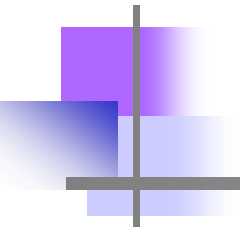


資料2-3



泊発電所3号炉 基準津波に対する安全性（砂移動評価）

令和6年11月8日
北海道電力株式会社

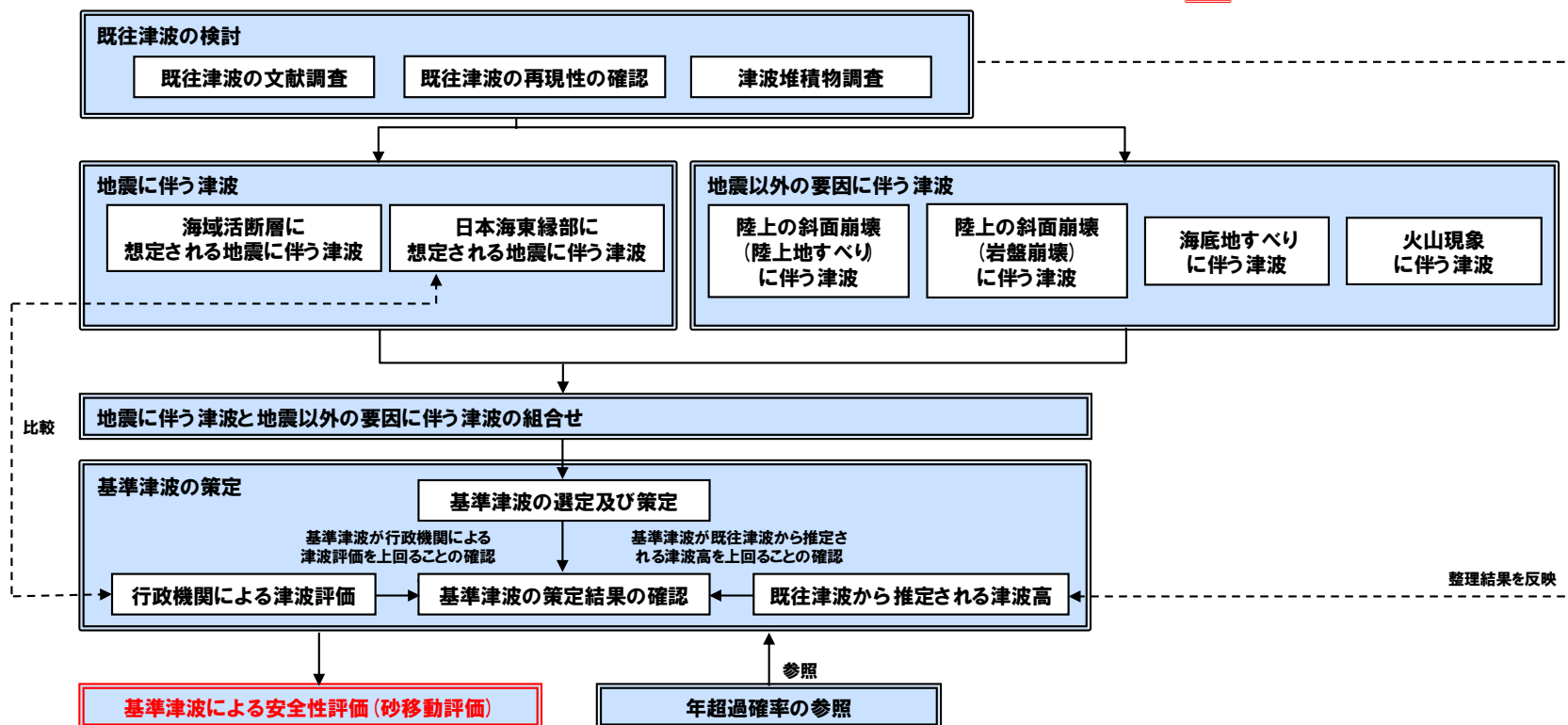
本資料の説明範囲

本資料の説明範囲

○本資料では、「基準津波による安全性評価（砂移動評価）」について説明する。

【基準津波に関する津波評価の全体の検討フロー】

□:本資料における説明範囲



※基準津波による安全性評価（砂移動評価）は、以下の残されている審査上の論点：No.10と関連する。

通しNo.	残されている審査上の論点
10	基準津波による砂移動評価に伴う取水性の確保

目 次

1. 基準津波による安全性評価(砂移動評価)	4
1.1 取水口の砂移動評価	7
1.2 取水ピットポンプ室の砂移動評価	17
2. 補足説明資料	25
2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)	26
2.2 取水ピットポンプ室の砂移動評価結果(データ集)	99
2.3 高橋ほか(1999)の手法について	118
2.4 高橋ほか(1999)の手法における浮遊砂濃度の影響評価	122
参考文献	125

1. 基準津波による安全性評価（砂移動評価）

説明概要（1/2）

【検討方針】

○基準津波に伴う取水口及び取水ピットポンプ室における砂の堆積厚さを、平面二次元数値シミュレーション及び管路解析から算出し、砂移動により取水口が閉塞しないこと、原子炉補機冷却海水ポンプの取水に影響がないことを確認する。

- 藤井ほか（1998）、高橋ほか（1999）の評価手法を用いた平面二次元数値シミュレーション及び管路解析を実施する。
- 砂移動評価に用いる解析条件として、調査結果に基づいた砂の粒径・密度を設定する。

【検討フロー】

【1.1章：取水口の砂移動評価】

○基準津波に伴う取水口における砂の堆積厚さを、平面二次元数値シミュレーションから算出し、砂移動により取水口が閉塞しないこと（取水口の砂の堆積厚さが、取水口高さに対して十分小さいこと）を確認する。

- 藤井ほか（1998）、高橋ほか（1999）の評価手法を用いた平面二次元数値シミュレーションを実施する。
- 砂移動評価に用いる解析条件として、調査結果に基づいた砂の粒径・密度を設定する。

取水口の水位時刻歴波形、浮遊砂濃度を入力

【1.2章：取水ピットポンプ室の砂移動評価】

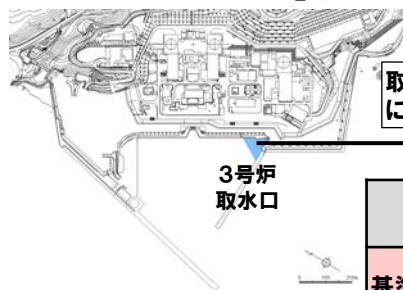
○基準津波に伴う取水ピットポンプ室における砂の堆積厚さを、管路解析から算出し、砂移動により原子炉補機冷却海水ポンプの取水に影響がないこと（取水ピットポンプ室の砂の堆積厚さが、原子炉補機冷却海水ポンプの呑口高さに対して十分小さいこと）を確認する。

- 「1.1章：取水口の砂移動評価」において、砂の堆積厚さが最も厚くなった高橋ほか（1999）の手法を用いて評価を実施する。
- 管路解析では、「1.1章：取水口の砂移動評価」から得られる取水口の水位時刻歴波形、浮遊砂濃度を境界条件として入力する。

【補足説明資料：高橋ほか（1999）の手法における浮遊砂濃度の影響評価】

- 高橋ほか（1999）の砂移動評価に関する文献調査結果から、浮遊砂上限濃度1%を基本とした。
- 浮遊砂上限濃度3%を用いた影響評価も実施する。

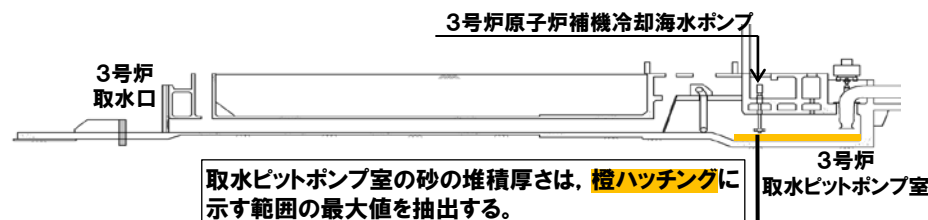
【砂の堆積厚さの算出結果】



取水口の砂の堆積厚さは、青ハッチングに示す範囲の最大値を抽出する。

《最大ケースの解析結果（実施ケースはP6参照）》

ケース	評価手法	浮遊砂上限濃度	取水口の砂の堆積厚さ (m)
基準津波D (防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)	藤井ほか (1998)	1%	0.02
		5%	0.02
	高橋ほか (1999)	1%	0.44



取水ピットポンプ室の砂の堆積厚さは、橙ハッチングに示す範囲の最大値を抽出する。

《最大ケースの解析結果（実施ケースはP6参照）》

ケース	評価手法	浮遊砂上限濃度	取水ピットポンプ室の砂の堆積厚さ (m)
基準津波F (防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)	高橋ほか (1999)	1%	0.04

1. 基準津波による安全性評価（砂移動評価）

説明概要（2/2）

【砂移動による取水性の評価結果】

○基準津波に伴う取水口及び取水ピットポンプ室における砂の堆積厚さを算出し、砂移動により取水口が閉塞しないこと、原子炉補機冷却海水ポンプの取水に影響がないことを確認した。

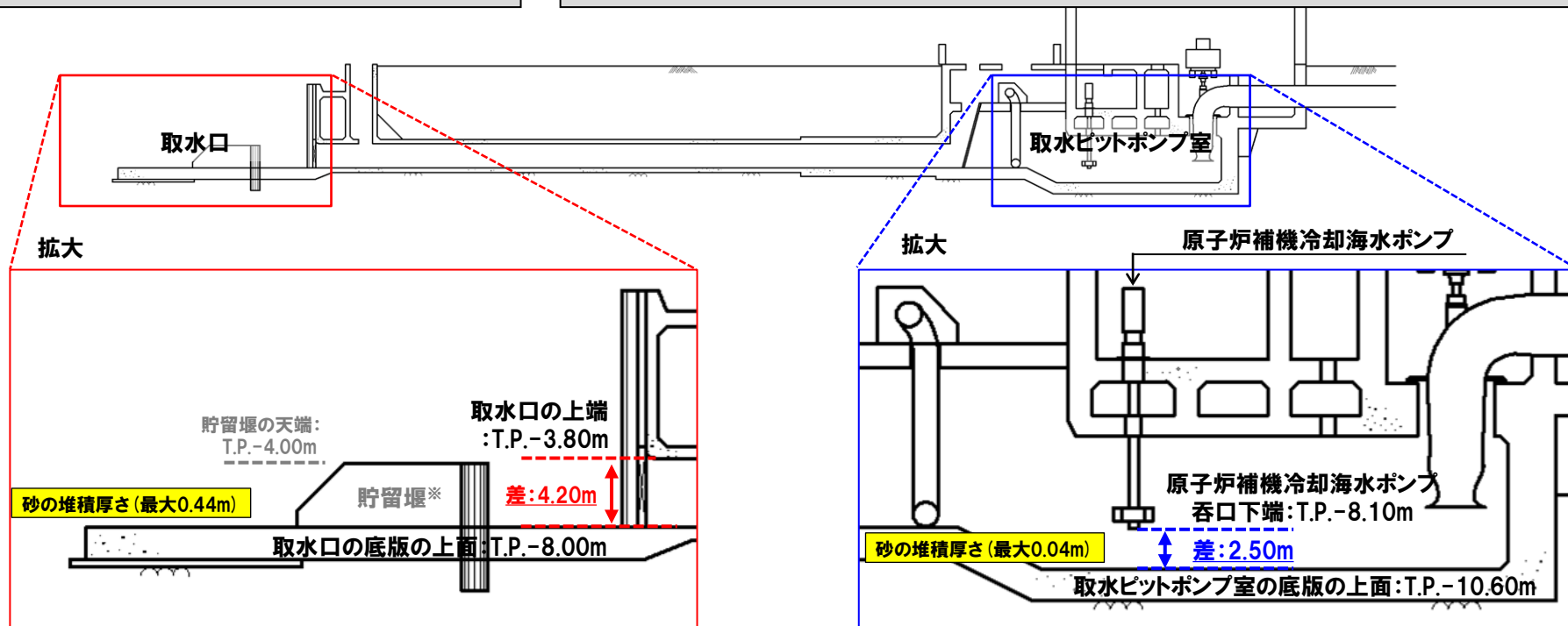
- 取水口の砂移動評価結果 : 砂の堆積厚さ（最大0.44m）は、取水口高さ（4.20m）※¹（下記の**朱書き**参照）に対して十分小さい。
- 取水ピットポンプ室の砂移動評価結果 : 砂の堆積厚さ（最大0.04m）は、原子炉補機冷却海水ポンプの呑口高さ（2.50m）※²（下記の**青書き**参照）に対して十分小さい。

《※1: 取水口の砂の堆積厚さの比較対象の設定》

○取水口位置における砂の堆積厚さとの比較では、「取水口の上端:T.P.-3.80m」と「取水口の底版の上面:T.P.-8.00m」の差である「**取水口高さ（4.20m）**」を、取水口の砂の堆積厚さの比較対象とする。

《※2: 取水ピットポンプ室の砂の堆積厚さの比較対象の設定》

○取水ピットポンプ室位置における砂の堆積厚さとの比較では、裕度を保守的に評価する観点から「取水可能水位」より低い位置にある「原子炉補機冷却海水ポンプ呑口下端:T.P.-8.10m」を用いる。
○また、「原子炉補機冷却海水ポンプ呑口下端:T.P.-8.10m」と「取水ピットポンプ室の底版の上面:T.P.-10.60m」の差である「**原子炉補機冷却海水ポンプの呑口高さ（2.50m）**」を、取水ピットポンプ室の砂の堆積厚さの比較対象とする。



※「1.1章: 取水口の砂移動評価」では、水位変動量を算出対象とした平面二次元数値シミュレーションと同様に、貯留堰（天端:T.P.-4.00m）をモデル化しない。

1. 基準津波による安全性評価(砂移動評価)

砂移動評価に用いる地形モデル及び基準津波

○砂移動評価に用いる地形モデル及び基準津波は、地形モデル毎の各評価項目が最大となる基準津波として、「水位上昇側：14ケース」と「水位下降側：4ケース」の合計18ケースを検討対象とした。

【基準津波(水位上昇側)】

評価項目	健全地形モデル		防波堤の損傷を考慮した地形モデル①		防波堤の損傷を考慮した地形モデル②		防波堤の損傷を考慮した地形モデル③	
	水位上昇量	断層パラメータ	水位上昇量	断層パラメータ	水位上昇量	断層パラメータ	水位上昇量	断層パラメータ
防潮堤前面 (上昇側)	13.44m	・断層パターン:6 ・波源位置:くの字モデル(東へ10km) ・アスベリティ位置:de南へ20km ・断層面上縁深さ:5km ・組合せの時間差:115s 基準津波 A	15.65m	・断層パターン:7 ・波源位置:矩形モデル(東へ15km) ・アスベリティ位置:de南へ20km ・断層面上縁深さ:5km ・組合せの時間差:115s 基準津波 E	14.98m	・断層パターン:7 ・波源位置:矩形モデル(東へ15km) ・アスベリティ位置:de南へ20km ・断層面上縁深さ:5km ・組合せの時間差:115s 基準津波 E	15.68m	・断層パターン:7 ・波源位置:矩形モデル(東へ15km) ・アスベリティ位置:de南へ20km ・断層面上縁深さ:5km ・組合せの時間差:110s 基準津波 F
3号炉 取水口 (上昇側)	10.45m	・断層パターン:7 ・波源位置:矩形モデル(東へ15km) ・アスベリティ位置:de南へ30km ・断層面上縁深さ:5km ・組合せの時間差:110s 基準津波 B	13.14m	・断層パターン:7 ・波源位置:矩形モデル(東へ15km) ・アスベリティ位置:de南へ20km ・断層面上縁深さ:5km ・組合せの時間差:110s 基準津波 F	11.86m	・断層パターン:7 ・波源位置:矩形モデル(東へ15km) ・アスベリティ位置:de南へ20km ・断層面上縁深さ:5km ・組合せの時間差:115s 基準津波 E	12.89m	・断層パターン:7 ・波源位置:矩形モデル(東へ15km) ・アスベリティ位置:de南へ30km ・断層面上縁深さ:5km ・組合せの時間差:110s 基準津波 B
1号及び2号炉 取水口 (上昇側)	9.34m	・断層パターン:6 ・波源位置:矩形モデル(東へ5km) ・アスベリティ位置:de南へ20km ・断層面上縁深さ:5km ・組合せの時間差:135s 基準津波 C	12.74m	・断層パターン:7 ・波源位置:矩形モデル(東へ15km) ・アスベリティ位置:de南へ20km ・断層面上縁深さ:5km ・組合せの時間差:115s 基準津波 E	12.01m	・断層パターン:7 ・波源位置:矩形モデル(東へ15km) ・アスベリティ位置:de南へ20km ・断層面上縁深さ:5km ・組合せの時間差:85s 基準津波 G	11.50m	・断層パターン:7 ・波源位置:矩形モデル(東へ15km) ・アスベリティ位置:de南へ30km ・断層面上縁深さ:5km ・組合せの時間差:120s 基準津波 H
放水口 (上昇側)	10.91m	・断層パターン:7 ・波源位置:矩形モデル(東へ15km) ・アスベリティ位置:de南へ30km ・断層面上縁深さ:5km ・組合せの時間差:135s 基準津波 D	10.84m	・断層パターン:7 ・波源位置:矩形モデル(東へ15km) ・アスベリティ位置:de南へ30km ・断層面上縁深さ:5km ・組合せの時間差:135s 基準津波 D	10.85m	・断層パターン:7 ・波源位置:矩形モデル(東へ15km) ・アスベリティ位置:de南へ30km ・断層面上縁深さ:5km ・組合せの時間差:135s 基準津波 D	10.66m	・断層パターン:7 ・波源位置:矩形モデル(東へ15km) ・アスベリティ位置:de南へ30km ・断層面上縁深さ:5km ・組合せの時間差:135s 基準津波 D

健全地形モデルでは、
基準津波A, B, C, Dの4ケースを対象

防波堤の損傷を考慮した地形モデル①では、
基準津波E, F, Dの3ケースを対象

防波堤の損傷を考慮した地形モデル②では、
基準津波E, G, Dの3ケースを対象

防波堤の損傷を考慮した地形モデル③では、
基準津波F, B, H, Dの4ケースを対象

水位上昇側:計14ケースを対象

【基準津波(水位下降側)】

評価項目	健全地形モデル		防波堤の損傷を考慮した地形モデル①		防波堤の損傷を考慮した地形モデル②		防波堤の損傷を考慮した地形モデル③	
	時間	断層パラメータの概要	時間	断層パラメータの概要	時間	断層パラメータの概要	時間	断層パラメータの概要
「貯留堰を 下回る時間」	721s	・断層パターン:6 ・波源位置:くの字モデル(西へ20km) ・アスベリティ位置:de南へ20km ・断層面上縁深さ:5km ・組合せの時間差:40s 基準津波 I	698s	・断層パターン:7 ・波源位置:くの字モデル(西へ25km) ・アスベリティ位置:de南へ20km ・断層面上縁深さ:5km ・組合せの時間差:45s 基準津波 J	743s	・断層パターン:7 ・波源位置:矩形モデル(東へ15km) ・アスベリティ位置:de南へ20km ・断層面上縁深さ:5km ・組合せの時間差:135s 基準津波 K	863s	・断層パターン:7 ・波源位置:矩形モデル(東へ15km) ・アスベリティ位置:de ・断層面上縁深さ:3km ・組合せの時間差:90s 基準津波 L

水位下降側:計4ケースを対象

1. 1 取水口の砂移動評価

1. 基準津波による安全性評価 (砂移動評価)	4
1. 1 取水口の砂移動評価	7
1. 2 取水ピットポンプ室の砂移動評価	17
2. 補足説明資料	25
2. 1 取水口の砂移動評価結果 (データ集)	26
2. 2 取水ピットポンプ室の砂移動評価結果 (データ集)	99
2. 3 高橋ほか (1999) の手法について	118
2. 4 高橋ほか (1999) の手法における浮遊砂濃度の影響評価	122
参考文献	125

1.1 取水口の砂移動評価

計算フロー・計算条件

一部修正 (H26/12/5審査会合)

- 津波の水位変動以外の事象に対する評価として、基準津波に伴う砂移動（海底地形変化）に関する平面二次元数値シミュレーションを実施する。
- 数値シミュレーションは、藤井ほか（1998）及び高橋ほか（1999）の手法に基づき、流体の計算と砂移動の計算を同時に実施する。
- 計算フローを左下図、主な計算条件を右下表に示す。

【計算フロー】

初期条件
(水位, 流速, 初期砂層厚分布)

計算開始 (T=0: 地震発生)

流体の連続式※1

流体の運動方程式※1

流体の計算

※1: 水位変動量を算出対象とした平面二次元数値シミュレーションと同様に、後藤・小川（1982）に基づく非線形長波の連続式及び運動方程式を用いる。

摩擦速度・シールズ数の計算

掃流砂量式

掃流砂層・浮遊砂層間の交換砂量式

掃流砂量・巻き上げ量の調整

浮遊砂層の流砂連続式

掃流砂層の流砂連続式

水深の変更

砂移動の計算

T=T+Δt

No

計算終了※2

※2: 設定した計算時間（地震発生後3時間）に達するまでループする。

計算結果出力

- 砂の堆積厚さ
- 浮遊砂濃度

【主な計算条件】

項目	設定値
評価手法	○藤井ほか（1998） ○高橋ほか（1999）
計算時間間隔 Δt	0.05s
沖側境界条件	○津波の数値シミュレーションで得られる水位及び線流量を境界条件として入力する。 ○解析領域境界での砂の流入出を考慮する。
陸側境界条件	小谷ほか（1998）の遡上境界条件
浮遊砂上限濃度	○藤井ほか（1998）：1%, 5% ○高橋ほか（1999）：1%
計算時間	地震発生後3時間※3 ※3: 水位変動量を算出対象とした平面二次元数値シミュレーションと同様とした。 なお、解析結果より、砂の堆積厚が変動しなくなることを確認している（P62～97参照）。
初期砂層厚	砂層は無限に供給されるものとして設定する。
計算格子間隔	5m
解析領域	P11参照

1.1 取水口の砂移動評価

計算条件(1/4) 砂移動計算

一部修正 (H28/2/5審査会合)

