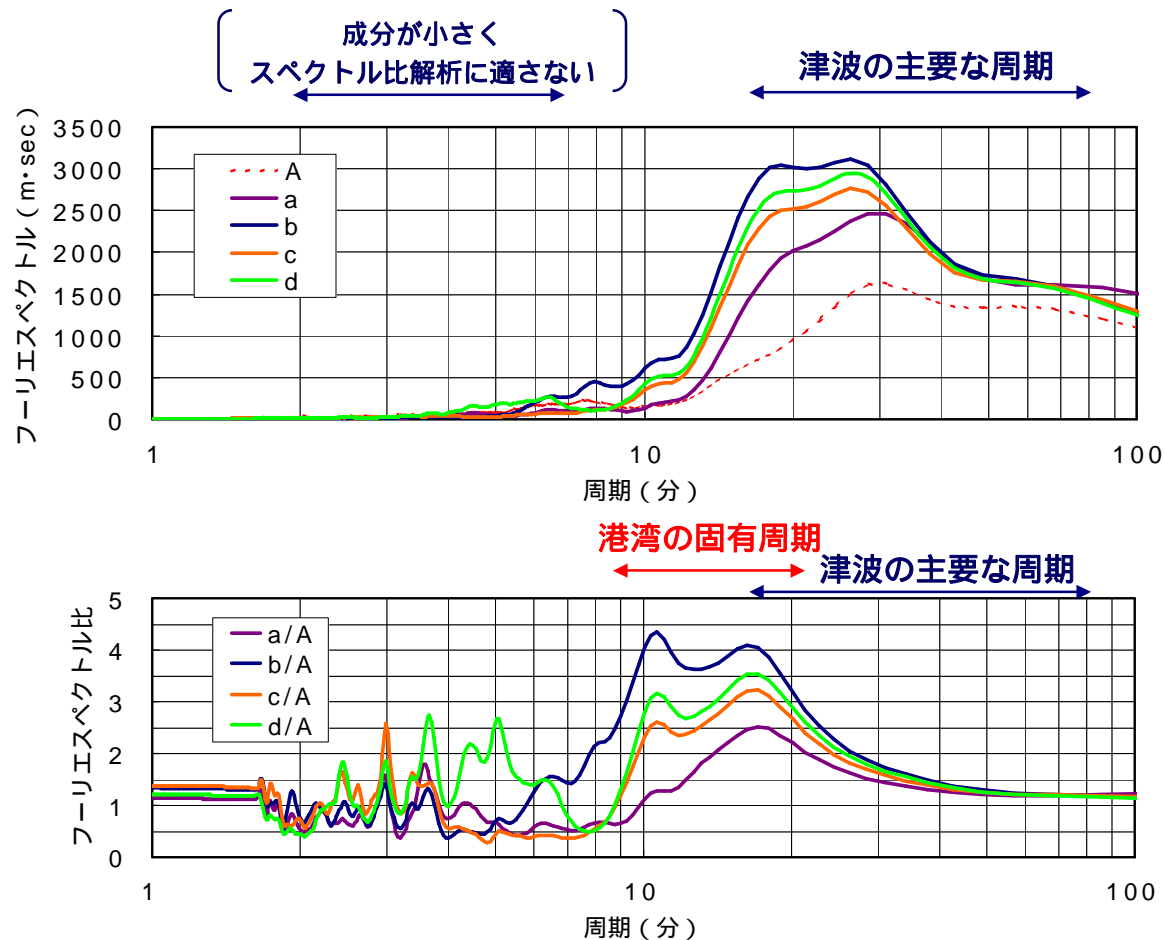


【最低水位ケース】



コメント に対する回答

港外の水位波形と港内の各ポイントの水位波形についてフーリエスペクトル解析を実施



水位時刻歴波形抽出ポイント

- ✧ 港湾の固有周期は10～20分程度であるのに対し、再現時間は4時間と十分に長く確保していることから、港湾の静振についても再現できていると判断できる。
- ✧ なお、港湾の固有周期と津波の主要な周期は10数分程度で重なるものの、一致しないことから、共振現象までは発生しないと判断できる

コメント

- 1 砂の堆積量について4時間後の結果だけでなく、最大の堆積量分布についても示すこと。
- 2 砂移動解析における地形変化量分布図からは、50cm以下の堆積量が読み取れない。

(第23回合同WG，平成20年12月4日)

津波の再現時間が4時間で良いことをデータで示すこと(例えば、港湾の共振による影響を確認する観点で)。

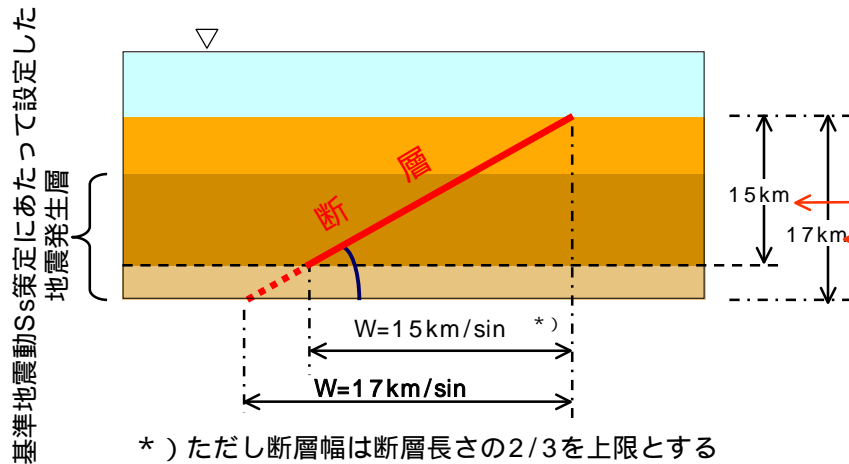
(第23回合同WG，平成20年12月4日)

この地域の地震発生層の深さは約17kmであるが、津波評価における海域活断層パラメータの断層幅はこれを考慮したものか(特に、地震発生層よりも上位の扱い)。

(第23回合同WG，平成20年12月4日)

コメント に対する回答

- 地震発生層の深さを基に，断層モデルの設定範囲を17kmと仮定した場合の断層モデルを設定
- この断層モデルと土木学会(2002)に基づく断層モデルとで津波水位を比較
- 対象断層は最低水位を示す長岡平野西縁断層帯 ($\theta = 35^\circ$)