○藤井ほか(1998)及び高橋ほか(1999)の手法を下表に示す。

	藤井ほか(1998)の手法	高橋ほか(1999)の手法
地盤高の連続式	$\frac{\partial Z}{\partial t} + \alpha \left(\frac{\partial Q}{\partial x} \right) + \frac{E - S}{\sigma(1 - \lambda)} = 0$	$\frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{1}{1 - \lambda} \left(\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{E - S}{\sigma} \right) = 0$
浮遊砂濃度連続式	$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial(UC)}{\partial x} - \frac{E - S}{D} = 0$	$\frac{\partial(C_s D)}{\partial t} + \frac{\partial(MC_s)}{\partial x} - \frac{E - S}{\sigma} = 0$
掃流砂量式	小林ほか(1996)の実験式 $Q = 80\tau_*^{1.5}\sqrt{sgd^3}$	高橋ほか(1999)の実験式 $Q = 21\tau_*^{1.5}\sqrt{sgd^3}$
巻き上げ量の算定式	$E = \frac{(1 - \alpha)Qw^2\sigma(1 - \lambda)}{Uk_z \left[1 - \exp\left\{ \frac{-wD}{k_z} \right\} \right]}$	$E = 0.012\tau_*^2\sqrt{sgd} \cdot \sigma$
沈降量の算定式	$S = wC_b$	$S = wC_s \cdot \sigma$
摩擦速度の計算式	log-wake 則を鉛直方向に積分した式より算出	マニング則より算出 $u_* = U \sqrt{gn^2/D^{1/3}}$

Z : 水深変化量 (m) t : 時間 (s)

Q : 単位幅, 単位時間当たりの掃流砂量 (m³/s/m) σ : 砂の密度 (=2.744g/cm³, 自社調査結果より(次頁参照))

d : 砂の粒径 (=0.154mm, 自社調査結果より(次頁参照))

U : 流速 (m/s) D : 全水深 (m)

 λ : 空隙率 (=0.4, 藤井ほか(1998)より)n : Manningの粗度係数 (=0.03s/m^{1/3}, 土木学会(2016)より) α : 局所的な外力のみに移動を支配される成分が全流砂量に占める比率 (=0.1, 藤井ほか(1998)より)

w : 土粒子の沈降速度 (Rubey式より算出) (m/s)

 k_z : 鉛直拡散係数 (=0.2 $\kappa u_* h$, 藤井ほか(1998)より) (m²/s) κ : カルマン定数 (=0.4, 藤井ほか(1998)より) C, C_b : 浮遊砂濃度, 底面浮遊砂濃度 (藤井ほか(1998)より浮遊砂濃度から算出) (kg/m³) C_s : 浮遊砂体積濃度log-wake則: 対数則 $u_* / U = \kappa / (\ln(h/z_0) - 1)$ にwake関数 (藤井ほか(1998)より) を付加した式

x : 平面座標

 τ_* : シールズ数 s : $= \sigma / \rho - 1$ g : 重力加速度 (m/s²) ρ : 海水の密度 (=1.03g/cm³)M : 単位幅あたりの流量 (m²/s) z_0 : 粗度高さ (=ks/30) (m)ks : 相当粗度 (= (7.66ng^{1/2})⁶) (m)

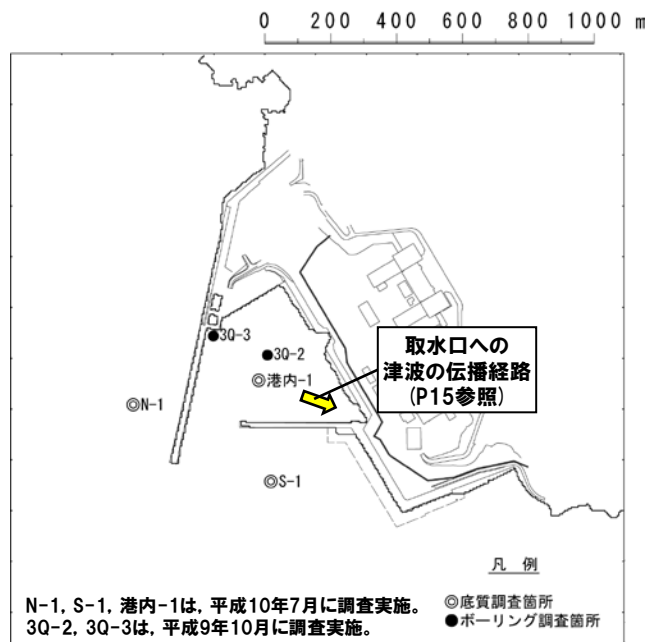
h : 水深 (m)

1. 1 取水口の砂移動評価

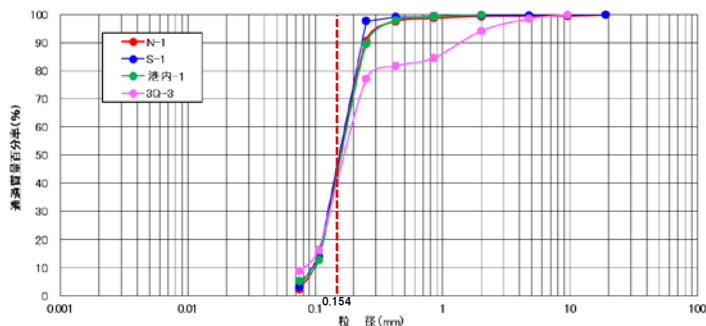
計算条件 (2/4) 砂の粒経・密度

一部修正 (H26/12/5審査会合)

- 泊発電所の底質分布調査・地質調査結果に基づき、砂の粒経 σ 、砂の密度 d を設定する。
- 調査位置の設定に当たっては、取水口への津波の伝播経路として、防波堤の内側の砂が移動することで取水口の砂の堆積厚さへの影響が大きくなる (P15参照) ことから、防波堤の内側 (港内-1, 3Q-2, 3Q-3) を基本に、防波堤の外側 (N-1, S-1) も加えた調査位置とした。



調査位置図



粒径加積曲線

【底質分布調査・地質調査結果】

測定地点	中央粒径 D_{50} (mm)
N-1	0.156
S-1	0.133
港内-1	0.157
3Q-3	0.171

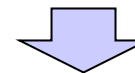
D_{50} 平均	0.154※
-------------	--------

※粒径はばらつきを有するものの、基本ケースとしては、中央粒径 D_{50} 、かつ、その平均値を用いることが適切と考えている。

(なお、粒径の不確かさとして、 D_{10} 、 D_{90} と設定した場合の影響評価も実施したうえで、中央粒径 D_{50} を用いることが適切であることを別途確認している (P16参照))。

測定地点	深さ (m)	密度 ρ (g/cm ³)
3Q-2	2.15 ~ 2.43	2.726
	8.15 ~ 8.45	2.734
	11.85 ~ 12.15	2.719
	13.15 ~ 13.45	2.717
3Q-3	5.00 ~ 6.20	2.776
	3.15 ~ 3.45	2.798
	6.15 ~ 6.39	2.733
	9.15 ~ 9.31	2.734
	13.15 ~ 13.45	2.760

密度平均 2.744



設定値

項目	設定値	設定根拠
砂の粒経 σ	0.154 (mm)	○N-1, S-1, 港内-1及び3Q-3の調査結果による中央粒径 D_{50} の平均値を用いた。
砂の密度 d	2.744 (g/cm ³)	○3Q-2及び3Q-3の調査結果による密度 ρ の平均値を用いた。

1. 1 取水口の砂移動評価

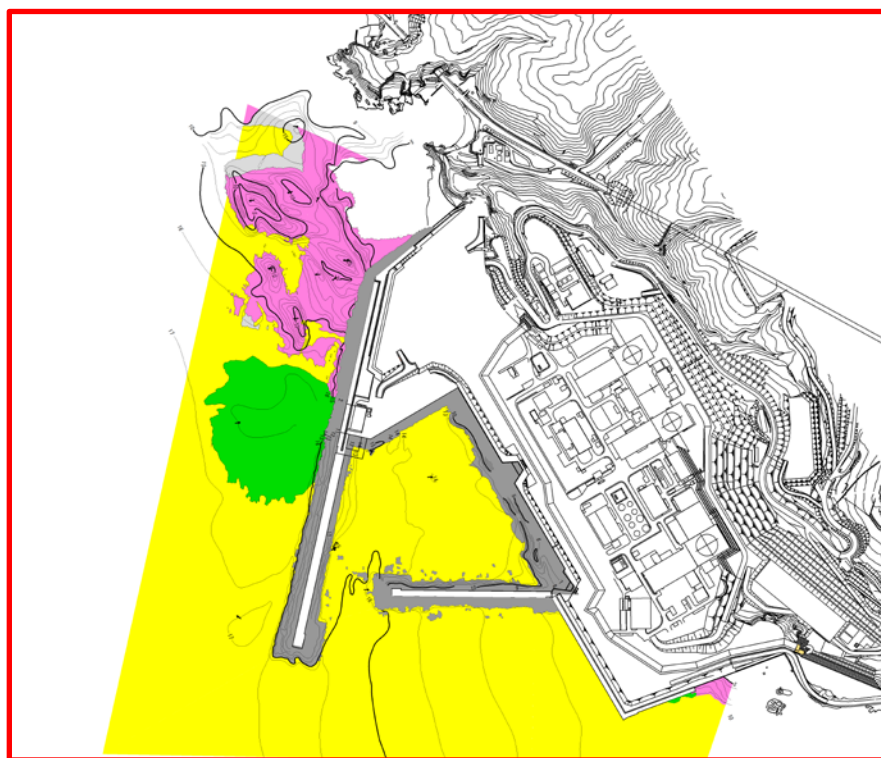
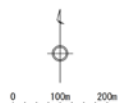
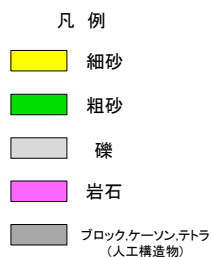
計算条件 (3/4) 初期砂層分布

一部修正 (H26/12/5審査会合)

○砂移動解析に当たっては、保守的な評価をする観点から「礫」も含めた「粗砂及び細砂」の分布域を、初期砂層分布として設定した。

○なお、初期砂層分布は、以下を参照して設定している。

- 泊発電所周辺の底質分布 (当社が実施した底質調査結果, 左下図) を参照し、「礫」は砂ではないものの保守的な評価をする観点から、解析上において砂として扱う。



【泊発電所周辺の底質分布 (当社が実施した底質調査結果)】



【砂移動解析領域における初期砂層分布】

1.1 取水口の砂移動評価

計算条件(4/4) 浮遊砂上限濃度

○評価に用いる高橋ほか(1999)の浮遊砂上限濃度について、砂移動評価に関する論文を整理した。

- 1960年チリ地震津波による気仙沼湾(玉田ほか(2009))、八戸港(藤田ほか(2010))の再現解析結果から、浮遊砂上限濃度5%は過大評価になると考えられる。
- 上記事例に加え、2011年東北地方太平洋沖地震津波による宮古港(近藤ほか(2012))、気仙沼湾(森下・高橋(2014))の再現解析結果から、浮遊砂上限濃度1%は妥当な設定値であると考えられる。

検証箇所 (検証津波)	文献	計算使用 砂粒径	計算格子 間隔	計算手法		浮遊砂上限濃度に関する評価
				砂移動モデル	浮遊砂上限濃度	
気仙沼湾 (1960年チリ地震津波)	玉田ほか (2009)	0.001~1mm	25m, 5m	高橋ほか(1999)	1%, 5%	○計算格子間隔が5mの場合、浮遊砂上限濃度5%では実績値より浸食深を過大に評価している。
八戸港 (1960年チリ地震津波)	藤田ほか (2010)	0.26mm	10.3m	高橋ほか(1999)	1%, 2%, 5%	○浮遊砂上限濃度5%は過大に評価している。 ○浮遊砂上限濃度1.2%の場合の再現性は良好である。
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	高橋ほか(1999)	1%	○土砂移動の全体的な傾向は良く一致している。 ○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く一致している。
気仙沼湾 (2011年東北地方太平洋沖地震津波)	森下・高橋 (2014)	0.3mm	10m	高橋ほか(1999)	1% 可変 ^{※1}	○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つを抽出した。 ○上記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している。 ○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している。

※1: 試行的に $C_{sat} = \alpha \times \sqrt{U^2 + V^2}$ と規定 (C_{sat} : 飽和浮遊砂濃度, U, V : 断面平均流速 (m/s), $\alpha = 0.01$)

○以上より、高橋ほか(1999)の手法に基づく評価においては、観測データが充実している2011年東北地方太平洋沖地震津波による宮古港(近藤ほか(2012))、気仙沼湾(森下・高橋(2014))の再現解析結果に基づき、浮遊砂上限濃度1%を基本^{※2}として評価を実施する。

※2: 影響評価として、高橋ほか(1999)の手法における浮遊砂上限濃度を3%とした場合の評価を実施している(詳細はP123, 124参照)。

1. 1 取水口の砂移動評価

評価結果 (1/3) 取水口の砂の堆積厚さ一覧

○基準津波の18ケース (P6参照) を対象に、藤井ほか (1998) 及び高橋ほか (1999) の手法に基づき数値シミュレーションを実施し、取水口の砂の堆積厚さを算定した。

ケース	評価手法	浮遊砂 上限濃度	取水口の 砂の堆積厚さ (m)	評価結果詳細 (補足説明資料掲載P)
基準津波A (健全地形モデル)	藤井ほか (1998)	1%	0.01	P26参照
		5%	0.01	P26参照
	高橋ほか (1999)	1%	0.21	P27参照
基準津波B (健全地形モデル)	藤井ほか (1998)	1%	0.00	P28参照
		5%	0.00	P28参照
	高橋ほか (1999)	1%	0.15	P29参照
基準津波B (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル③)	藤井ほか (1998)	1%	0.04	P30参照
		5%	0.04	P30参照
	高橋ほか (1999)	1%	0.29	P31参照
基準津波C (健全地形モデル)	藤井ほか (1998)	1%	0.01	P32参照
		5%	0.01	P32参照
	高橋ほか (1999)	1%	0.22	P33参照
基準津波D (健全地形モデル)	藤井ほか (1998)	1%	0.02	P34参照
		5%	0.02	P34参照
	高橋ほか (1999)	1%	0.13	P35参照
基準津波D (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル①)	藤井ほか (1998)	1%	0.02	P36参照
		5%	0.02	P36参照
	高橋ほか (1999)	1%	0.44	P37及び次頁参照
基準津波D (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル②)	藤井ほか (1998)	1%	0.03	P38参照
		5%	0.03	P38参照
	高橋ほか (1999)	1%	0.30	P39参照
基準津波D (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル③)	藤井ほか (1998)	1%	0.02	P40参照
		5%	0.02	P40参照
	高橋ほか (1999)	1%	0.27	P41参照
基準津波E (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル①)	藤井ほか (1998)	1%	0.06	P42参照
		5%	0.07	P42参照
	高橋ほか (1999)	1%	0.42	P43参照

ケース	評価手法	浮遊砂 上限濃度	取水口の 砂の堆積厚さ (m)	評価結果詳細 (補足説明資料掲載P)
基準津波E (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル②)	藤井ほか (1998)	1%	0.04	P44参照
		5%	0.05	P44参照
	高橋ほか (1999)	1%	0.31	P45参照
基準津波F (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル①)	藤井ほか (1998)	1%	0.07	P46参照
		5%	0.08	P46参照
	高橋ほか (1999)	1%	0.42	P47参照
基準津波F (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル③)	藤井ほか (1998)	1%	0.07	P48参照
		5%	0.08	P48参照
	高橋ほか (1999)	1%	0.33	P49参照
基準津波G (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル②)	藤井ほか (1998)	1%	0.04	P50参照
		5%	0.06	P50参照
	高橋ほか (1999)	1%	0.29	P51参照
基準津波H (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル③)	藤井ほか (1998)	1%	0.02	P52参照
		5%	0.03	P52参照
	高橋ほか (1999)	1%	0.29	P53参照
基準津波I (健全地形モデル)	藤井ほか (1998)	1%	0.00	P54参照
		5%	0.00	P54参照
	高橋ほか (1999)	1%	0.09	P55参照
基準津波J (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル①)	藤井ほか (1998)	1%	0.08	P56参照
		5%	0.08	P56参照
	高橋ほか (1999)	1%	0.41	P57参照
基準津波K (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル②)	藤井ほか (1998)	1%	0.03	P58参照
		5%	0.03	P58参照
	高橋ほか (1999)	1%	0.31	P59参照
基準津波L (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル③)	藤井ほか (1998)	1%	0.11	P60参照
		5%	0.18	P60参照
	高橋ほか (1999)	1%	0.35	P61参照

※1: ケースは、基準津波の18ケース (P6参照) を対象に、基準津波A～Lの順に並び替えを行った (■: 水位上昇側の基準津波、□: 水位下降側の基準津波)。

- 取水口の砂の堆積厚さは、いずれのケースでも、高橋ほか (1999) の手法 (浮遊砂上限濃度: 1%) が厚くなる。
- また、取水口の砂の堆積厚さは、基準津波D (防波堤の損傷を考慮した地形モデル①) の0.44mが最大となる。
- 以上より、取水口の砂の堆積厚さ (最大0.44m) は、取水口高さ (4.20m) ※2に対して十分小さいことから、取水口を閉塞しないことを確認した。

※2: 取水口高さ (4.20m) は、「取水口の上端:T.P.-3.80m」と「取水口の底版の上面:T.P.-8.00m」の差より設定した。

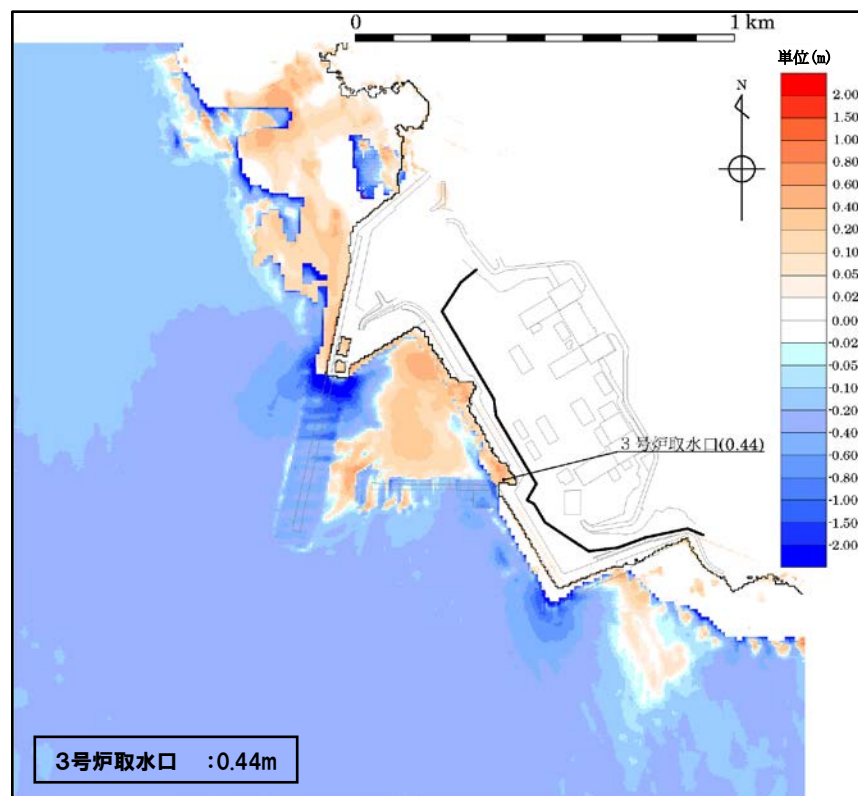
1. 1 取水口の砂移動評価

評価結果 (2/3) 分布図

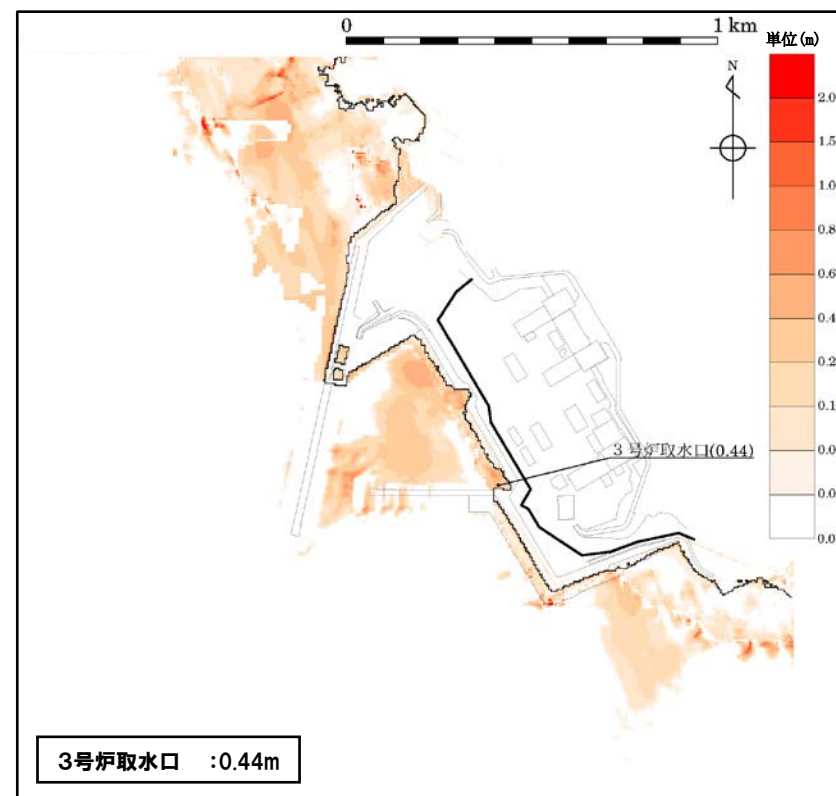
○取水口の砂の堆積厚さが最大となった「基準津波D (防波堤の損傷を考慮した地形モデル①), 高橋ほか (1999) の手法 (浮遊砂上限濃度: 1%)」による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

※その他の条件における3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積分布は, 補足説明資料 (P26~61) を参照。

高橋ほか (1999) の手法 (浮遊砂上限濃度1%)



3時間後の海底地形変化量分布



最大堆積厚分布

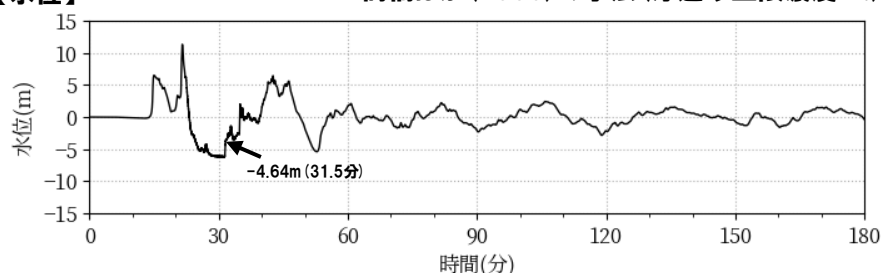
1. 1 取水口の砂移動評価

評価結果 (3/3) 取水口における水位・浮遊砂濃度の分布図

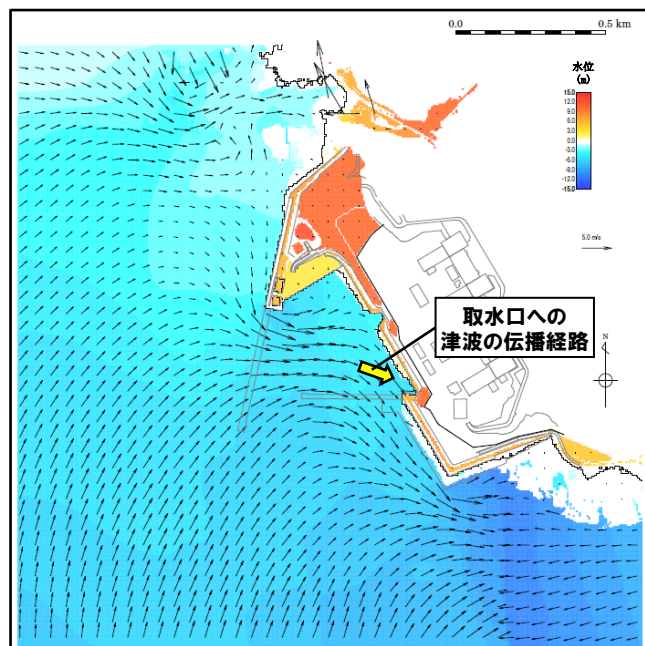
○取水口の砂の堆積厚さが最大となった「基準津波D (防波堤の損傷を考慮した地形モデル①), 高橋ほか (1999) の手法 (浮遊砂上限濃度: 1%)」について, 浮遊砂濃度が最大となる時刻 (地震発生後31.5分) の水位及び浮遊砂濃度の分布図を以下に示す。

○取水口への津波の伝播経路として, 防波堤の内側の砂が移動することで取水口の砂の堆積厚さが厚くなることを確認した。

【水位】 高橋ほか (1999) の手法 (浮遊砂上限濃度1%)

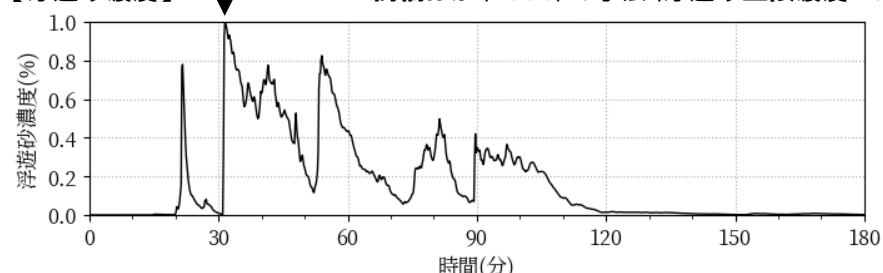


取水口における水位の時刻歴波形

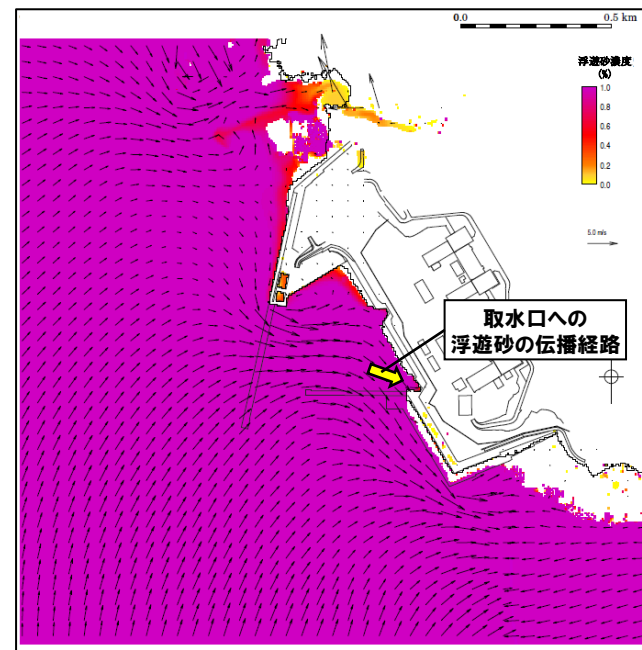


浮遊砂濃度が最大となる時刻 (地震発生後31.5分) の水位分布図

【浮遊砂濃度】 高橋ほか (1999) の手法 (浮遊砂上限濃度1%)



取水口における浮遊砂濃度の時刻歴波形

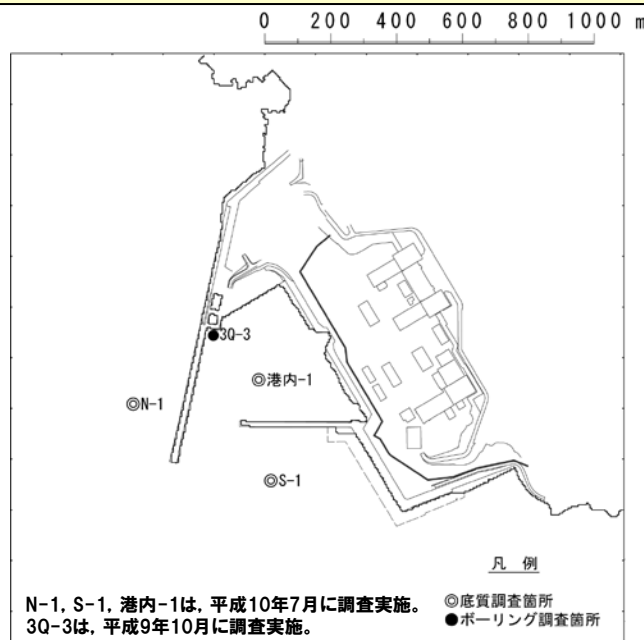


浮遊砂濃度が最大となる時刻 (地震発生後31.5分) の浮遊砂濃度分布図

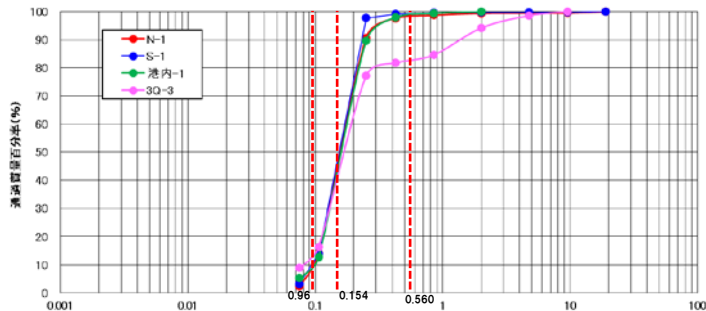
粒径の不確かさの影響確認

○粒径の設定値の違いによる取水口の砂の堆積厚さの影響を確認するため、基本ケース（中央粒径 D_{50} に基づく粒径の設定値0.154mm）に加え、以下の影響確認ケースについて、砂移動（海底地形変化）に関する平面二次元数値シミュレーションを実施した。

- 影響確認ケース①： D_{10} に基づく粒径の設定値0.096mm
- 影響確認ケース②： D_{90} に基づく粒径の設定値0.560mm



【調査位置図】



【粒径加積曲線】

【粒径の設定根拠】

		影響確認ケース①	基本ケース	影響確認ケース②
		D_{10} (mm)	D_{50} (mm)	D_{90} (mm)
測定地点	N-1	0.098	0.156	0.249
	S-1	0.101	0.133	0.237
	港内-1	0.101	0.157	0.258
	3Q-3	0.082	0.171	1.497
平均値		0.096	0.154	0.560

【粒径の不確かさの影響確認結果】

	取水口の砂の堆積厚さ (m)		
	影響確認ケース① (粒径:0.096mm)	基本ケース (粒径:0.154mm)	影響確認ケース② (粒径:0.560mm)
基準津波D (防波堤の損傷を 考慮した地形モデル①)*	0.34	0.44	0.31

*取水口の砂の堆積厚さが最も高くなる条件として、基準津波D（防波堤の損傷を考慮した地形モデル①）、高橋ほか（1999）の手法（浮遊砂上限濃度：1%）を用いて評価した（P13参照）。

- 粒径の不確かさとして、 D_{10} 、 D_{50} 及び D_{90} と設定した場合における取水口の砂の堆積厚さを比較した。
- その比較結果から、砂の堆積厚さが最も厚くなる D_{50} （粒径:0.154mm）が適切であることを確認した。

1. 2 取水ピットポンプ室の砂移動評価

1. 基準津波による安全性評価 (砂移動評価)	4
1. 1 取水口の砂移動評価	7
1. 2 取水ピットポンプ室の砂移動評価	17
2. 補足説明資料	25
2. 1 取水口の砂移動評価結果 (データ集)	26
2. 2 取水ピットポンプ室の砂移動評価結果 (データ集)	99
2. 3 高橋ほか (1999) の手法について	118
2. 4 高橋ほか (1999) の手法における浮遊砂濃度の影響評価	122
参考文献	125

1.2 取水ピットポンプ室の砂移動評価

計算フロー・計算条件

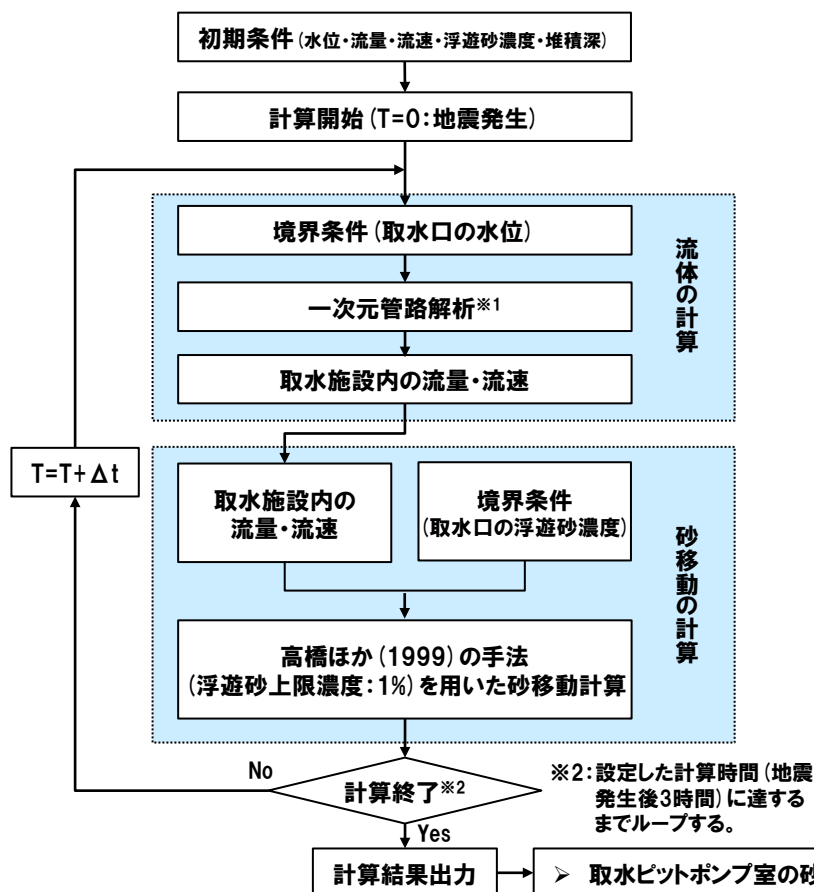
一部修正 (H27/5/15審査会合)

○取水ピットポンプ室における砂の堆積厚さを以下のとおり算出し、原子炉補機冷却海水ポンプの取水に影響が無いことを確認する。

- 流体の計算 : 1.1章の評価から得られる取水口の水位時刻歴波形を境界条件として、砂移動の計算に用いる取水施設内の流量・流速を、取水施設の水利特性を考慮した次元管路解析により算定する。
- 砂移動の計算 : 1.1章の評価から得られる取水口の浮遊砂濃度を境界条件として、高橋ほか(1999)の手法(浮遊砂上限濃度:1%)を用いて、取水ピットポンプ室の砂の堆積厚さを算定する。

○計算フローを左下図、主な計算条件を右下表に示す。

【計算フロー】



【主な計算条件※1】

※1: 耐津波設計方針で用いる管路解析の計算条件と同様にする。

項目	計算条件
計算領域	3号炉取水口～取水路～取水ピット
計算時間間隔	0.005s
基礎方程式	非定常管路及び開水路流れの連続式及び運動方程式(次頁参照)
取水ピット側境界条件 (ポンプ取水量)	以下を踏まえ、水路1連当たり1.0m ³ /sに設定 ➢ 原子炉補機冷却海水ポンプ: 1,700m ³ /h≒0.5m ³ /s×2台 ➢ 循環水ポンプ: 停止※3 ※3: 発電所を含む地域に大津波警報が発表された際に、循環水ポンプを停止する運用を定める。
摩擦損失係数 (マンニングの粗度係数)	0.014m ^{-1/3} ・s
貝の付着代	貝の付着対策を実施していることから、貝の付着代は考慮しない。
局所損失係数	電力土木技術協会(1995), 千秋(1967), 土木学会(1999)による。
想定する潮位条件	○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
地殻変動条件	地殻変動量を砂の堆積厚さに加算・減算しない。
計算時間	地震発生後3時間※4 ※4: 水位変動量を算出対象とした平面二次元数値シミュレーションと同様とした。 なお、解析結果より、砂の堆積厚が変動しなくなることを確認している(P100～117参照)。

➢ 取水ピットポンプ室の砂の堆積厚さ

1.2 取水ピットポンプ室の砂移動評価

計算条件 (管路解析方法)

- 取水口の水位時刻歴波形を入力条件, 取水ピットポンプ室におけるポンプ取水量を境界条件として, 管路解析を実施する。
- 津波の流況に応じて, 開水路区間と管路区間が混在するため, 微小区間に分割した水路の各部分が, 開水路状態か管路状態かを逐次判定し, 以下の区間に応じて, 以下のとおり計算する。
 - 開水路区間 : 開水路の一次元不定流の式により流量・水位を計算する。
 - 管路区間 : その上下流端の開水路区間の水位 (自由水面の水位) を境界条件として流量を計算する。

【基礎方程式】

【開水路】

・ 運動方程式

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gA \left(\frac{n^2 |v|v}{R^{4/3}} + \frac{1}{\Delta x} f \frac{|v|v}{2g} \right) = 0$$

・ 連続式

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

【管路】

・ 運動方程式

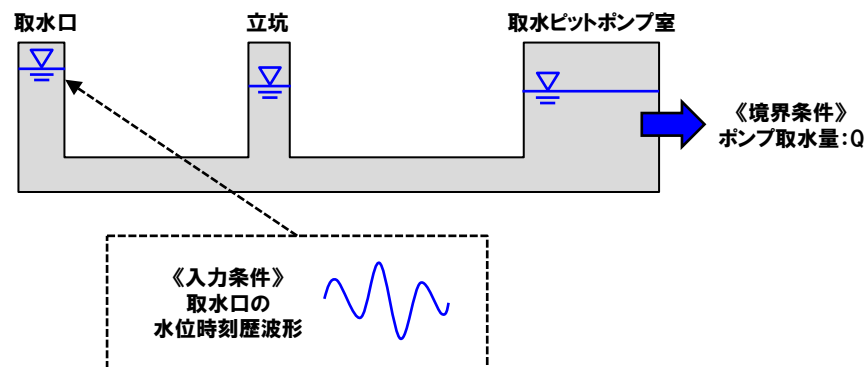
$$\frac{\partial Q}{\partial t} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gA \left(\frac{n^2 |v|v}{R^{4/3}} + \frac{1}{\Delta x} f \frac{|v|v}{2g} \right) = 0$$

・ 連続式

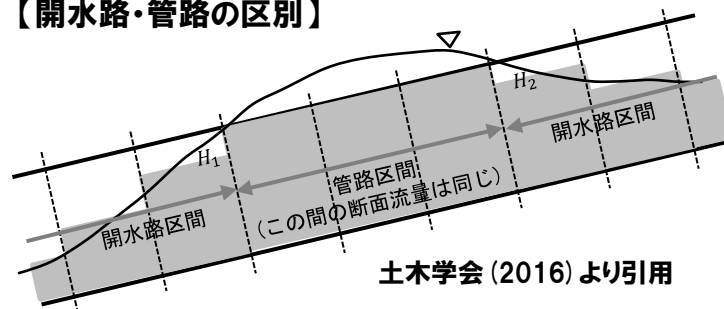
$$\frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

ここに, t : 時間, Q : 流量, v : 流速, x : 管底に沿った座標, A : 流水断面積
 H : 圧力水頭+位置水頭 (管路の場合), 位置水頭 (開水路の場合)
 z : 管底高, g : 重力加速度, n : マニングの粗度係数, R : 径深
 Δx : 水路の流れ方向の長さ, f : 局所損失係数

【管路解析モデルイメージ】



【開水路・管路の区別】



土木学会 (2016) より引用

1.2 取水ピットポンプ室の砂移動評価

評価結果(1/4) 取水ピットポンプ室の砂の堆積厚さ一覧

○基準津波の18ケース(P6参照)を対象に、高橋ほか(1999)の手法(浮遊砂上限濃度1%)に基づき数値シミュレーションを実施し、取水ピットポンプ室の砂の堆積厚さを算定した。

ケース	評価手法	浮遊砂 上限濃度	取水ピットポンプ室の 砂の堆積厚さ(m)	評価結果詳細 (補足説明資料掲載P)	ケース	評価手法	浮遊砂 上限濃度	取水ピットポンプ室の 砂の堆積厚さ(m)	評価結果詳細 (補足説明資料掲載P)
基準津波A (健全地形モデル)	高橋ほか (1999)	1%	0.01	P100参照	基準津波E (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル②)	高橋ほか (1999)	1%	0.02	P109参照
基準津波B (健全地形モデル)			0.01	P101参照	基準津波F (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル①)			0.04 (0.043)	P110及び次頁参照
基準津波B (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル③)			0.03	P102参照	基準津波F (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル③)			0.03	P111参照
基準津波C (健全地形モデル)			0.01	P103参照	基準津波G (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル②)			0.01	P112参照
基準津波D (健全地形モデル)			0.01	P104参照	基準津波H (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル③)			0.03	P113参照
基準津波D (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル①)			0.02	P105参照	基準津波I (健全地形モデル)			0.01	P114参照
基準津波D (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル②)			0.01	P106参照	基準津波J (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル①)			0.03	P115参照
基準津波D (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル③)			0.02	P107参照	基準津波K (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル②)			0.02	P116参照
基準津波E (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル①)			0.04 (0.042)	P108参照	基準津波L (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル③)			0.03	P117参照

※1:ケースは、基準津波の18ケース(P6参照)を対象に、基準津波A～Lの順に並び替えを行った(□:水位上昇側の基準津波(期望平均満潮位を考慮)、□:水位下降側の基準津波(期望平均干潮位を考慮))。

○取水ピットポンプ室の砂の堆積厚さは、基準津波F(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)の0.04mが最大となる。

○取水ピットポンプ室の砂の堆積厚さ(最大0.04m)は、原子炉補機冷却海水ポンプの呑口高さ(2.50m)^{※2}に対して十分小さいことから、砂移動によりポンプの取水に影響がないことを確認した。

※2:原子炉補機冷却海水ポンプの呑口高さ(2.50m)は、「原子炉補機冷却海水ポンプ呑口下端:T.P.-8.10m」と「取水ピットポンプ室の底版の上面:T.P.-10.60m」の差より設定した。

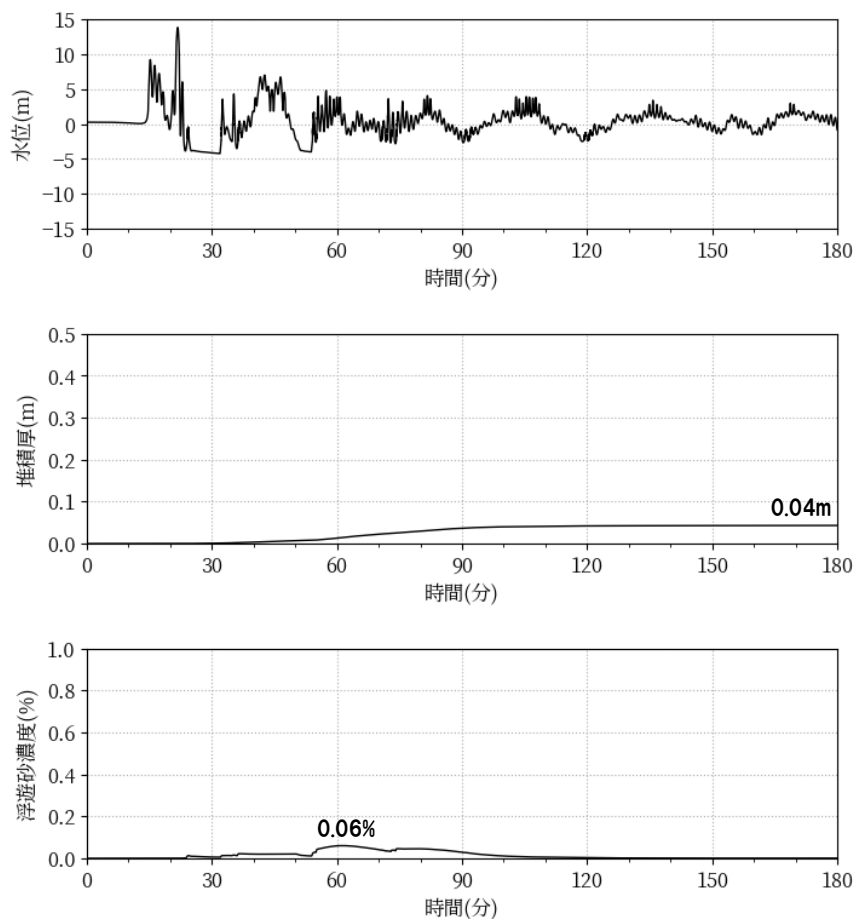
1.2 取水ピットポンプ室の砂移動評価

評価結果(2/4) 取水ピットポンプ室における時刻歴波形

○取水ピットポンプ室における砂の堆積厚さが最大となった基準津波F(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)について、取水ピットポンプ室の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

※その他の条件における取水ピットポンプ室の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形は、補足説明資料(P100～117)を参照。

高橋ほか(1999)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



基準津波F(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)