すべり量の設定方法

武村のスケーリング則より

$$\log L = 0.75M_w - 3.77$$

ここに， L ：断層長(km)

M_w ：モーメントマグニチュード

すべり量Dは，以下の式による

$$\log M_0 = 1.5M_w + 9.1$$

$$D = M_0 / \mu LW$$

ここに， μ ：地盤剛性率 (N/m^2)

w ：断層幅 (m)

土木学会(2002)に基づく断層モデル設定範囲 (「15kmモデルと称す」)

本検討用断層モデル設定範囲 (「17kmモデル」と称す)

【長岡平野西縁断層帯 ($\theta = 35^\circ$) の断層モデル諸元】

	断層長 L(km)	断層幅 W(km)	すべり量 D(m)	断層上縁深さ d(km)	走向 ($^\circ$)	傾斜角 ($^\circ$)	すべり角 ($^\circ$)
「15kmモデル」	91	26.2	4.34	0	187	35	72
「17kmモデル」	91	29.6	3.83	0	187	35	72

コメント に対する回答

数値シミュレーション結果

取水口前面における水位

(単位：m)

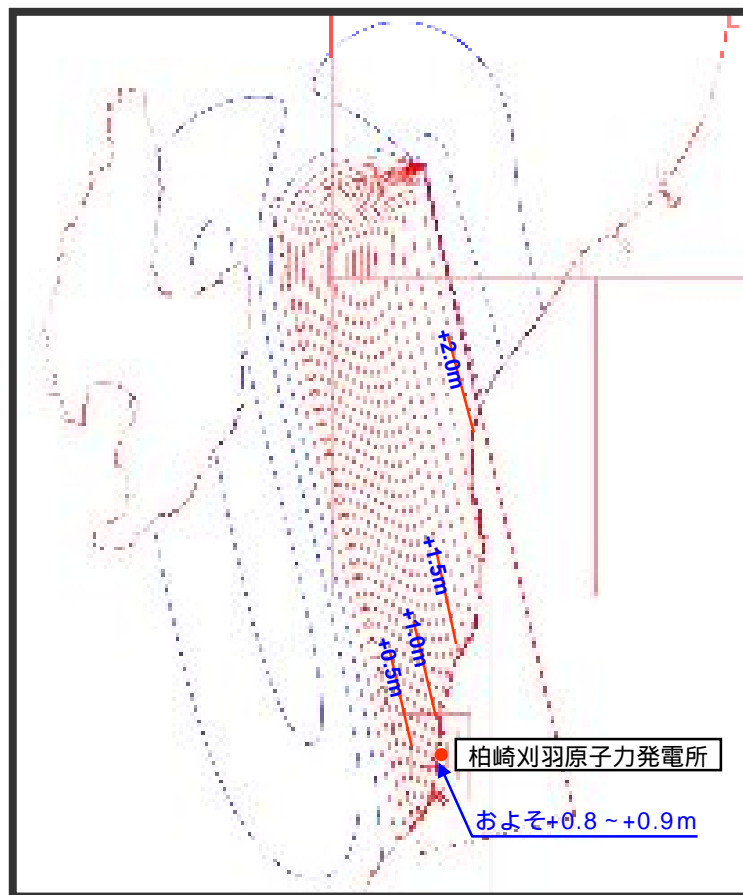
プラ ント	長岡平野西縁断層帯 ($\theta = 35^\circ$)			
	「15kmモデル」		「17kmモデル」	
	最大水位 上昇量	最大水位 下降量	最大水位 上昇量	最大水位 下降量
1号機	+0.60	-3.48	+0.45	-3.54
2号機	+0.57	-3.45	+0.41	-3.53
3号機	+0.55	-3.42	+0.37	-3.49
4号機	+0.53	-3.39	+0.35	-3.46
5号機	+0.47	-3.31	+0.29	-3.39
6号機	+0.47	-3.27	+0.29	-3.33
7号機	+0.45	-3.21	+0.27	-3.25

- 最大水位上昇量は「15kmモデル」の方が大きくなる
- 最大水位下降量は「17kmモデル」の方が絶対値がやや大きくなるがほぼ同等の値であることが確認された

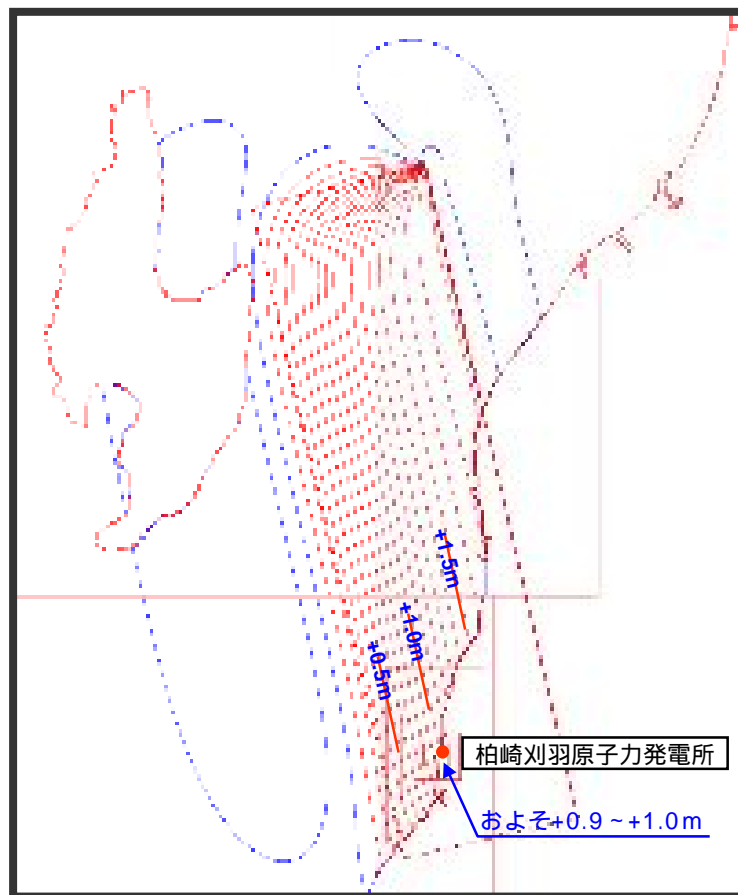
コメント に対する回答

断層モデルと地盤変位分布図

コンター間隔：0.1m



「15kmモデル」

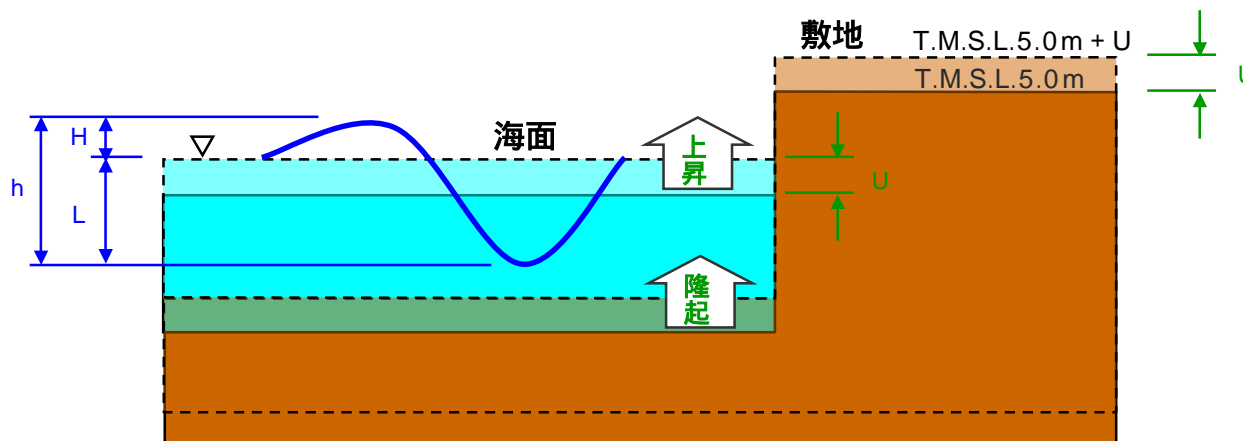


「17kmモデル」

敷地付近の隆起量は、「15kmモデル」に比べて「17kmモデル」の方が約1コンター分（約10cm）大きいことがわかる

コメント に対する回答

津波水位と地盤隆起量との関係整理（例：1号機取水口前面）



	土木学会（2002） に基づく15kmモデル		断層設定範囲 17kmモデル
最大振幅 $h=H+L$	4.08m	>	3.99m
隆起量 U	0.85m	<	0.95m
最大水位下降量 L	3.48m	<	3.54m

- ◇ 最大水位下降量の絶対値は「17kmモデル」の方が大きくなるが、最大振幅は「15kmモデル」の方が大きくなる
- ◇ つまり、水位変動のみの評価においては「15kmモデル」の方が安全側の結果を示すものの、断層面が敷地の近傍あるいは直下にあることで地盤の隆起量による影響の方が若干大きかったため、上記のような逆転現象が発生したものと判断できる

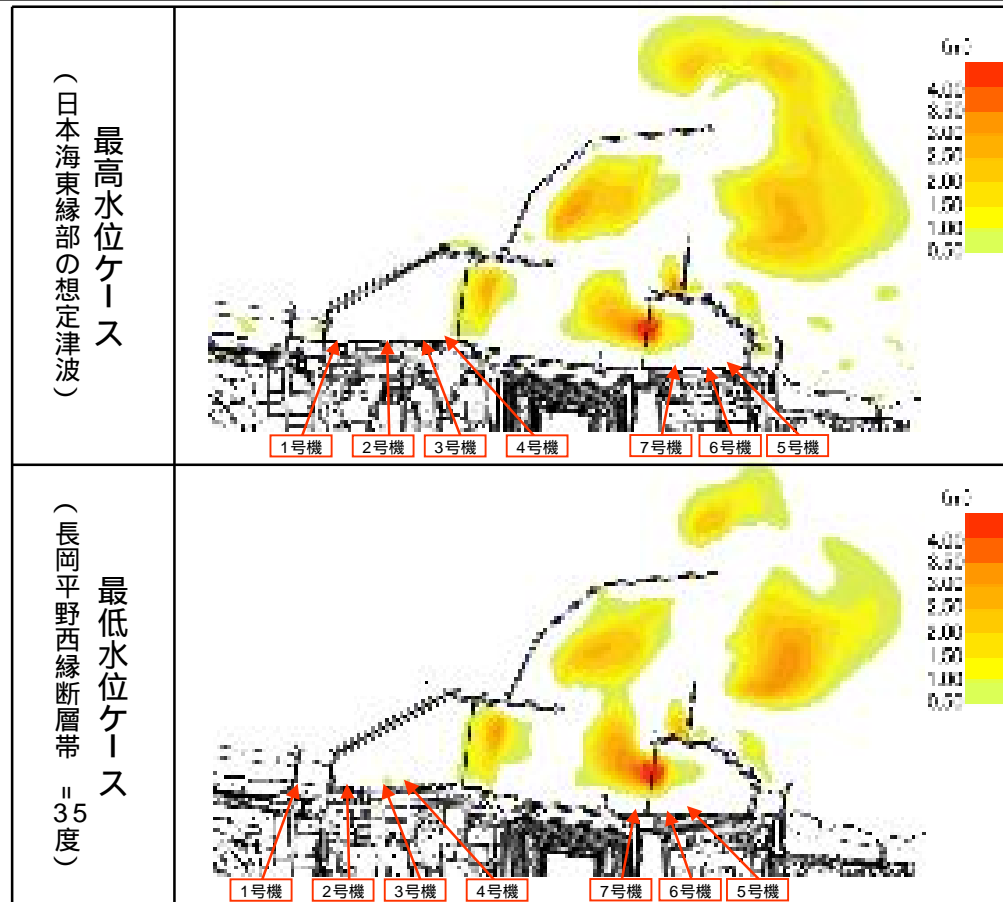
参考文献

- 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
- 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 平成14年2月，321p
- 武村雅之(1998)：日本列島における地殻内地震のスケーリング則 - 地震断層の影響および地震被害との関連 - ，地震第2輯，第51巻，pp.211-228

(参考) コメント に係る資料

- 再現計算時間 4 時間のうちの最大堆積量を表す
- 数値シミュレーションは，合同W23-2-1で示した計算結果のうち，侵食・堆積量のより大きいケースとして高橋ほか(1999)の手法による結果を示す。浮遊砂濃度の上限値 C_{max} は5%に設定
- 対象津波は，取水口前面において最高水位を示す日本海東縁部の想定津波と，最低水位を示す長岡平野西縁断層帯($= 35^\circ$)による想定津波