1.2 取水ピットポンプ室の砂移動評価

評価結果 (3/4) 水路縦断方向の砂の堆積厚分布

【評価内容】

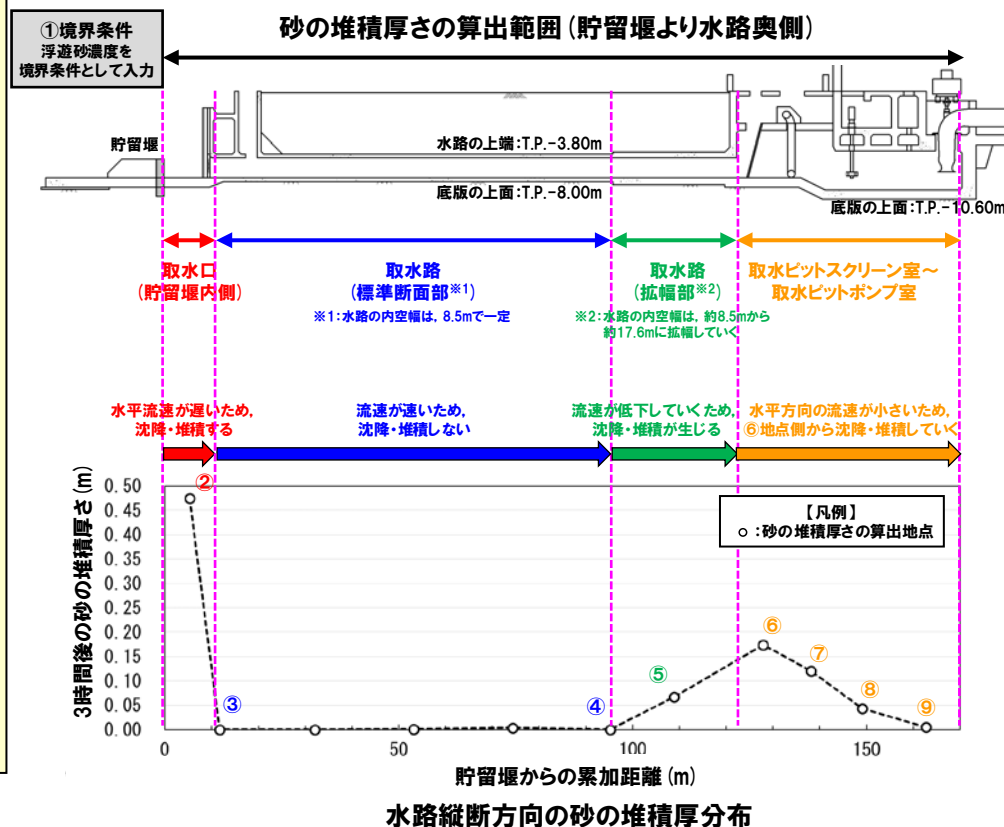
○取水ピットポンプ室における砂の堆積厚さが最大となった基準津波F(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)について、水路縦断方向の砂の堆積厚分布を整理した。

➢なお、貯留堰より沖側(右上図の①地点を参照)に、境界条件として浮遊砂濃度を入力しているため、砂の堆積厚さの算出範囲は、貯留堰より水路奥側(右下図の②～⑨地点を参照)となる。

【砂の堆積厚の考察】

○各区分について、考察した結果は、以下のとおりである。

- 「取水口(貯留堰内側, 図中②地点)」では、水平流速が遅いため、砂が沈降・堆積する。
- 「取水路(標準断面部, 図中の③～④地点)」では、水路断面積が小さく、水平流速が速いため、砂が沈降・堆積しない。
- 「取水路(拡幅部, 図中の⑤地点)」では、取水路(標準断面部)と比較して、水路奥側に向かって水路断面積が大きくなっていき水平流速も低下していくため、砂の沈降・堆積が生じ始める。
- 「取水ピットスクリーン室～取水ピットポンプ室(図中の⑥～⑨地点)」では、水路の最も奥になり、水平方向の流速が遅いため、水路入口側(⑥地点側)から砂が沈降・堆積していく※。



※本資料における「取水ピットポンプ室の砂の堆積厚さ」は、取水ピットポンプ室の底版の上面がT.P.-10.60mの範囲(⑧地点及び⑨地点)のうち、堆積厚さが最大となる⑧地点の値を用いている。

1.2 取水ピットポンプ室の砂移動評価

評価結果 (4/4) 水路の各地点における浮遊砂濃度の時刻歴波形

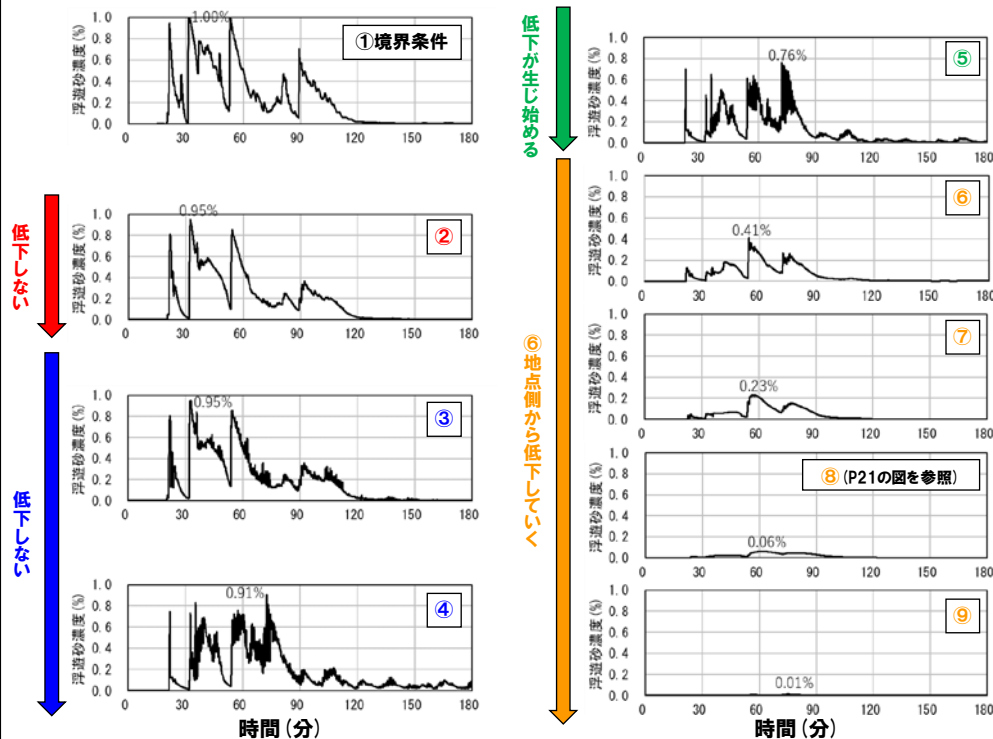
【評価内容】

○取水ピットポンプ室における砂の堆積厚さが最大となった基準津波F(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)について、水路の各地点における浮遊砂濃度の時刻歴波形を整理した(算出地点は前頁参照)。

【浮遊砂濃度の考察】

○各区間について、前頁(砂の堆積厚)と併せて考察した結果は、以下のとおりである。

- 「取水口(貯留堰内側、図中②地点)」では、砂が沈降・堆積するものの、水路方向の区間距離が短いため、浮遊砂濃度が低下せずに、取水路(標準断面部)に流入する。
- 「取水路(標準断面部、図中の③～④地点)」では、砂が沈降・堆積しないため、浮遊砂濃度が低下せずに、取水路(拡幅部)に流入する。
- 「取水路(拡幅部、図中の⑤地点)」では、水路奥側に向かって砂の沈降・堆積が生じ始めるため、浮遊砂濃度も低下が生じ始める。
- 「取水ピットスクリーン室～取水ピットポンプ室(図中の⑥～⑨地点)」では、水路入口側(⑥地点側)から砂が沈降・堆積していくため、浮遊砂濃度も低下していく。



浮遊砂濃度の時刻歴波形 (算出地点は前頁参照)

余白

2. 補足説明資料

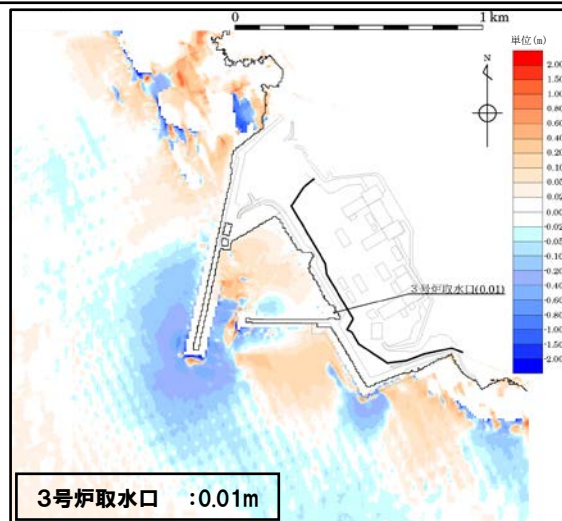
1. 基準津波による安全性評価（砂移動評価）	4
1. 1 取水口の砂移動評価	7
1. 2 取水ピットポンプ室の砂移動評価	17
2. 補足説明資料	25
2. 1 取水口の砂移動評価結果（データ集）	26
2. 2 取水ピットポンプ室の砂移動評価結果（データ集）	99
2. 3 高橋ほか（1999）の手法について	118
2. 4 高橋ほか（1999）の手法における浮遊砂濃度の影響評価	122
参考文献	125

2. 1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

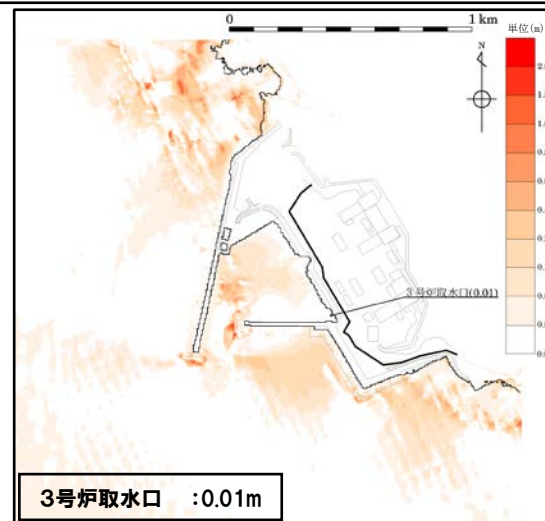
堆積浸食分布図(1/36) 基準津波A(健全地形モデル)

○基準津波A(健全地形モデル)による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

藤井ほか(1998)の手法
(浮遊砂上限濃度1%)

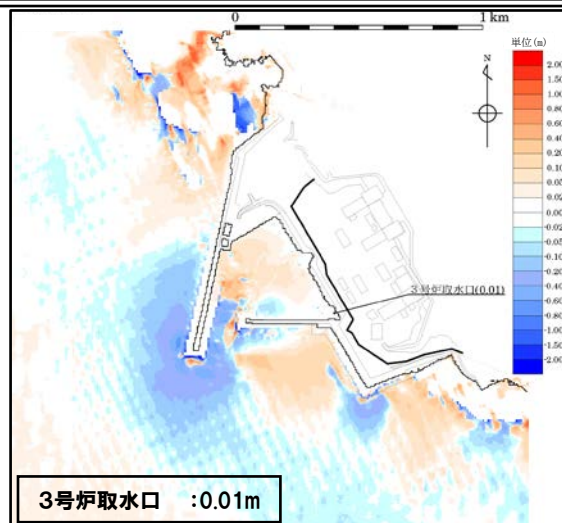


3時間後の海底地形変化量分布

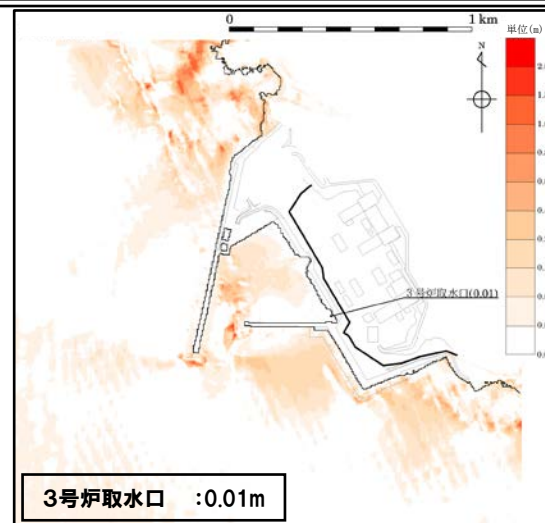


最大堆積厚分布

藤井ほか(1998)の手法
(浮遊砂上限濃度5%)



3時間後の海底地形変化量分布



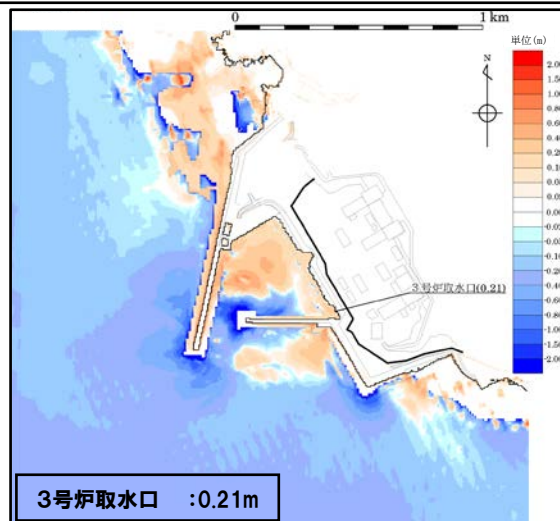
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果 (データ集)

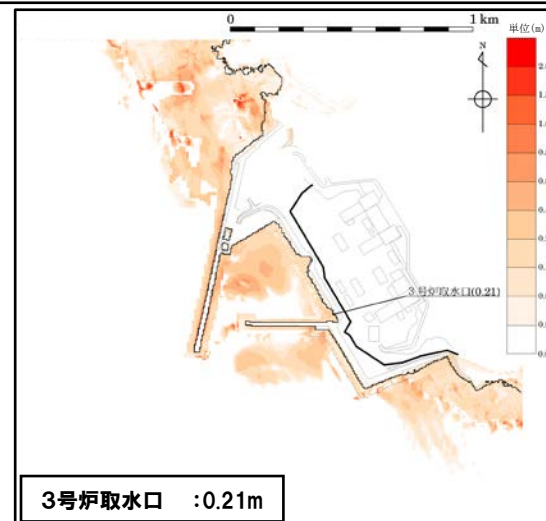
堆積浸食分布図 (2/36) 基準津波A (健全地形モデル)

○基準津波A (健全地形モデル) による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

高橋ほか (1999) の手法
(浮遊砂上限濃度1%)



3時間後の海底地形変化量分布



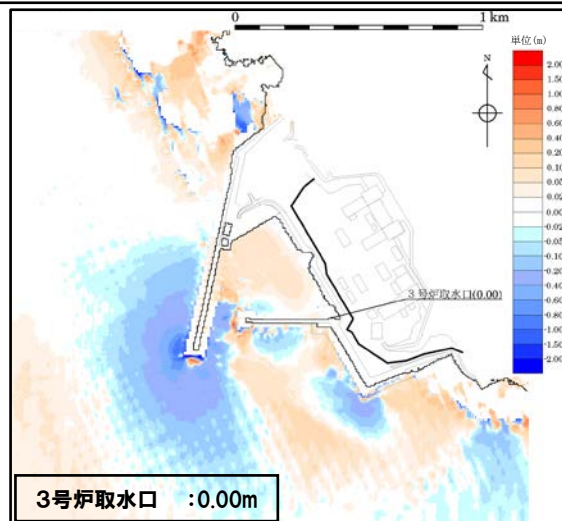
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

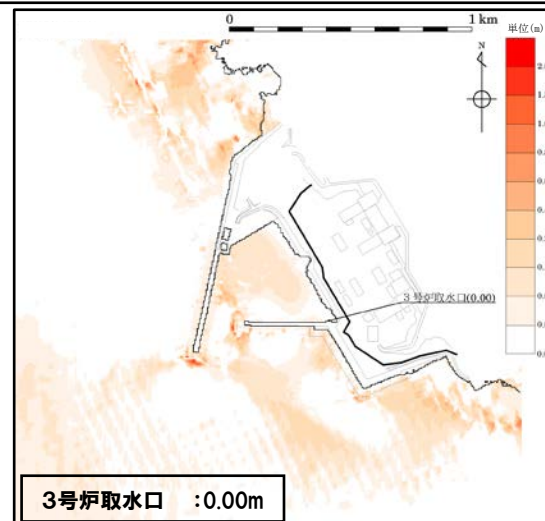
堆積浸食分布図(3/36) 基準津波B(健全地形モデル)

○基準津波B(健全地形モデル)による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

藤井ほか(1998)の手法
(浮遊砂上限濃度1%)

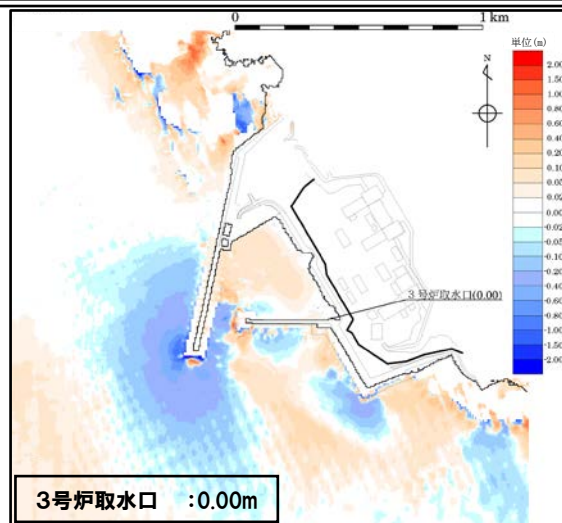


3時間後の海底地形変化量分布

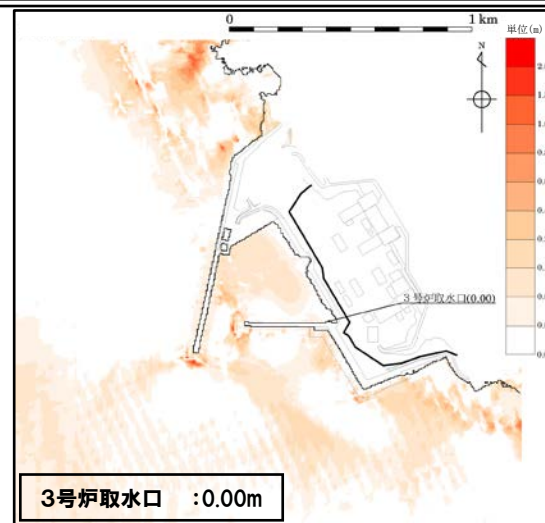


最大堆積厚分布

藤井ほか(1998)の手法
(浮遊砂上限濃度5%)



3時間後の海底地形変化量分布



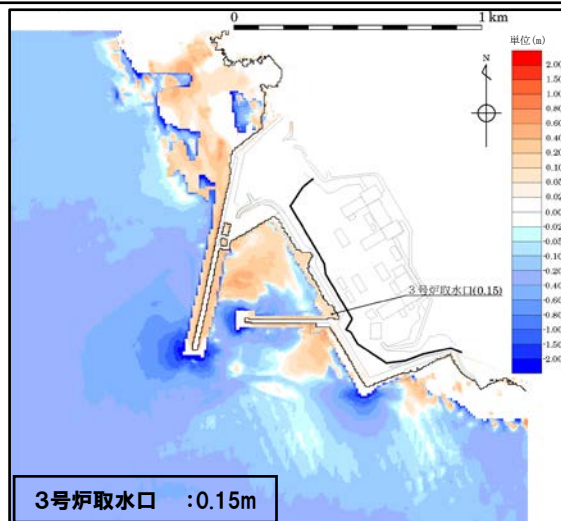
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果 (データ集)

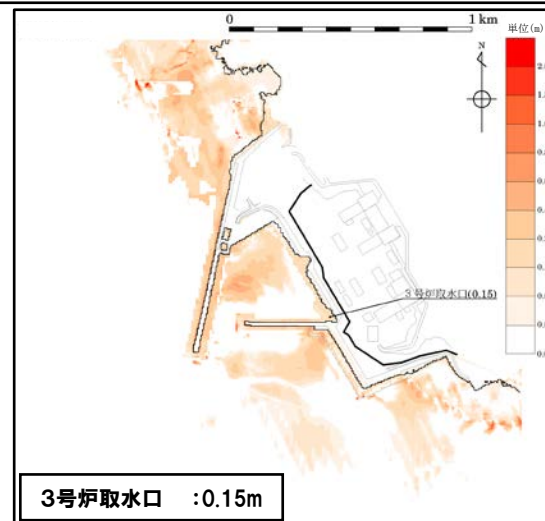
堆積浸食分布図 (4/36) 基準津波B (健全地形モデル)

○基準津波B (健全地形モデル) による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法
(浮遊砂上限濃度1%)



3時間後の海底地形変化量分布



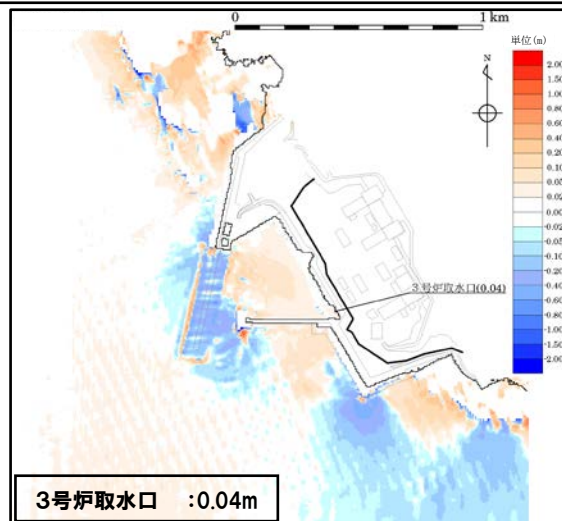
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

堆積浸食分布図(5/36) 基準津波B(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

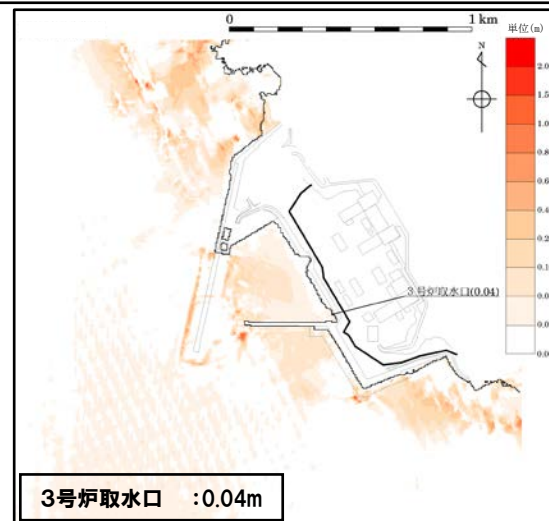
○基準津波B(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

藤井ほか(1998)の手法
(浮遊砂上限濃度1%)