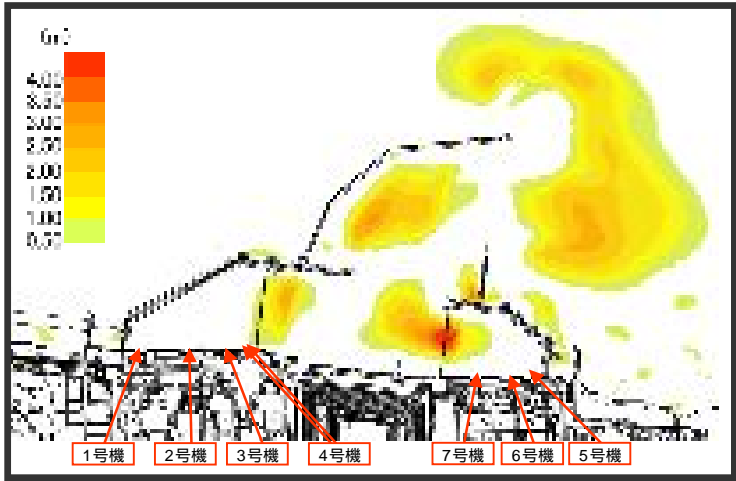
敷地周辺の土砂の最大堆積量分布図



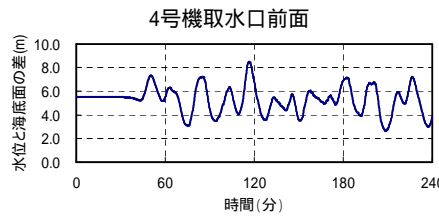
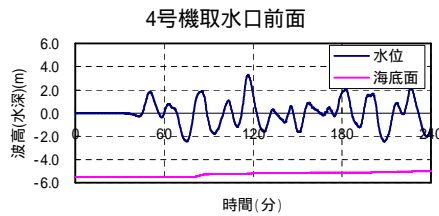
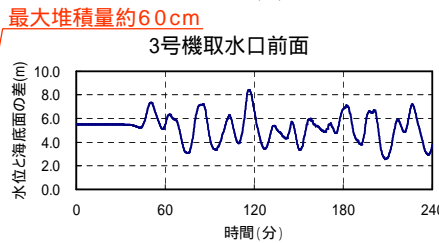
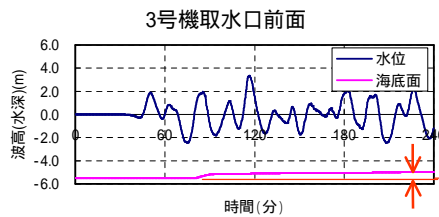
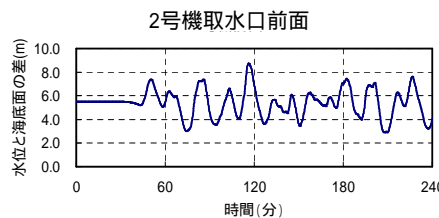
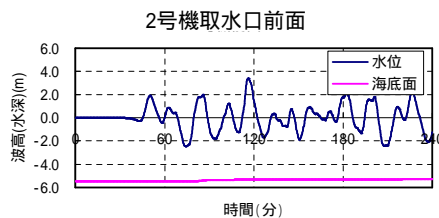
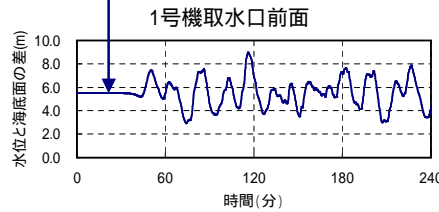
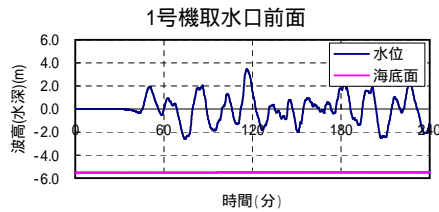
港内では最大4m以上堆積することが確認されたが，その範囲は極一部であり，また港内の水深は約5.5m以上あることから土砂の堆積により港内の通水断面を完全に塞ぐことがないことを確認した

(参考) コメント に係る資料

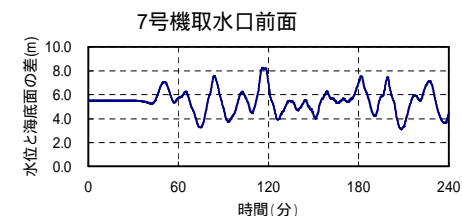
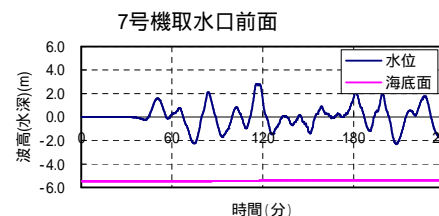
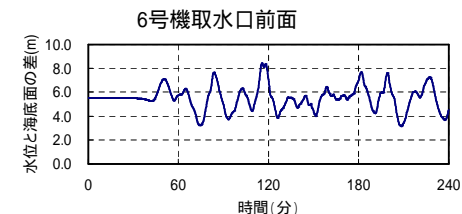
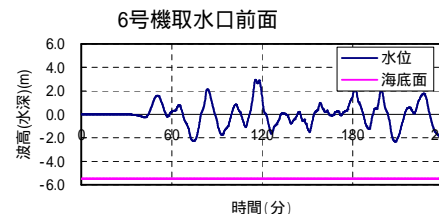
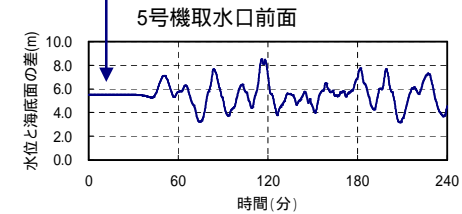
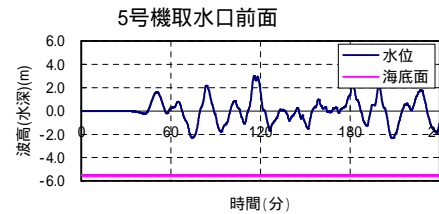
取水口前面における津波水位と海底面の変動：最高水位ケース
 - 高橋ほか(1999)のモデル, $C_{max} = 5.0\%$ -