3号炉取水口 :0.04m

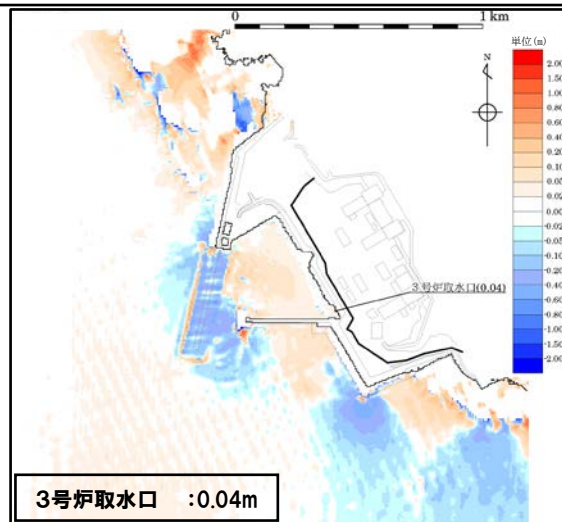
3時間後の海底地形変化量分布



3号炉取水口 :0.04m

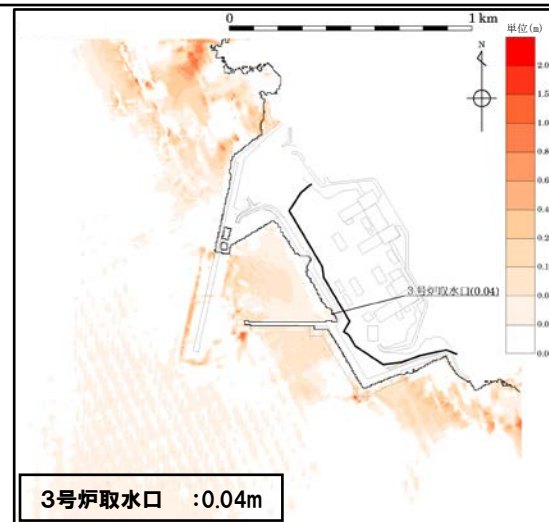
最大堆積厚分布

藤井ほか(1998)の手法
(浮遊砂上限濃度5%)



3号炉取水口 :0.04m

3時間後の海底地形変化量分布



3号炉取水口 :0.04m

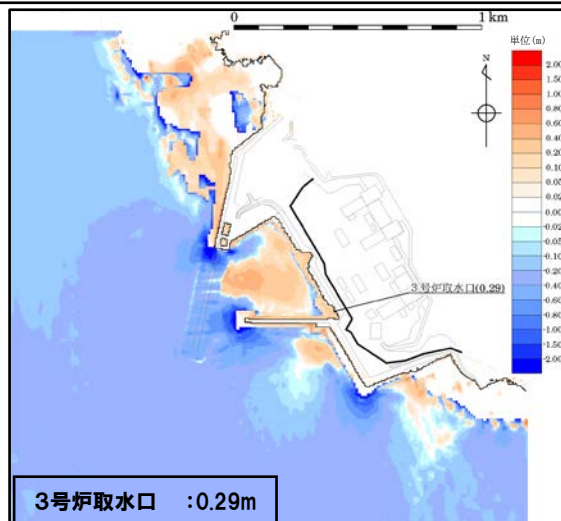
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果 (データ集)

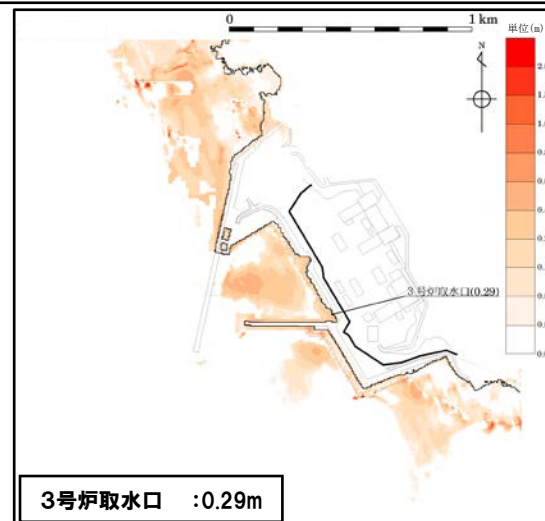
堆積浸食分布図 (6/36) 基準津波B (防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

○基準津波B (防波堤の損傷を考慮した地形モデル③) による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法
(浮遊砂上限濃度1%)



3時間後の海底地形変化量分布



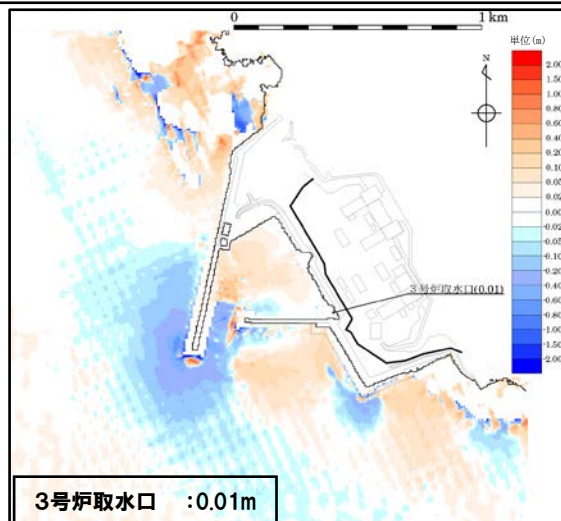
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

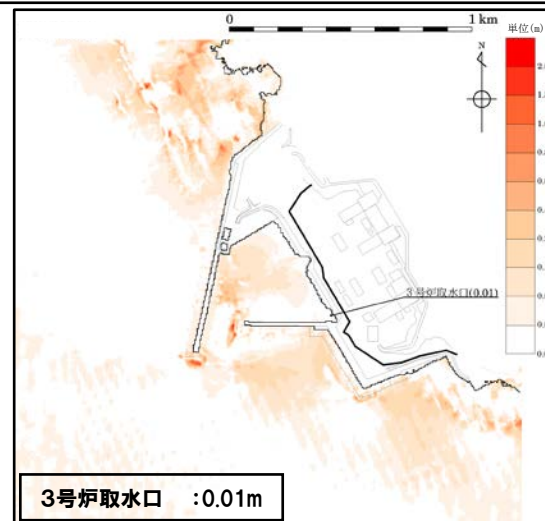
堆積浸食分布図(7/36) 基準津波C(健全地形モデル)

○基準津波C(健全地形モデル)による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

藤井ほか(1998)の手法
(浮遊砂上限濃度1%)

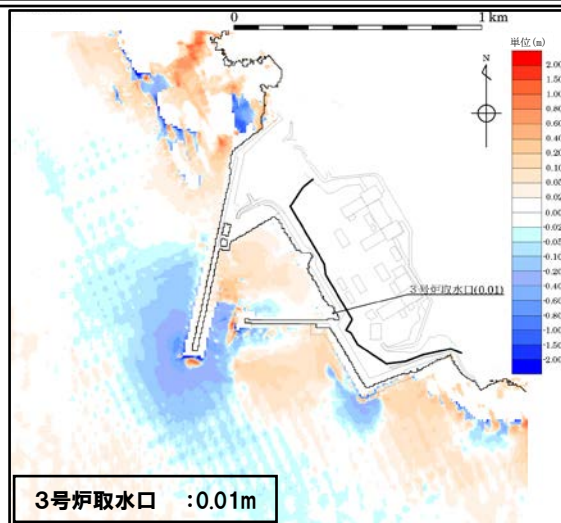


3時間後の海底地形変化量分布

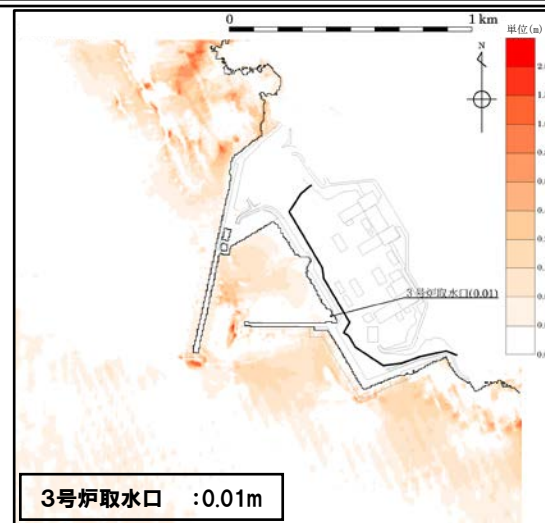


最大堆積厚分布

藤井ほか(1998)の手法
(浮遊砂上限濃度5%)



3時間後の海底地形変化量分布



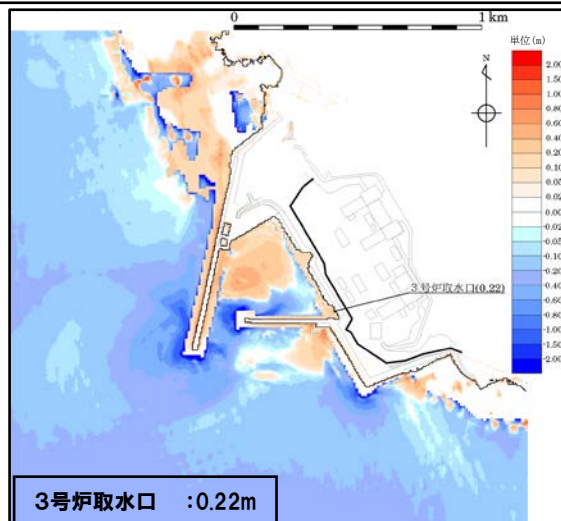
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果 (データ集)

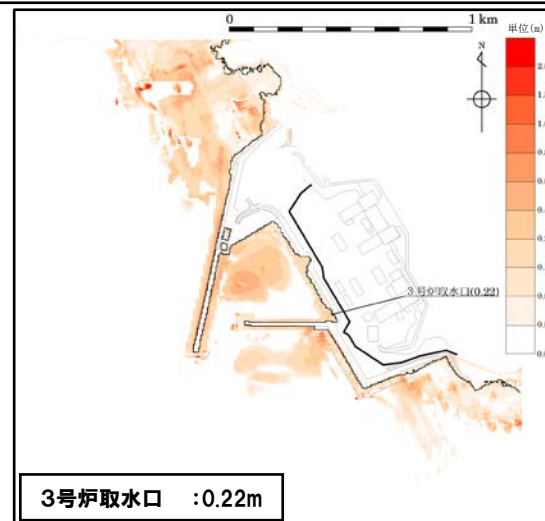
堆積浸食分布図 (8/36) 基準津波C (健全地形モデル)

○基準津波C (健全地形モデル) による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法
(浮遊砂上限濃度1%)



3時間後の海底地形変化量分布



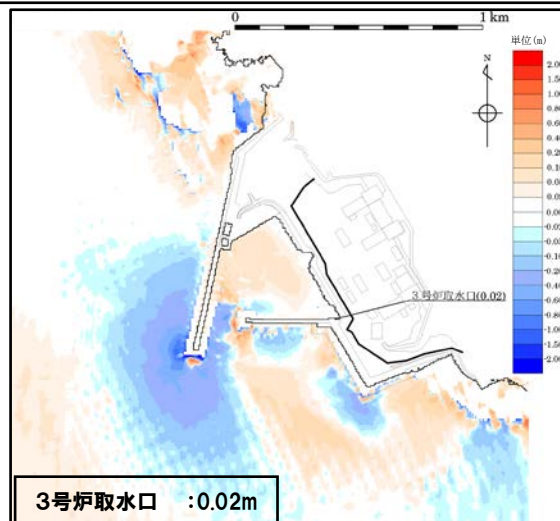
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

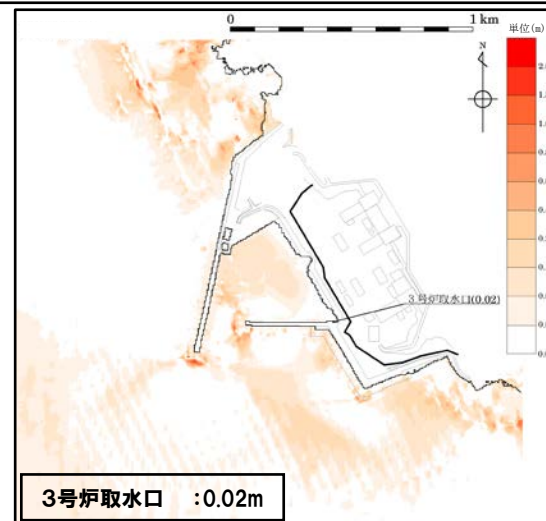
堆積浸食分布図(9/36) 基準津波D(健全地形モデル)

○基準津波D(健全地形モデル)による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

藤井ほか(1998)の手法
(浮遊砂上限濃度1%)

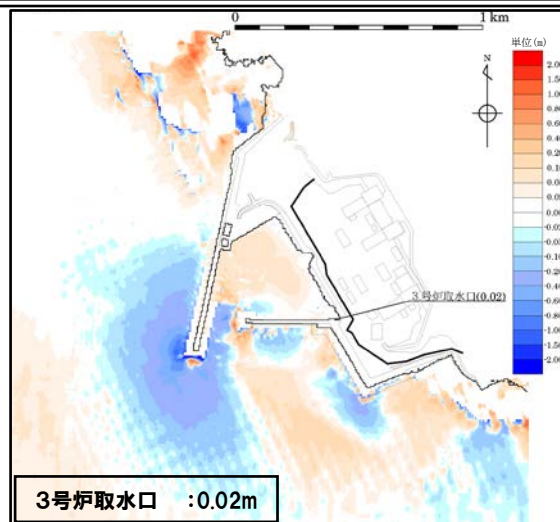


3時間後の海底地形変化量分布

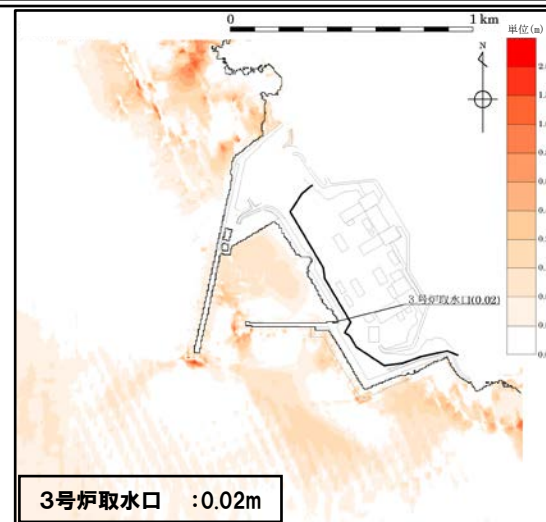


最大堆積厚分布

藤井ほか(1998)の手法
(浮遊砂上限濃度5%)



3時間後の海底地形変化量分布



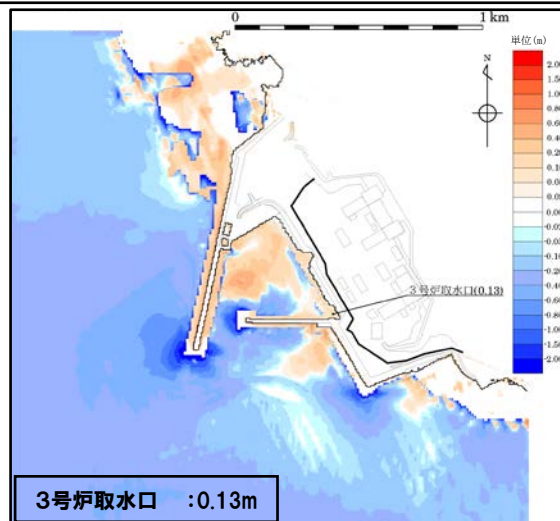
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果 (データ集)

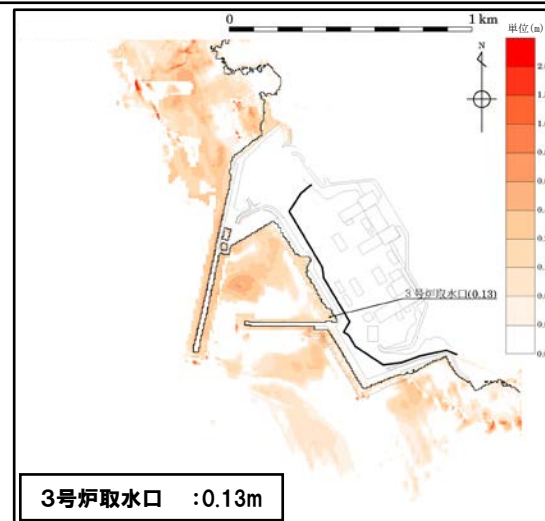
堆積浸食分布図 (10/36) 基準津波D (健全地形モデル)

○基準津波D (健全地形モデル) による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法
(浮遊砂上限濃度1%)



3時間後の海底地形変化量分布



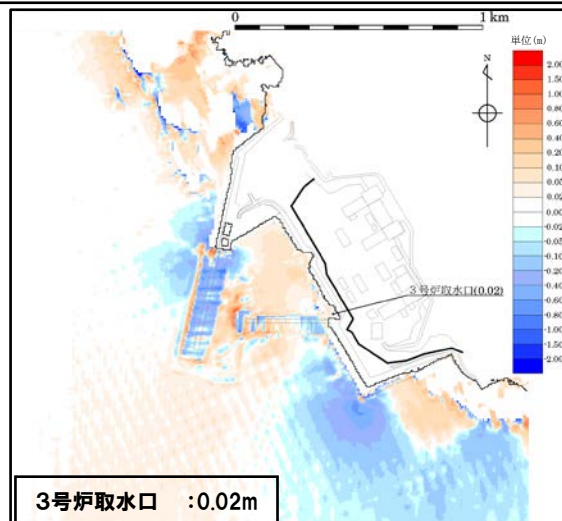
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

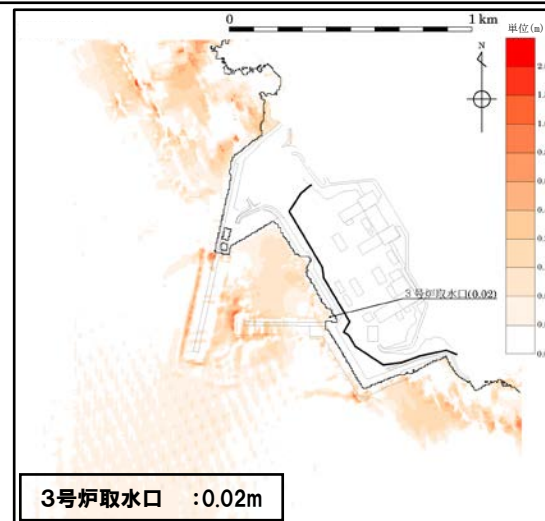
堆積浸食分布図(11/36) 基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)

○基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

藤井ほか(1998)の手法
(浮遊砂上限濃度1%)

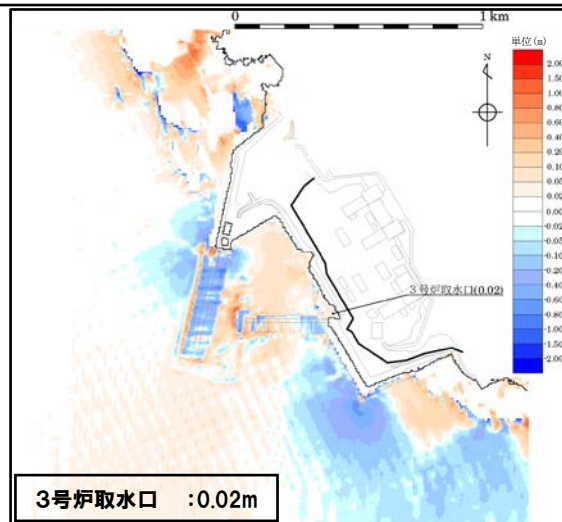


3時間後の海底地形変化量分布

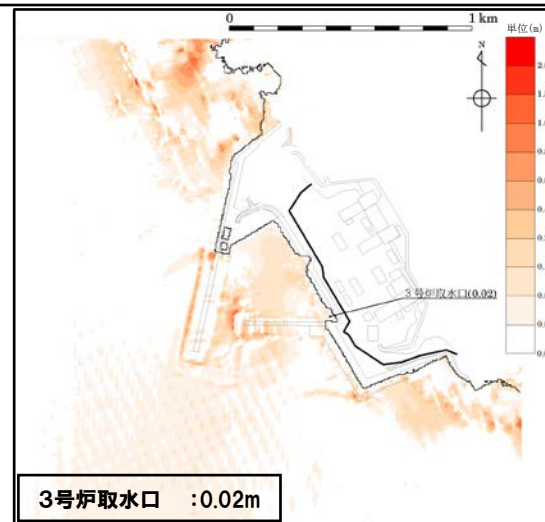


最大堆積厚分布

藤井ほか(1998)の手法
(浮遊砂上限濃度5%)



3時間後の海底地形変化量分布



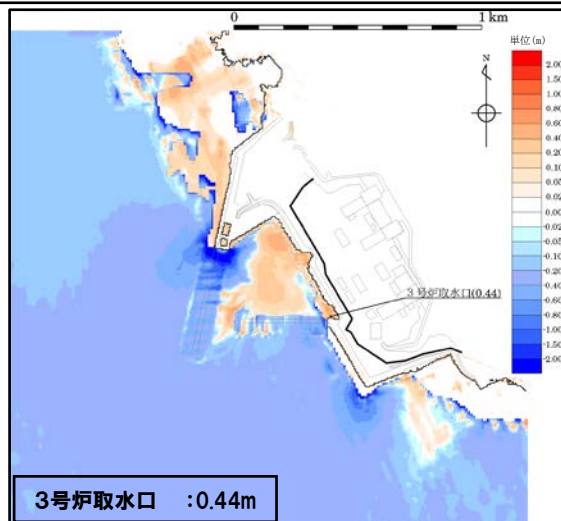
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果 (データ集)

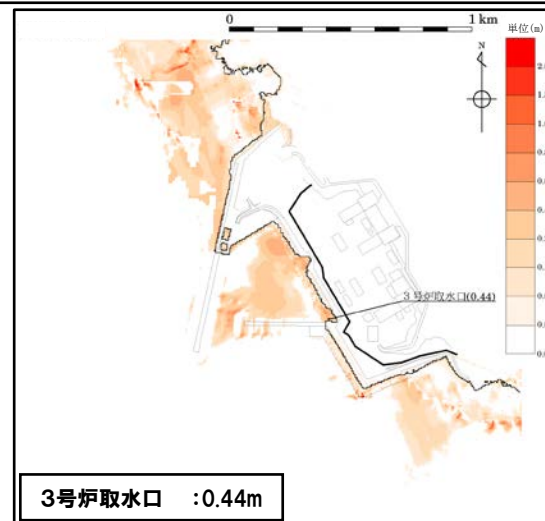
堆積浸食分布図 (12/36) 基準津波D (防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)

○基準津波D (防波堤の損傷を考慮した地形モデル①) による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法
(浮遊砂上限濃度1%)



3時間後の海底地形変化量分布



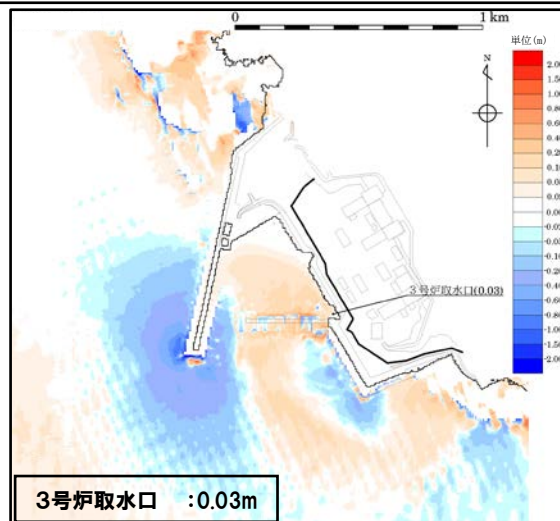
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

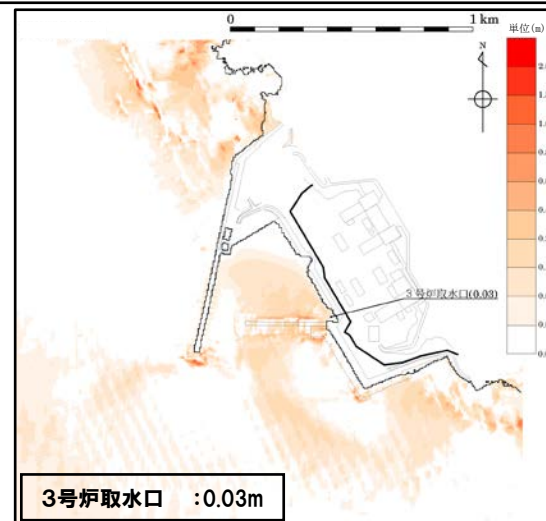
堆積浸食分布図(13/36) 基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)

○基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

藤井ほか(1998)の手法
(浮遊砂上限濃度1%)

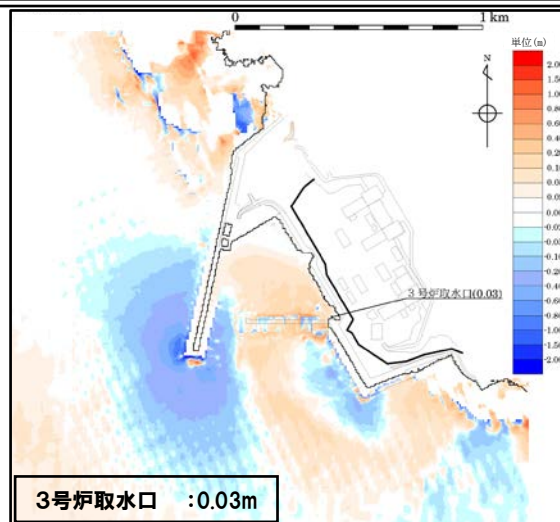


3時間後の海底地形変化量分布

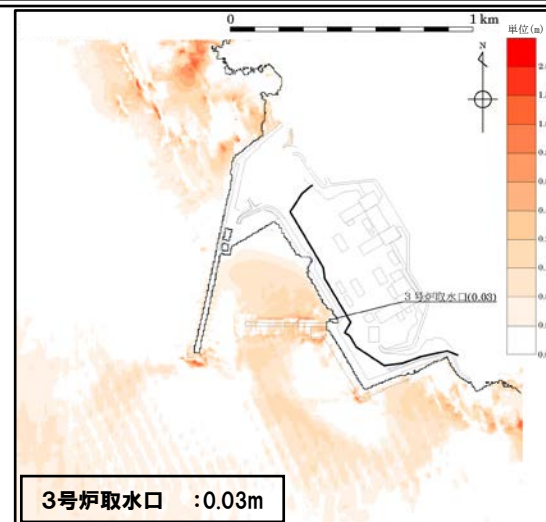


最大堆積厚分布

藤井ほか(1998)の手法
(浮遊砂上限濃度5%)



3時間後の海底地形変化量分布



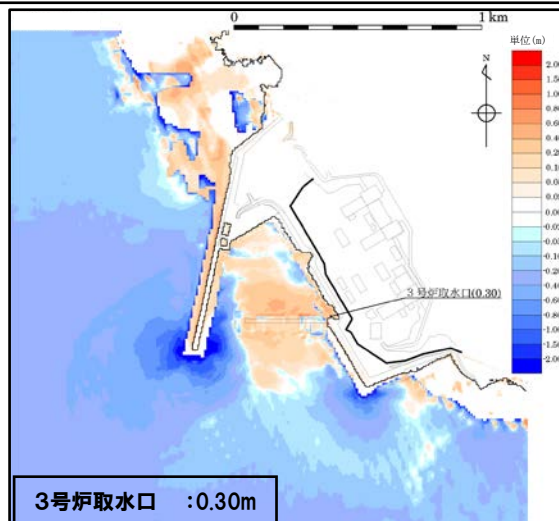
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果 (データ集)

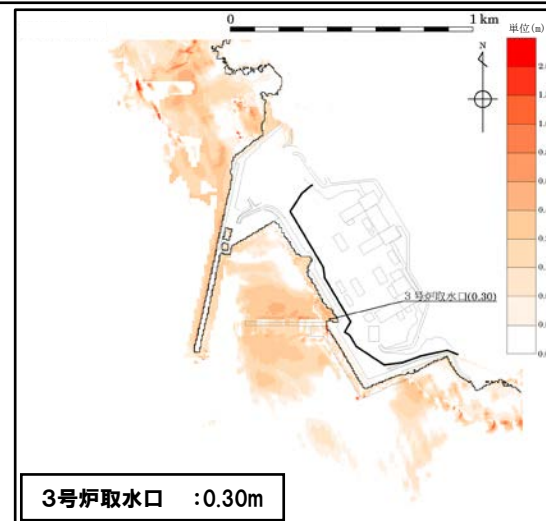
堆積浸食分布図 (14/36) 基準津波D (防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)

○基準津波D (防波堤の損傷を考慮した地形モデル②) による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法
(浮遊砂上限濃度1%)



3時間後の海底地形変化量分布



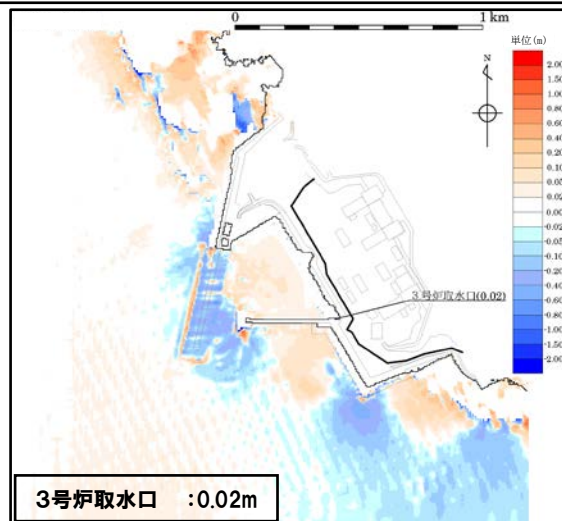
最大堆積厚分布

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

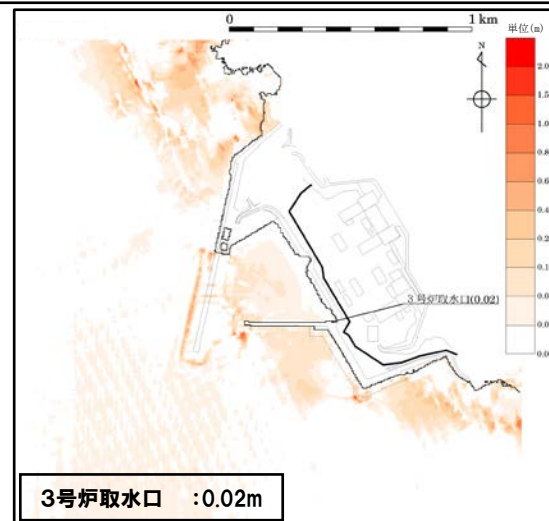
堆積浸食分布図(15/36) 基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

○基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

藤井ほか(1998)の手法
(浮遊砂上限濃度1%)

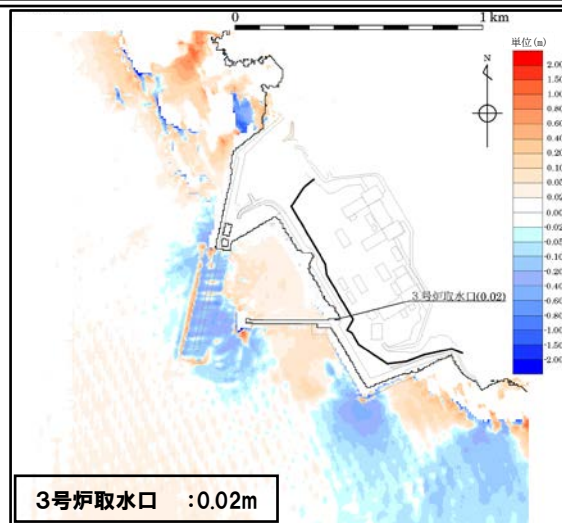


3時間後の海底地形変化量分布

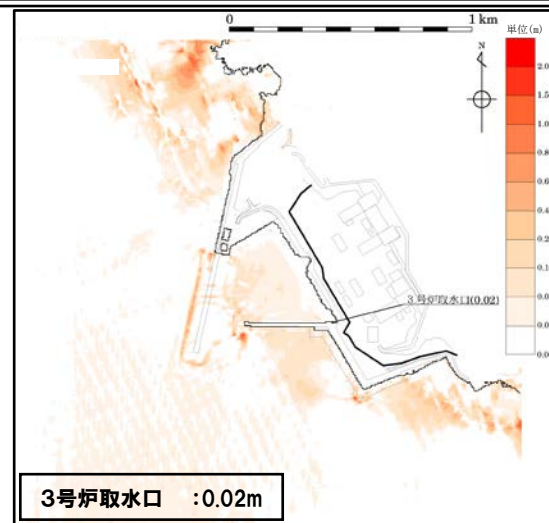


最大堆積厚分布

藤井ほか(1998)の手法
(浮遊砂上限濃度5%)



3時間後の海底地形変化量分布



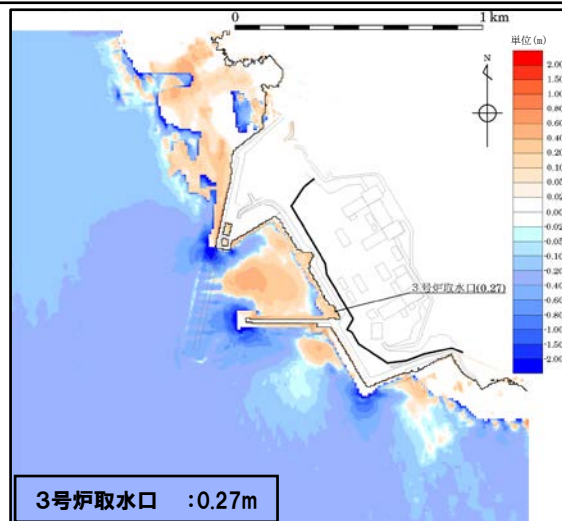
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果 (データ集)

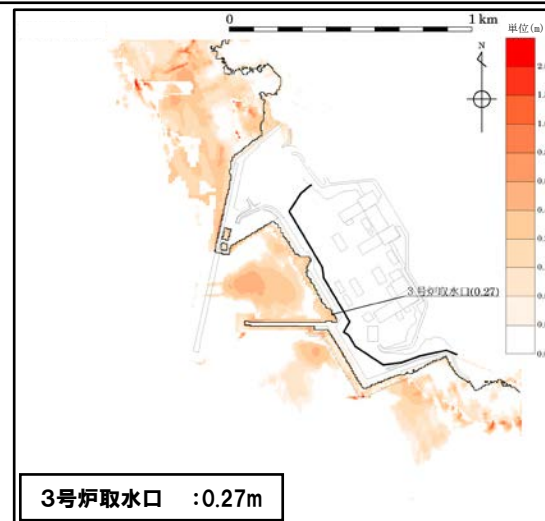
堆積浸食分布図 (16/36) 基準津波D (防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

○基準津波D (防波堤の損傷を考慮した地形モデル③) による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法
(浮遊砂上限濃度1%)



3時間後の海底地形変化量分布



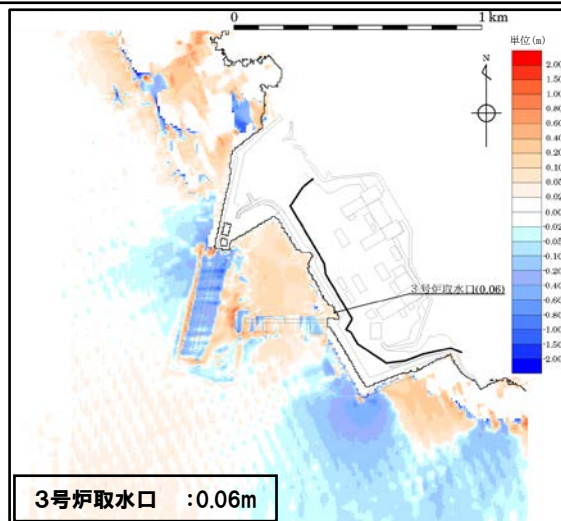
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

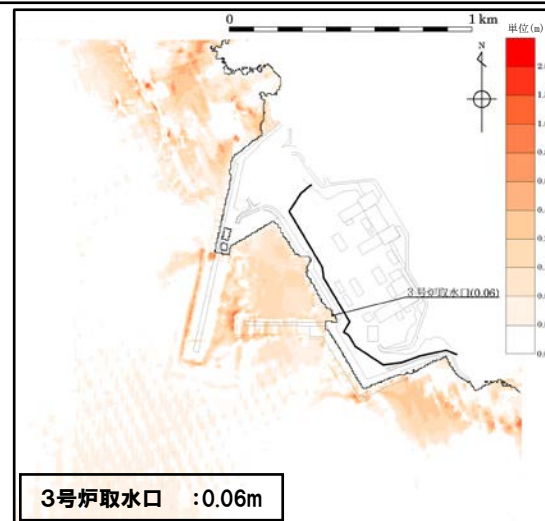
堆積浸食分布図(17/36) 基準津波E(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)

○基準津波E(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

藤井ほか(1998)の手法
(浮遊砂上限濃度1%)

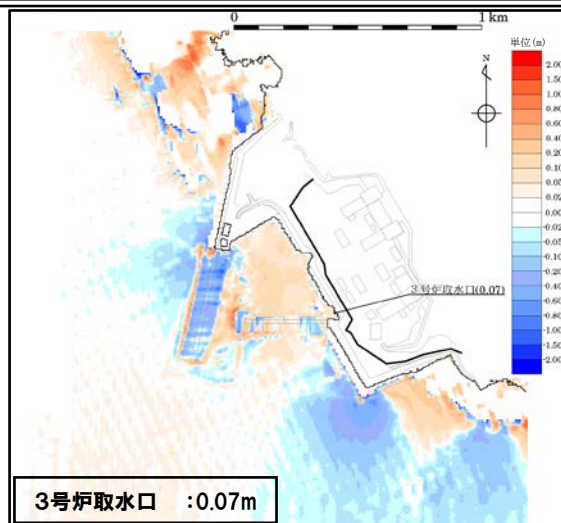


3時間後の海底地形変化量分布

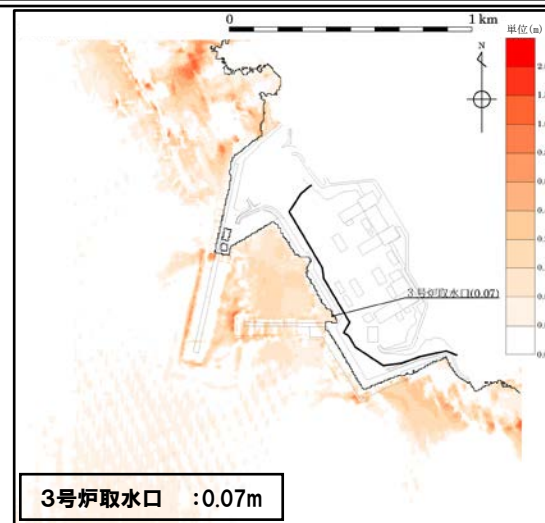


最大堆積厚分布

藤井ほか(1998)の手法
(浮遊砂上限濃度5%)



3時間後の海底地形変化量分布



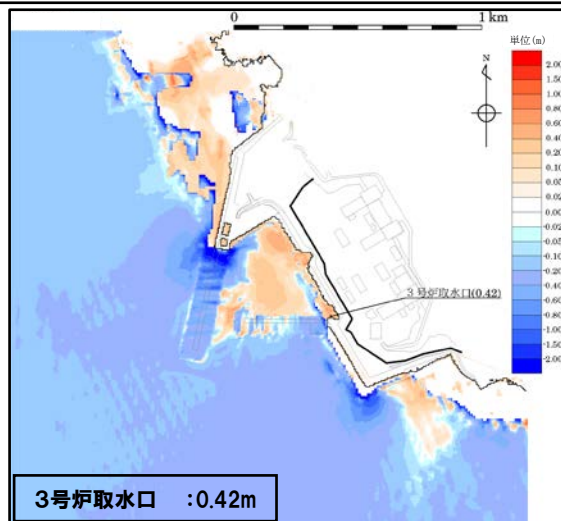
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

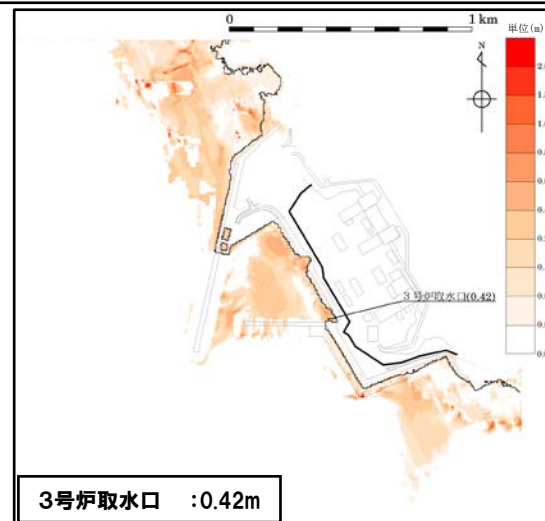
堆積浸食分布図(18/36) 基準津波E(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)

○基準津波E(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法
(浮遊砂上限濃度1%)



3時間後の海底地形変化量分布



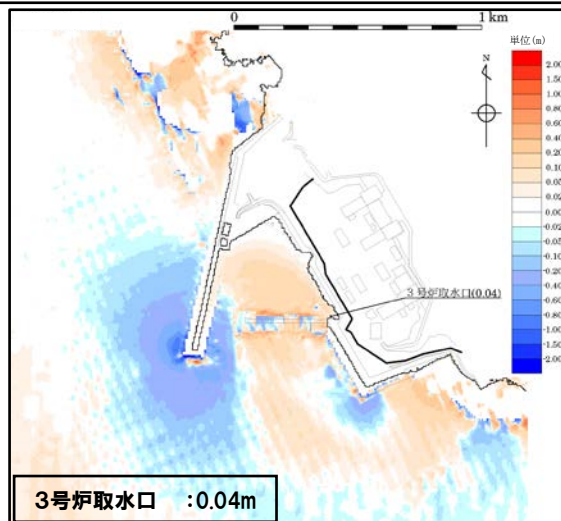
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

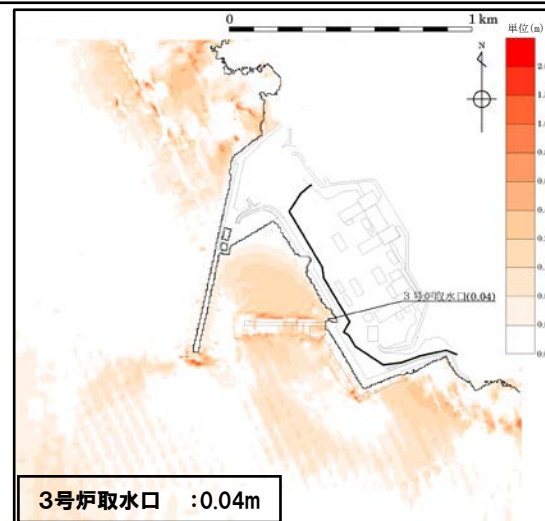
堆積浸食分布図(19/36) 基準津波E(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)

○基準津波E(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

藤井ほか(1998)の手法
(浮遊砂上限濃度1%)

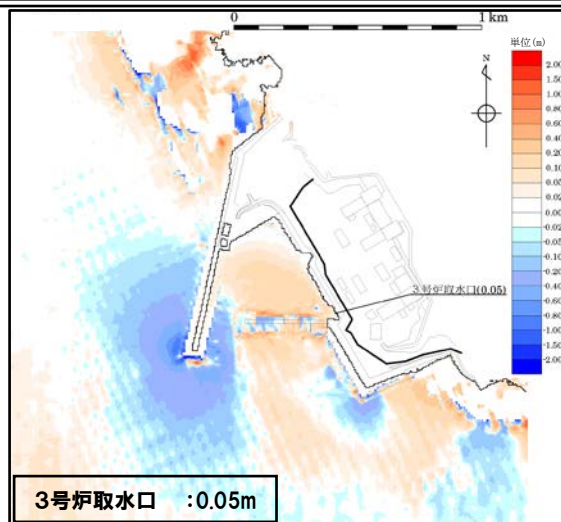


3時間後の海底地形変化量分布

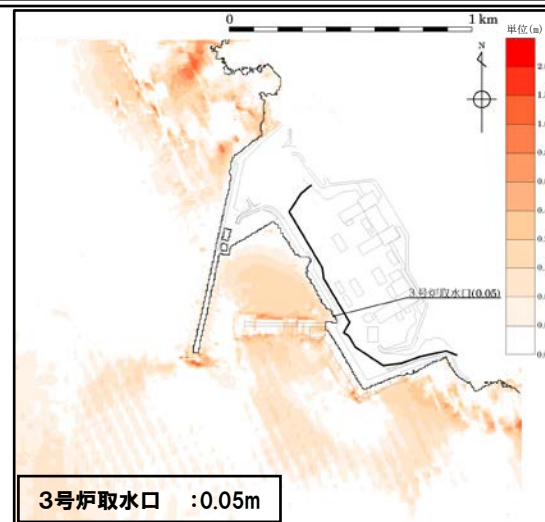


最大堆積厚分布

藤井ほか(1998)の手法
(浮遊砂上限濃度5%)