左図の青線(水位)と赤線(海底面)の差



左図の青線(水位)と赤線(海底面)の差

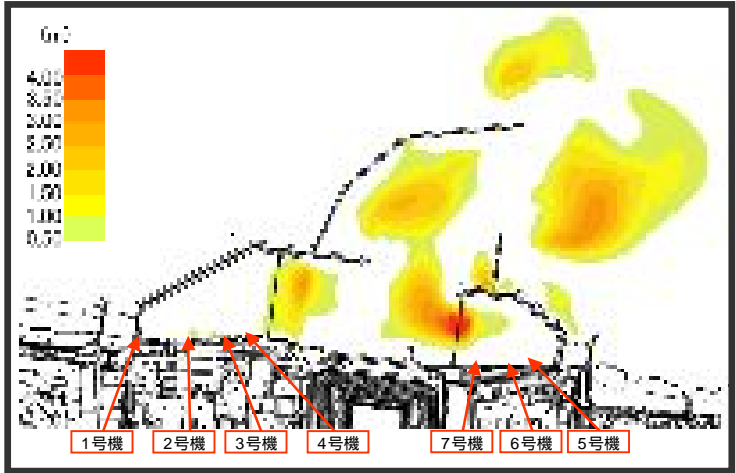


いずれの号機でも取水口前面では常に水深が3m程度確保されており、取水への影響はない



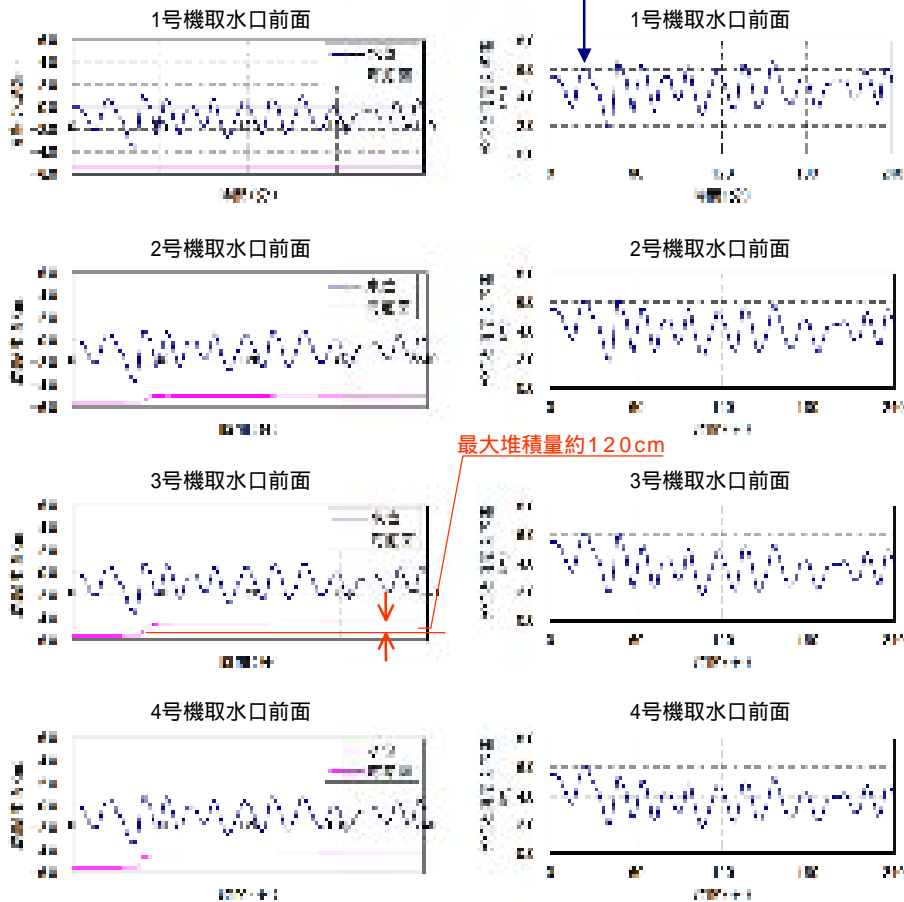
(参考) コメント に係る資料

取水口前面における津波水位と海底面の変動：最低水位ケース
 - 高橋ほか(1999)のモデル, $C_{max} = 5.0\%$ -

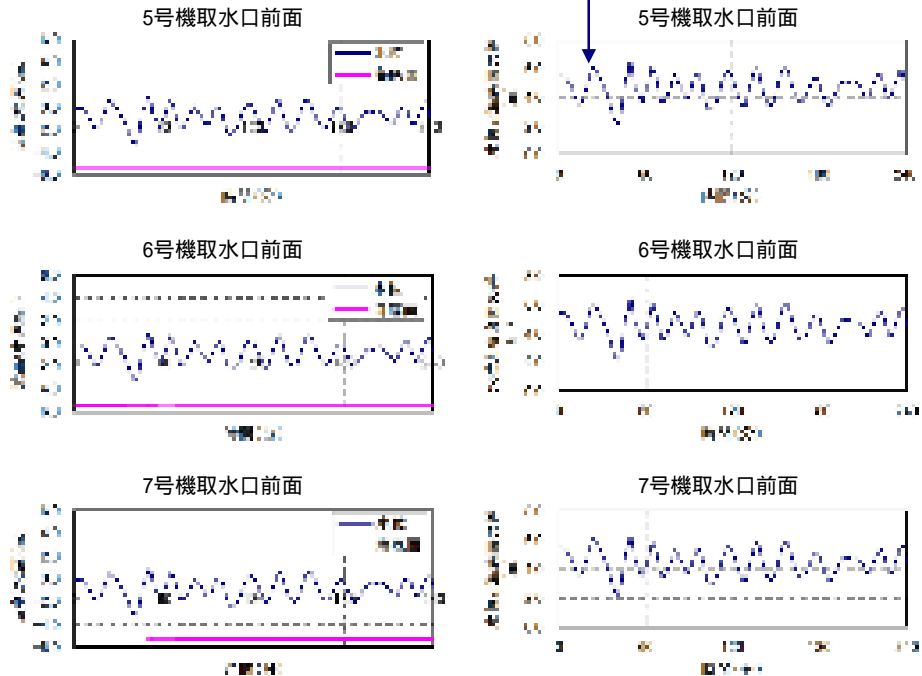


【最大堆積量分布図】

左図の青線(水位)と赤線(海底面)の差



左図の青線(水位)と赤線(海底面)の差



いずれの号機でも取水口前面では常に水深が2 m 程度確保されており，取水への影響はない



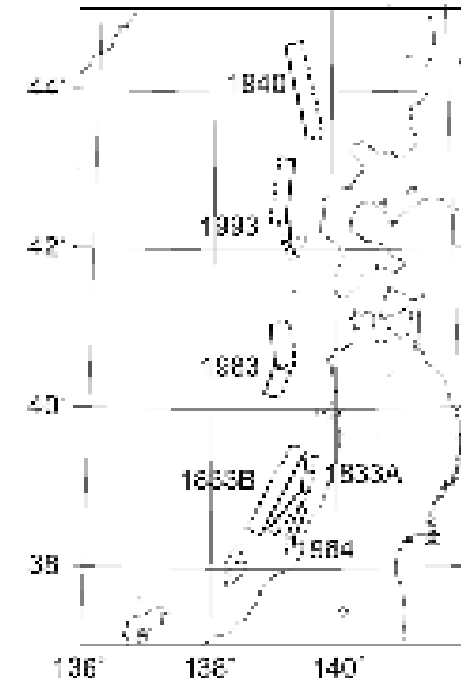
(参考) コメント に係る資料

日本海東縁部に想定される地震

◇ 日本海東縁部に発生する地震の想定にあたっては、津波の痕跡高を説明できる断層モデルのうち、既往最大のモーメントマグニチュードを示す1993年北海道南西沖地震の $M_w=7.84$ を下回らないように基準断層モデルの M_w を7.85に設定している

既往津波の痕跡高を説明できる断層モデル（日本海東縁部）
（土木学会(2002)）

対象津波	モデル M_w	面積 (km^2)	L (km)	W (km)	D (m)	d (km)	(°)	(°)	(°)	データ 数	K		備考
1833年天保山形沖(A)	7.82	1250	50	25	6.4	0	10	60	90	27	1.04	1.42	本体系化原案 (相田(1989)を修正;陸岸近く)
		1750	70	25	6.4	0	40	60	120				
1833年天保山形沖(B)	7.76	3960	132	30	4.0	0	208	45	90	27	1.17	1.28	本体系化原案(沖合)
1940年積丹沖	7.70	4050	135	30	3.2	0	347	40	90	20	1.02	1.42	本体系化原案 (Satake(1986)を修正)
1964年新潟	7.35	900	45	20	3.3	1	202	60	90	検潮	-	-	Noguera and Ku.Abe(1992)
		300	20	15	3.0	1	189	60	90				
同上	7.51	813	32.5	25	5.3	0	200	60	52	検潮	-	-	加藤・安藤(1995)
		813	32.5	25	2.9	0	200	60	90				
1983年日本海中部	7.74	1200	40	30	7.6	2	22	40	90	218	1.12	1.46	相田(1984) Model-10
		1800	60	30	3.05	3	355	25	80				
1993年北海道南西沖	7.84	2250	90	25	5.71	10	188	35	80	249	0.96	1.51	高橋武之ら(1995) DCRC-26モデル
		650	26	25	4.00	5	175	60	105				
		458	30.5	15	12	5	150	60	105				

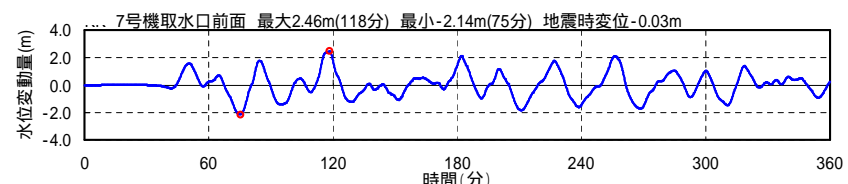
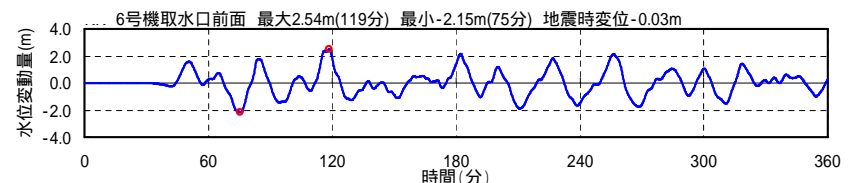
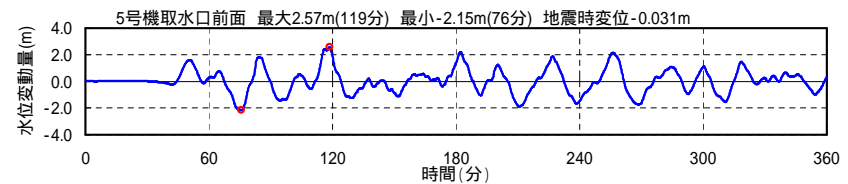
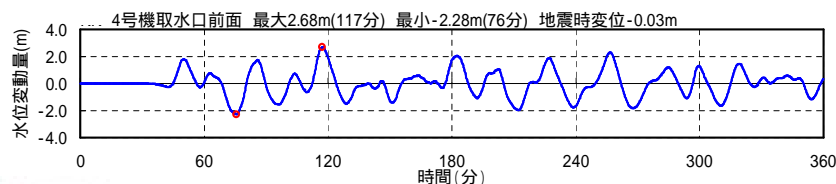
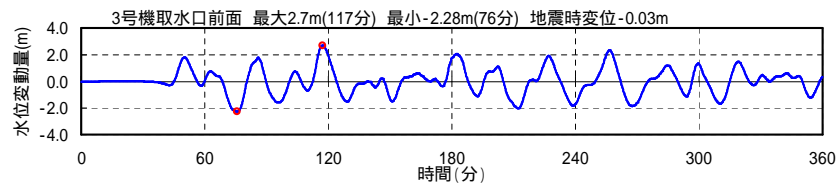
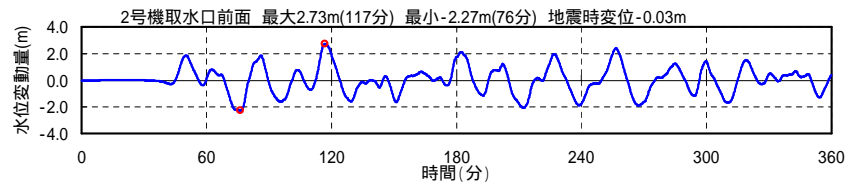
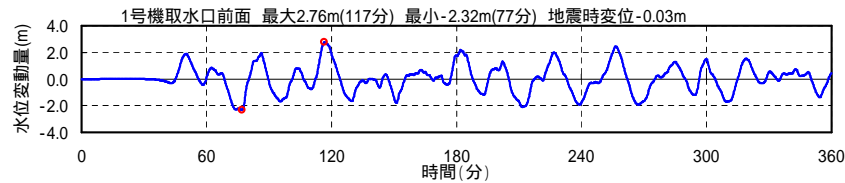
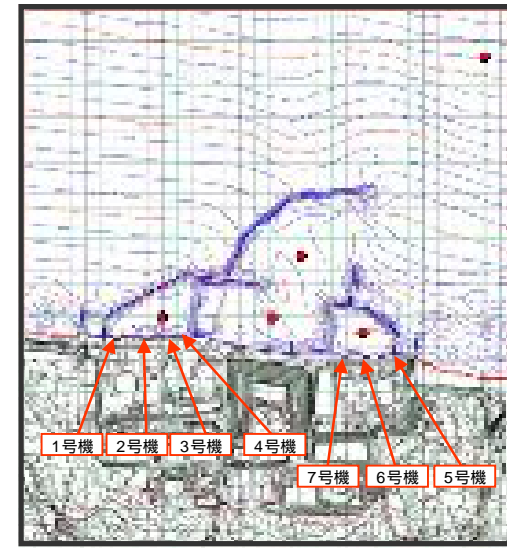