3時間後の海底地形変化量分布



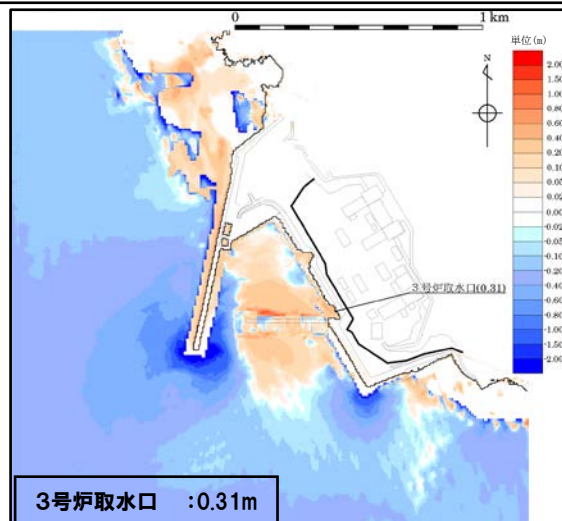
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果 (データ集)

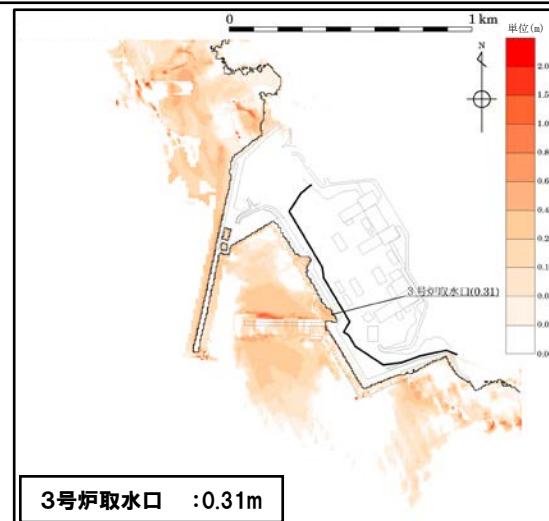
堆積浸食分布図 (20/36) 基準津波E (防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)

○基準津波E (防波堤の損傷を考慮した地形モデル②) による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法
(浮遊砂上限濃度1%)



3時間後の海底地形変化量分布



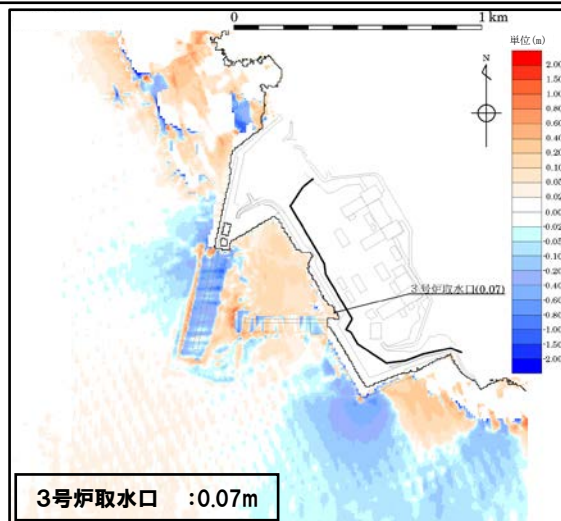
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

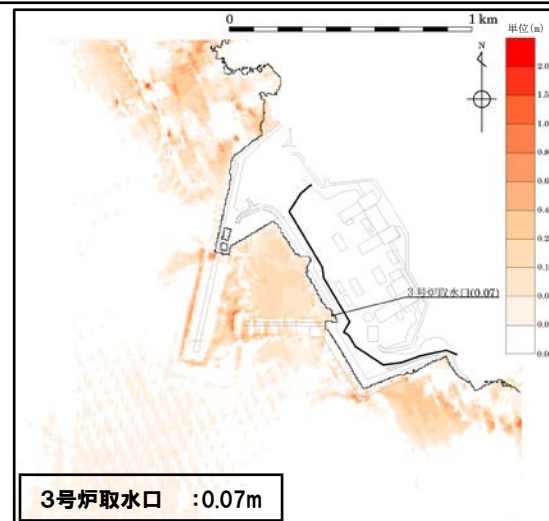
堆積浸食分布図(21/36) 基準津波F(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)

○基準津波F(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

藤井ほか(1998)の手法
(浮遊砂上限濃度1%)

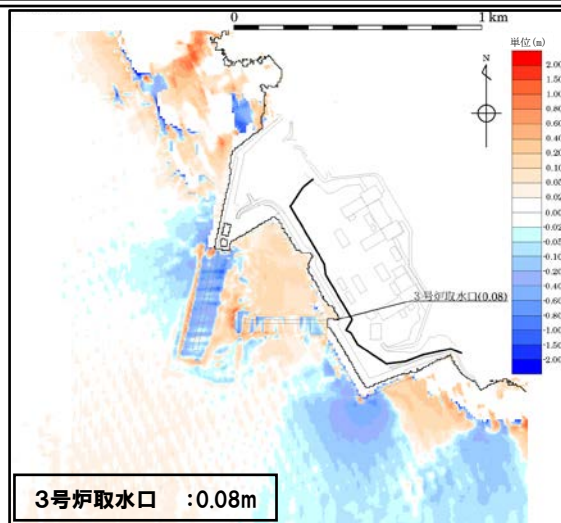


3時間後の海底地形変化量分布

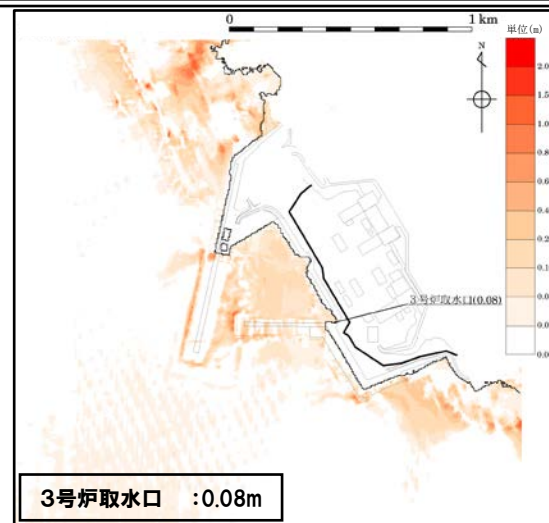


最大堆積厚分布

藤井ほか(1998)の手法
(浮遊砂上限濃度5%)



3時間後の海底地形変化量分布



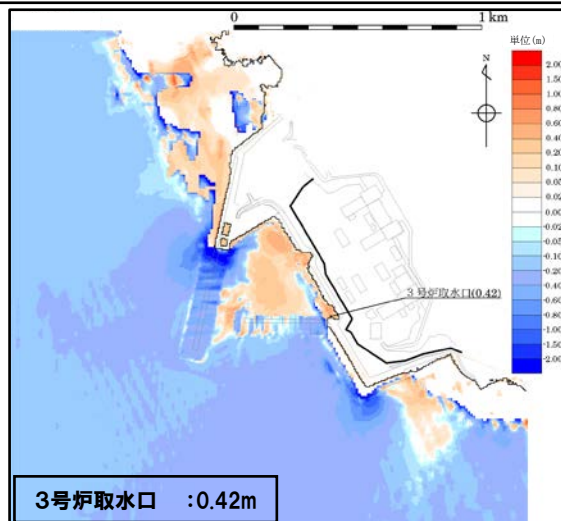
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

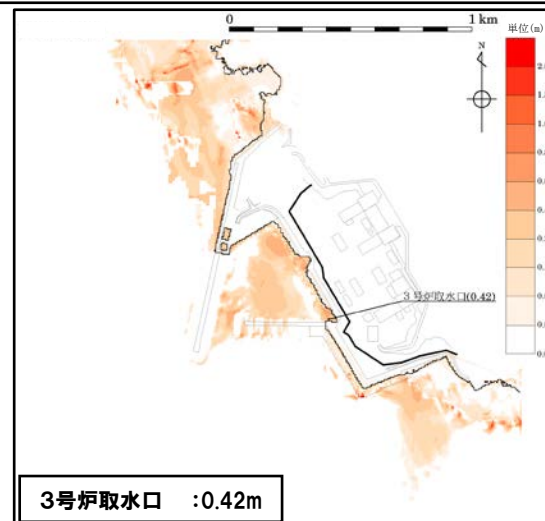
堆積浸食分布図(22/36) 基準津波F(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)

○基準津波F(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法
(浮遊砂上限濃度1%)



3時間後の海底地形変化量分布



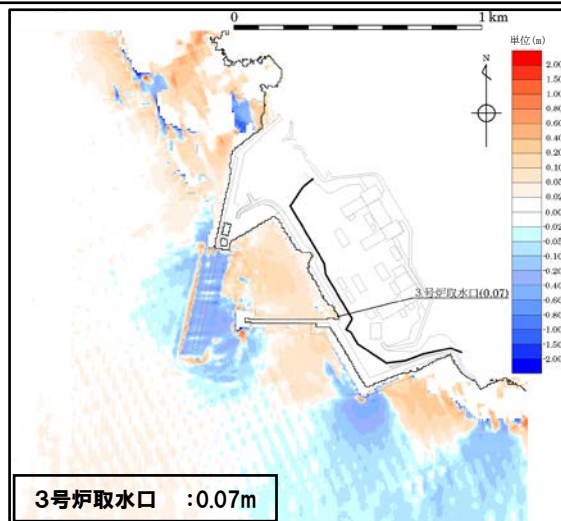
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

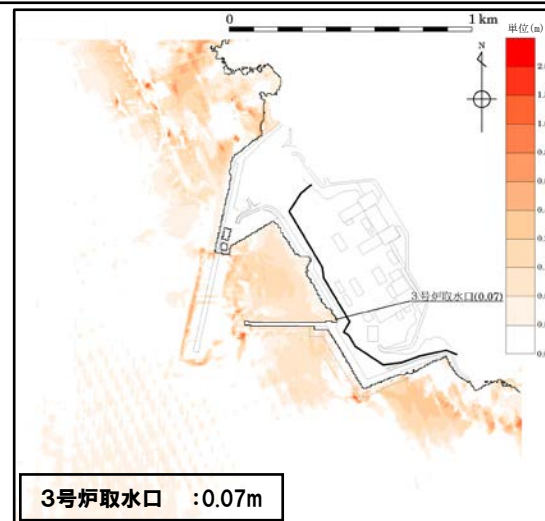
堆積浸食分布図(23/36) 基準津波F(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

○基準津波F(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

藤井ほか(1998)の手法
(浮遊砂上限濃度1%)

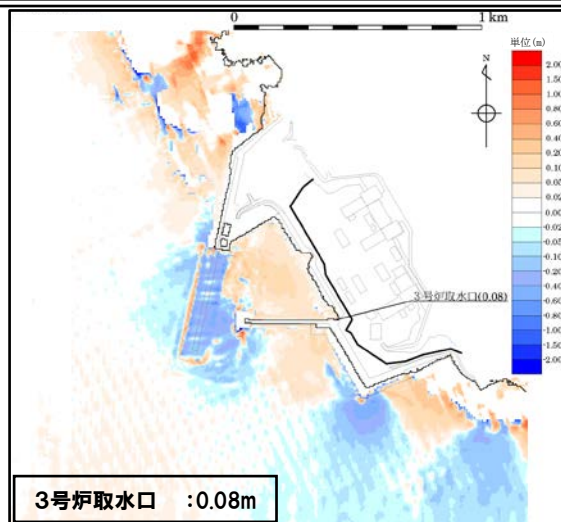


3時間後の海底地形変化量分布

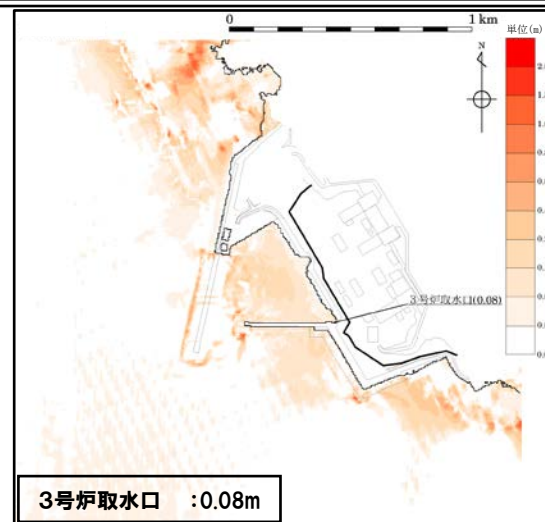


最大堆積厚分布

藤井ほか(1998)の手法
(浮遊砂上限濃度5%)



3時間後の海底地形変化量分布



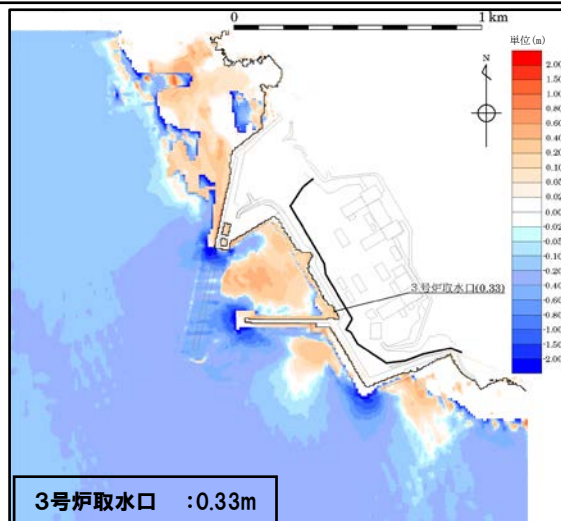
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果 (データ集)

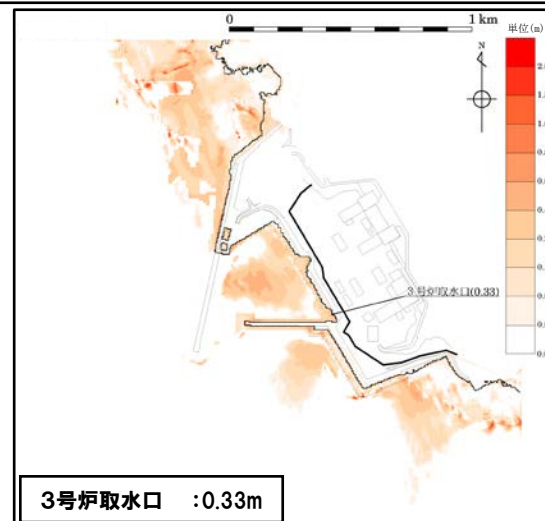
堆積浸食分布図 (24/36) 基準津波F (防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

○基準津波F (防波堤の損傷を考慮した地形モデル③) による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法
(浮遊砂上限濃度1%)



3時間後の海底地形変化量分布



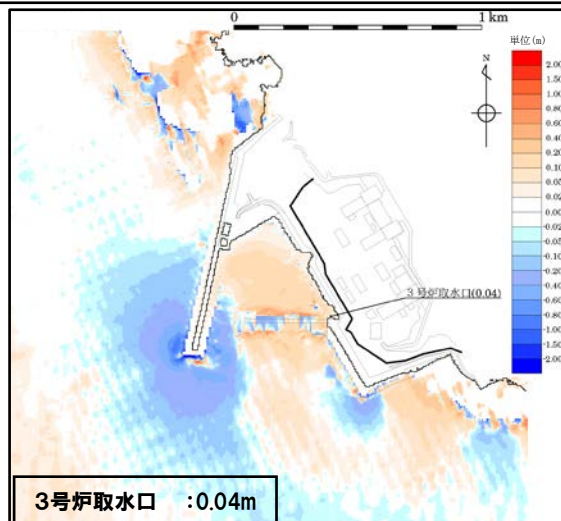
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果 (データ集)

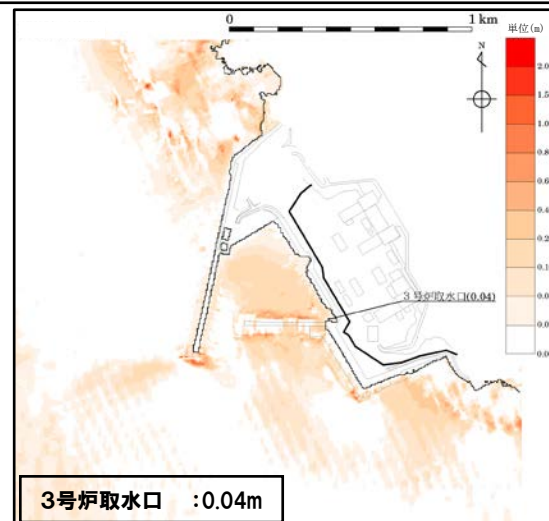
堆積浸食分布図 (25/36) 基準津波G (防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)

○基準津波G (防波堤の損傷を考慮した地形モデル②) による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

藤井ほか (1998) の手法
(浮遊砂上限濃度1%)

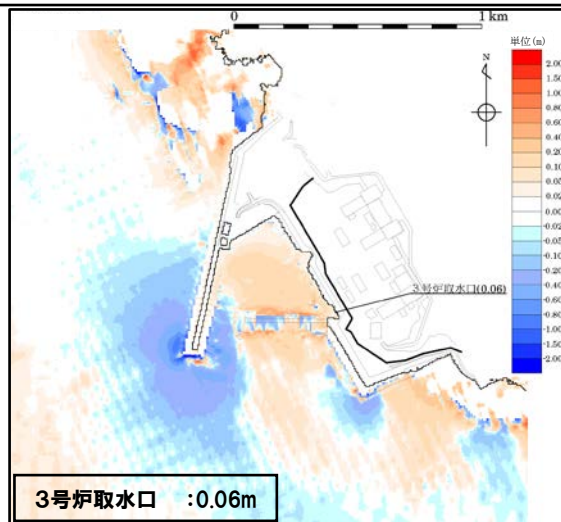


3時間後の海底地形変化量分布

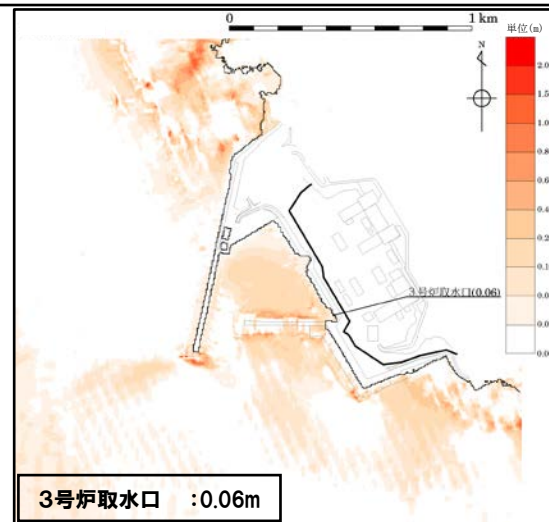


最大堆積厚分布

藤井ほか (1998) の手法
(浮遊砂上限濃度5%)



3時間後の海底地形変化量分布



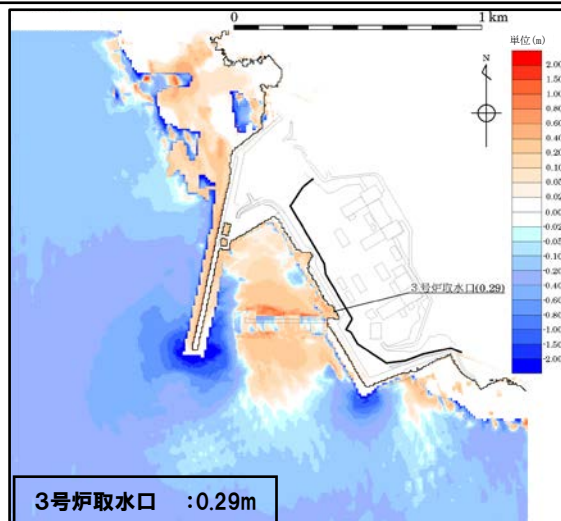
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果 (データ集)

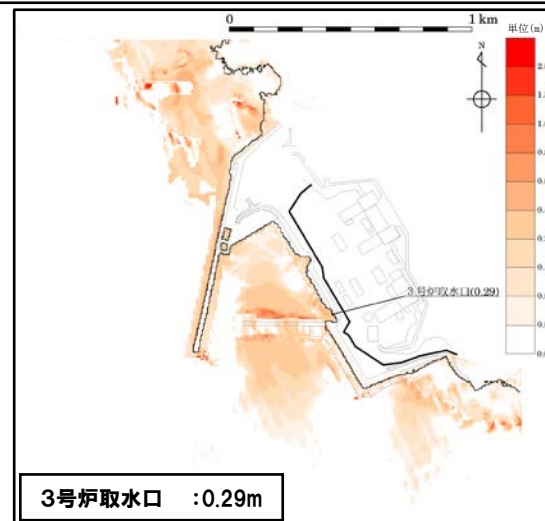
堆積浸食分布図 (26/36) 基準津波G (防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)

○基準津波G (防波堤の損傷を考慮した地形モデル②) による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法
(浮遊砂上限濃度1%)



3時間後の海底地形変化量分布



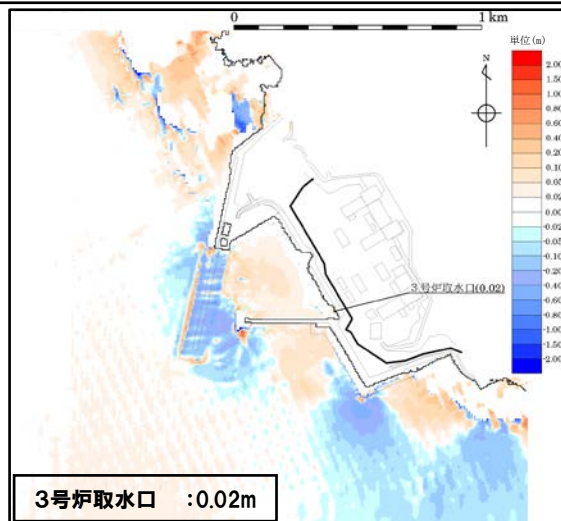
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