日本海東縁部の
既往断層モデル位置

(土木学会(2002))

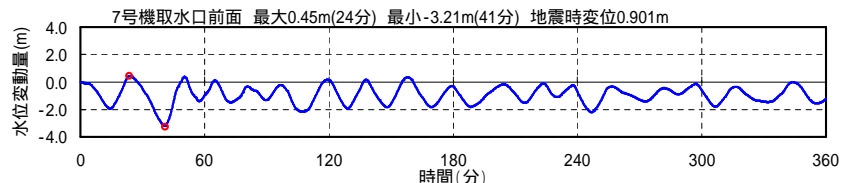
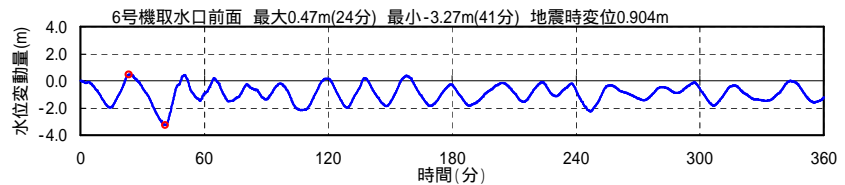
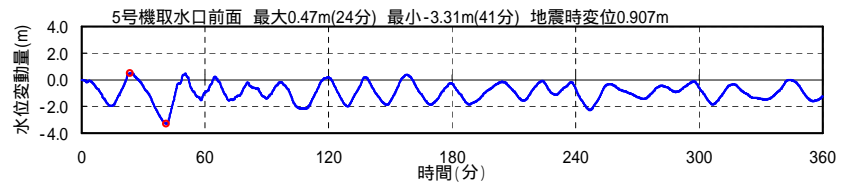
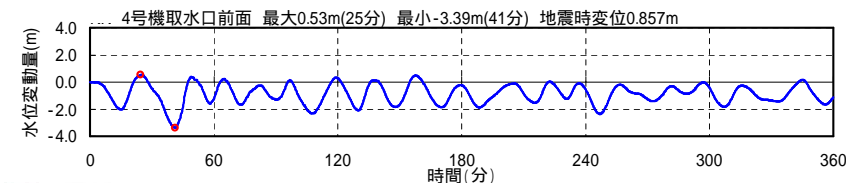
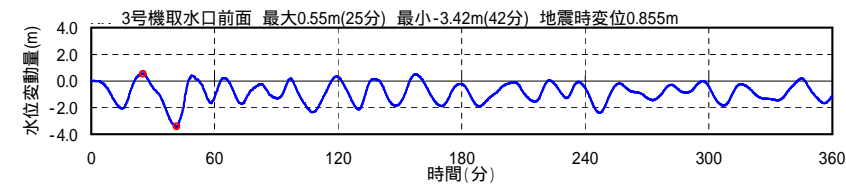
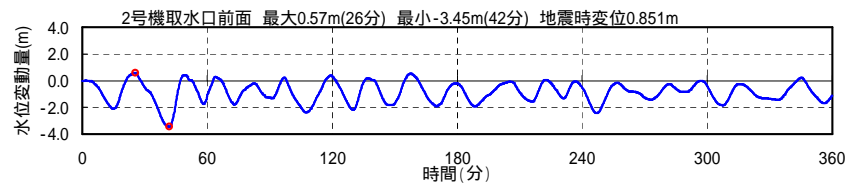
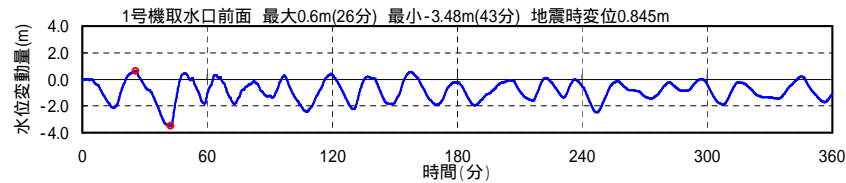
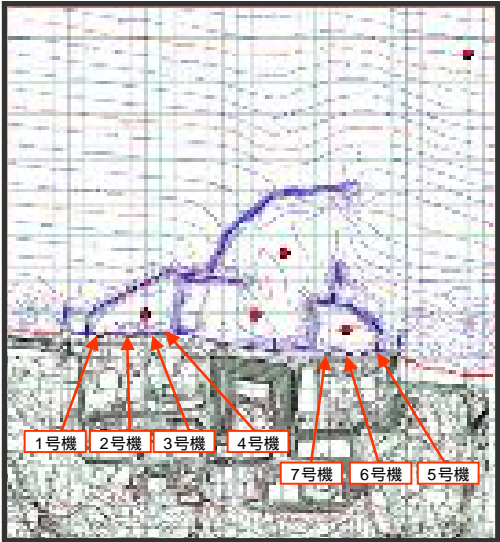
(参考) コメント に係る資料

取水口前面における津波水位時刻歴波形 (再現時間6時間)
【最高水位ケース】



(参考) コメント に係る資料

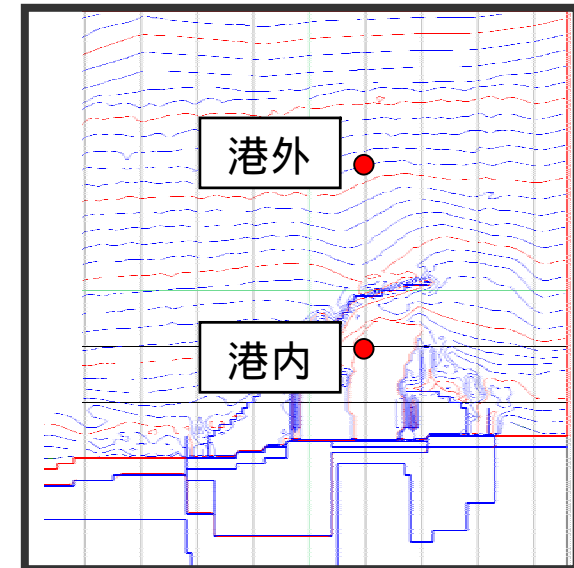
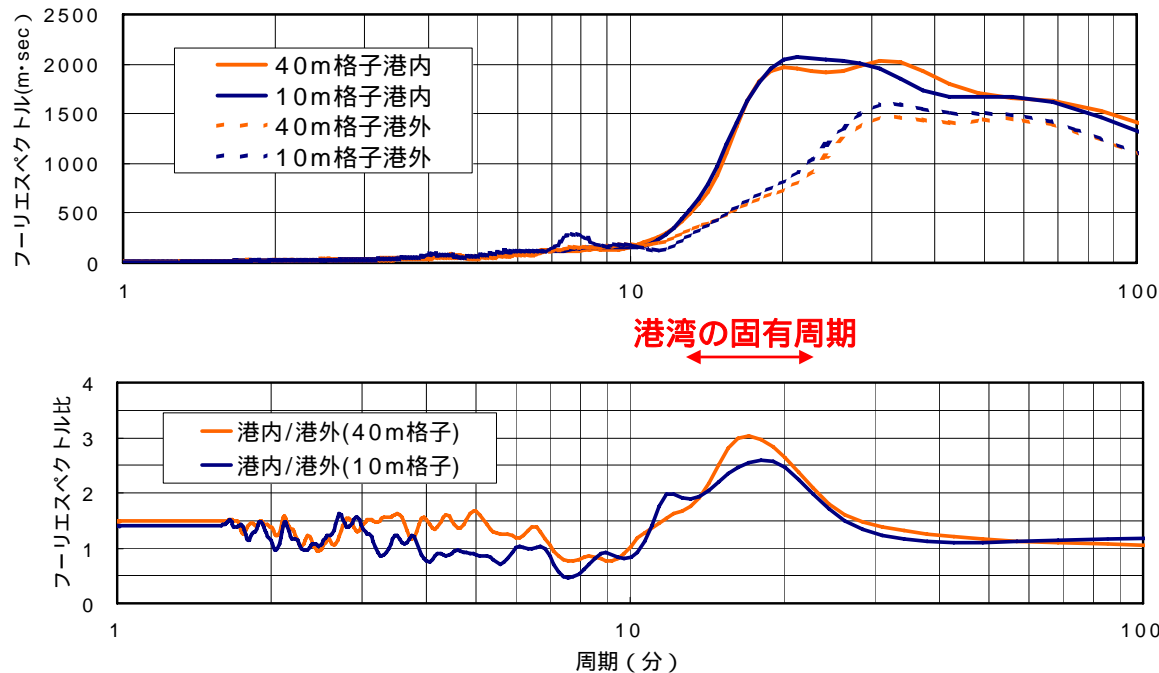
取水口前面における津波水位時刻歴波形 (再現時間6時間)
【最低水位ケース】



(参考) コメント に係る資料

最小計算格子サイズによる比較 (40m / 10m)

- 最小計算格子の違いによる港の周期による水位変動への影響を評価するため、港内と港外の代表ポイントにおける水位時刻歴のフーリエスペクトルと、港内と港外のスペクトル比をとり比較検討した。
- 対象津波は取水口前面において最高水位を示す日本海東縁部の想定津波



- ◇ 最小計算格子40mと10mとでは、港内、港外ともにフーリエスペクトルは概ね良い対応を示している
- ◇ 港内と港外のスペクトル比を比較しても、港湾の固有周期である10数分～20分前後の値は良い対応を示していることから、パラメータスタディに用いた最小計算格子40mのモデルでも港湾内の水位変動を適切に再現できていると考えられる

(参考) コメント に係る資料

【断層設定範囲を17kmとしたF - B断層の断層モデル】

	断層長 L(km)	断層幅 W(km)	すべり量 D(m)	断層上縁深さ d(km)	走向 (°)	傾斜角 (°)	すべり角 (°)
土木学会(2002)に基づく15kmモデル	36	24.0*	1.72	0	39	35	90
断層設定範囲17kmのモデル	36	29.6	1.51	0	39	35	90

*) 断層幅は上限値である断層長さの2/3

【取水口前面における水位】 (単位：m)

プラ ント	F-B断層			
	土木学会(2002)に 基づく15kmモデル		断層設定範囲 17kmのモデル	
	最大水位 上昇量	最大水位 下降量	最大水位 上昇量	最大水位 下降量
1号機	+1.33	-2.35	+0.97	-2.33
2号機	+1.24	-2.26	+0.88	-2.25
3号機	+1.18	-2.15	+0.85	-2.17
4号機	+1.15	-2.09	+0.81	-2.13
5号機	+1.08	-2.10	+0.87	-2.26
6号機	+1.05	-2.10	+0.85	-2.23
7号機	+1.01	-2.05	+0.80	-2.16

- ◇ 最大水位上昇量は土木学会(2002)に基づく15kmモデルの方が大きくなる
- ◇ 最大水位下降量はほとんどの号機で断層設定範囲17kmのモデルの方がP.15に示す理由により絶対値がやや大きくなるが、ほぼ同等の値である