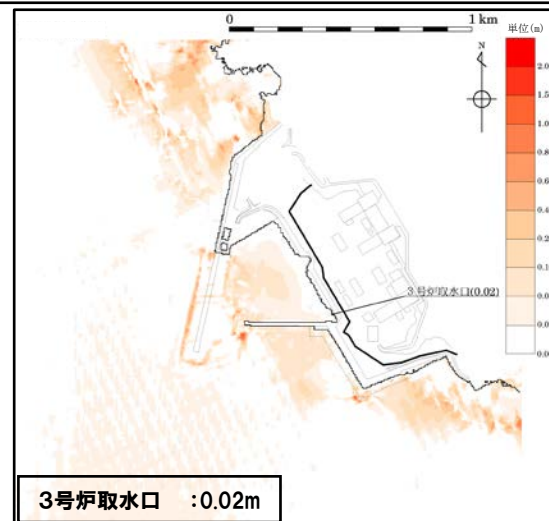
堆積浸食分布図(27/36) 基準津波H(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

○基準津波H(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

藤井ほか(1998)の手法
(浮遊砂上限濃度1%)

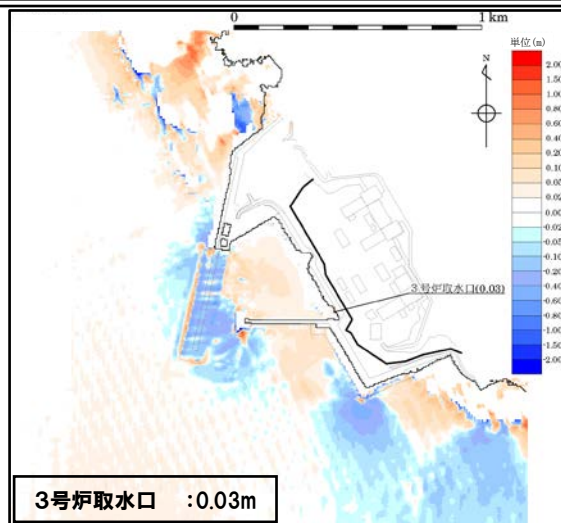


3時間後の海底地形変化量分布

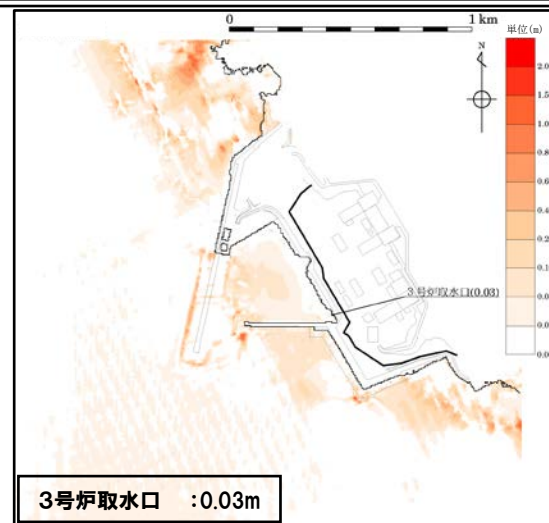


最大堆積厚分布

藤井ほか(1998)の手法
(浮遊砂上限濃度5%)



3時間後の海底地形変化量分布



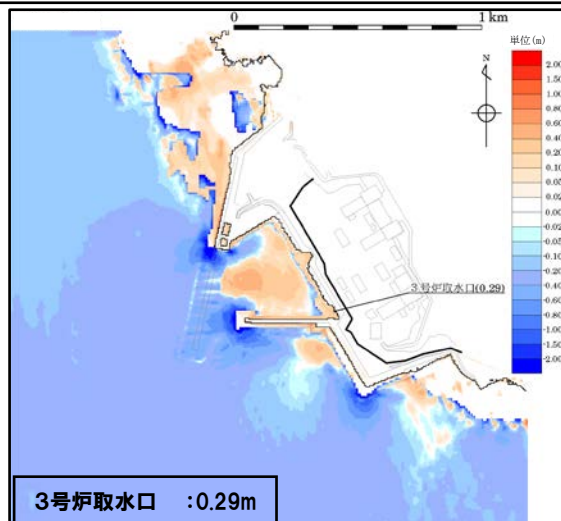
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果 (データ集)

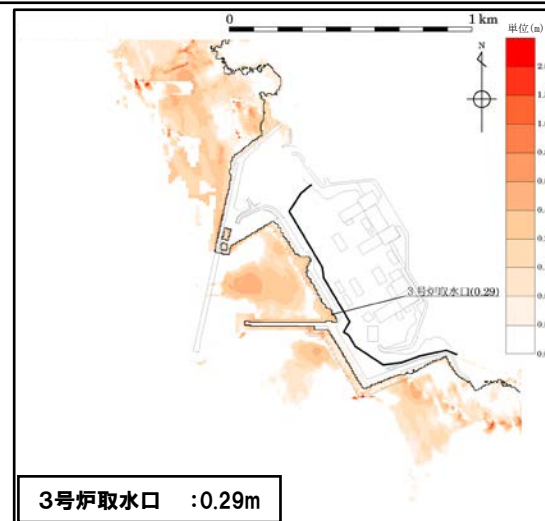
堆積浸食分布図 (28/36) 基準津波H (防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

○基準津波H (防波堤の損傷を考慮した地形モデル③) による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法
(浮遊砂上限濃度1%)



3時間後の海底地形変化量分布



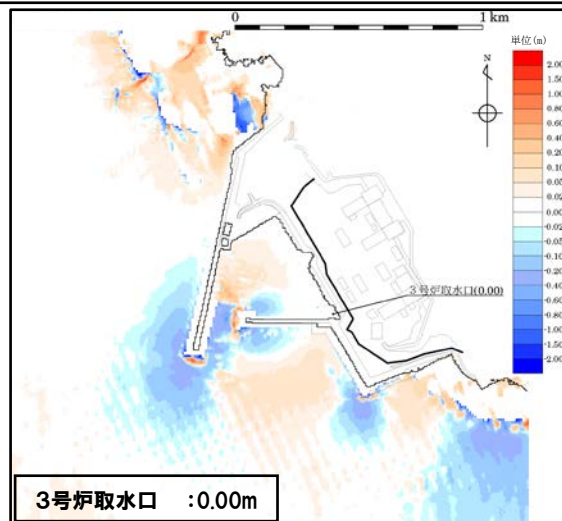
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

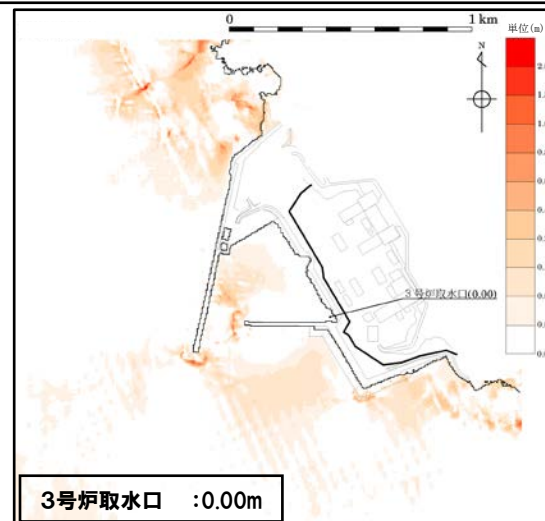
堆積浸食分布図(29/36) 基準津波I(健全地形モデル)

○基準津波I(健全地形モデル)による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

藤井ほか(1998)の手法
(浮遊砂上限濃度1%)

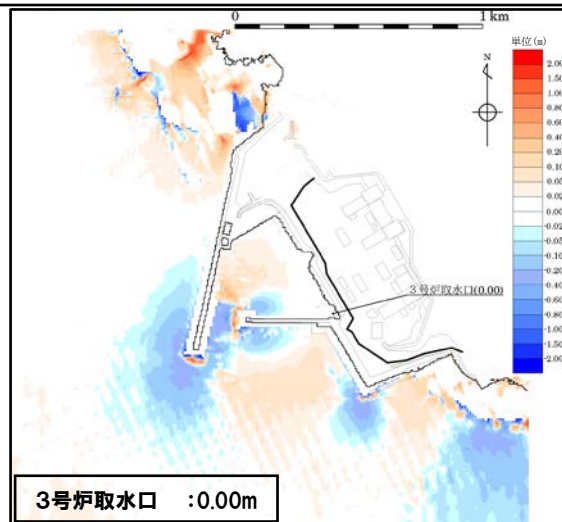


3時間後の海底地形変化量分布

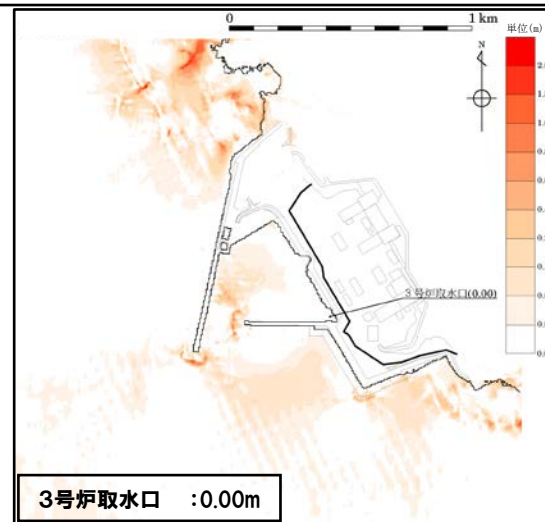


最大堆積厚分布

藤井ほか(1998)の手法
(浮遊砂上限濃度5%)



3時間後の海底地形変化量分布



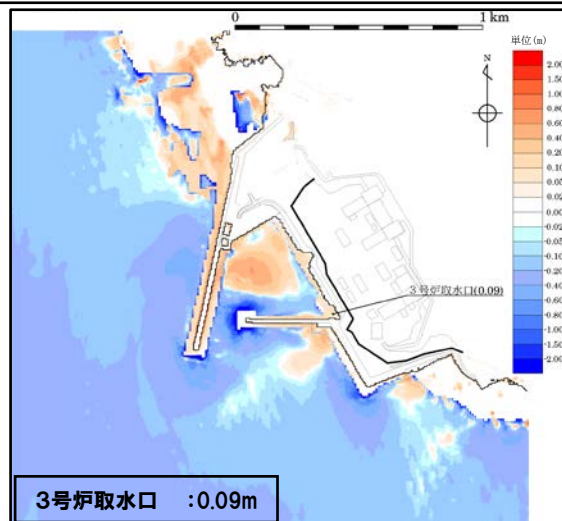
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果 (データ集)

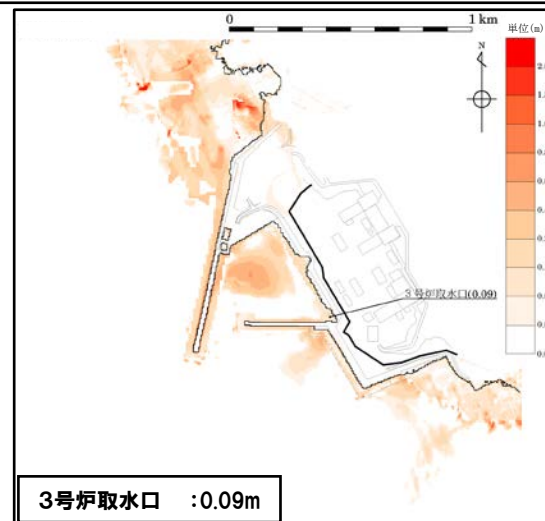
堆積浸食分布図 (30/36) 基準津波I (健全地形モデル)

○基準津波I (健全地形モデル) による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

高橋ほか (1999) の手法
(浮遊砂上限濃度1%)



3時間後の海底地形変化量分布



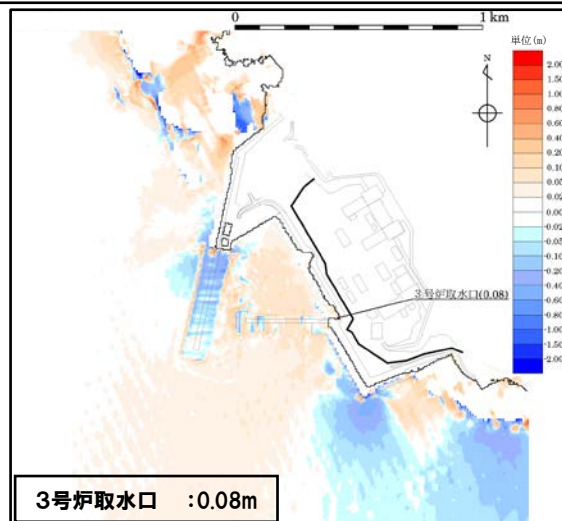
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

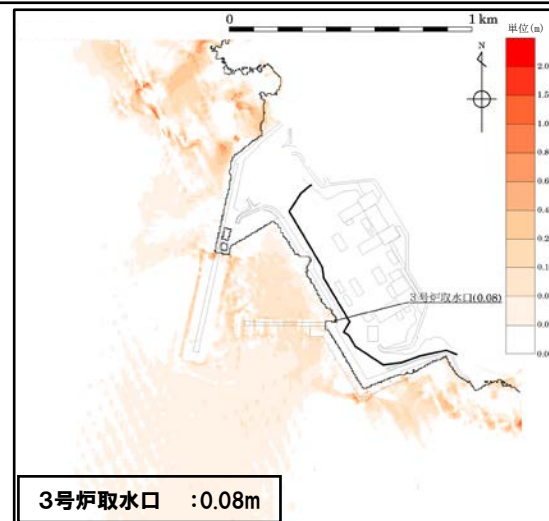
堆積浸食分布図(31/36) 基準津波J(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)

○基準津波J(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

藤井ほか(1998)の手法
(浮遊砂上限濃度1%)

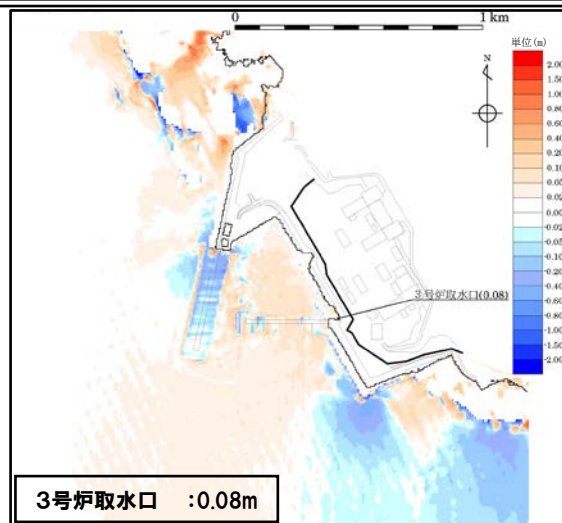


3時間後の海底地形変化量分布

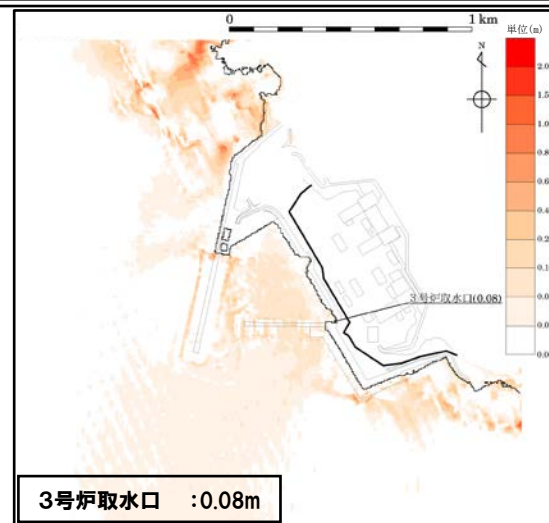


最大堆積厚分布

藤井ほか(1998)の手法
(浮遊砂上限濃度5%)



3時間後の海底地形変化量分布



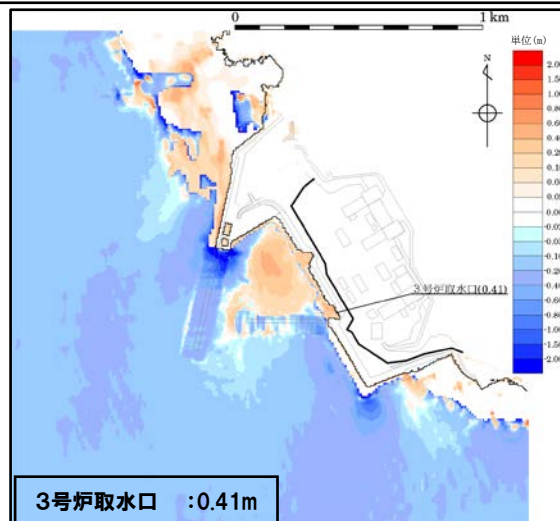
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果 (データ集)

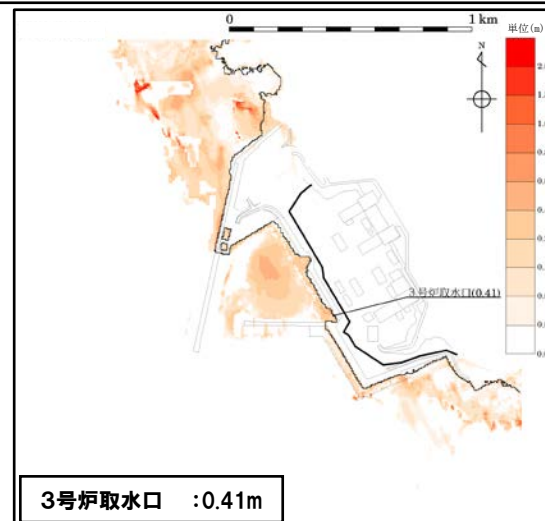
堆積浸食分布図 (32/36) 基準津波J (防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)

○基準津波J (防波堤の損傷を考慮した地形モデル①) による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

高橋ほか (1999) の手法
(浮遊砂上限濃度1%)



3時間後の海底地形変化量分布



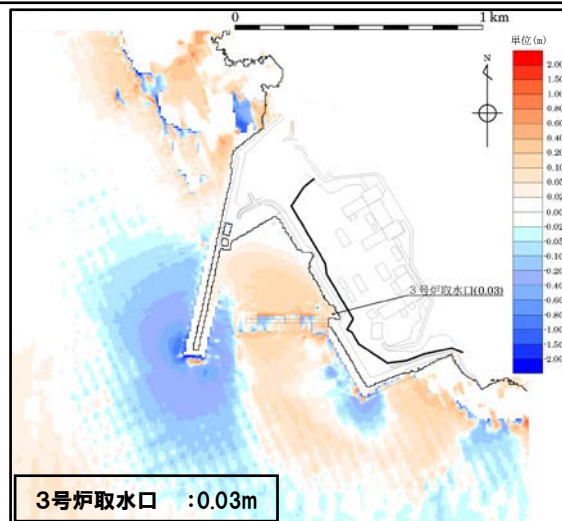
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

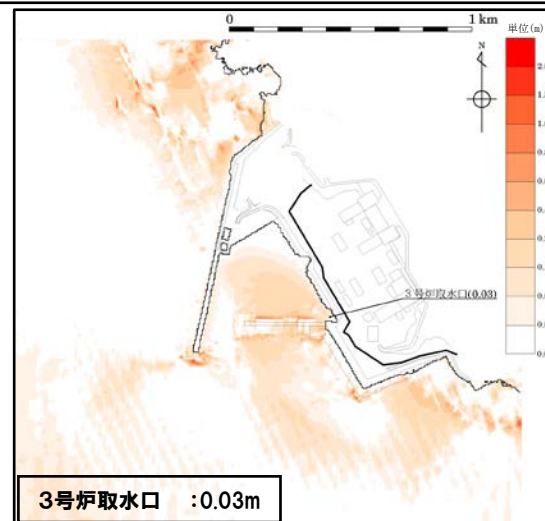
堆積浸食分布図(33/36) 基準津波K(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)

○基準津波K(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

藤井ほか(1998)の手法
(浮遊砂上限濃度1%)

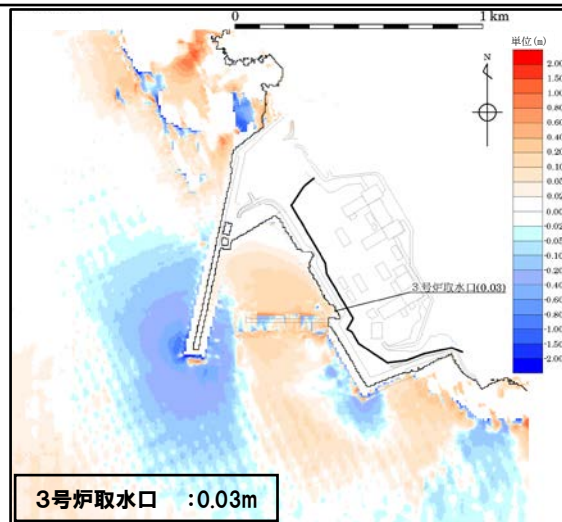


3時間後の海底地形変化量分布

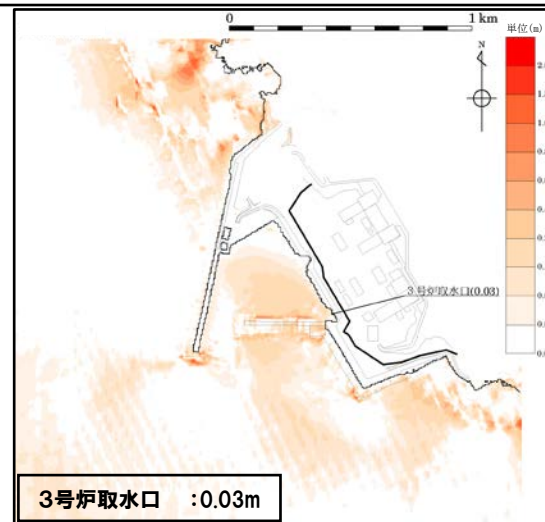


最大堆積厚分布

藤井ほか(1998)の手法
(浮遊砂上限濃度5%)



3時間後の海底地形変化量分布



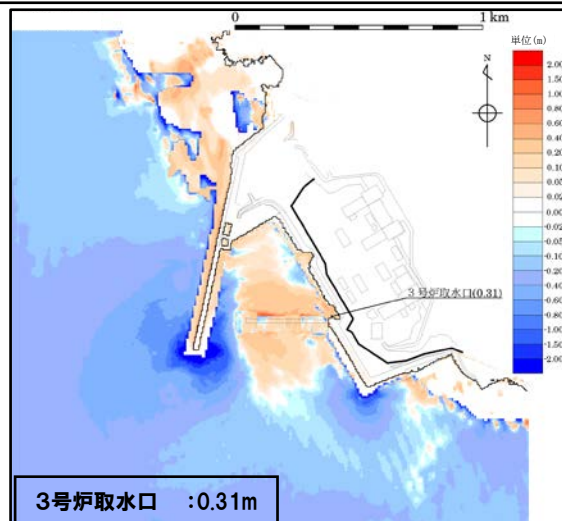
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果 (データ集)

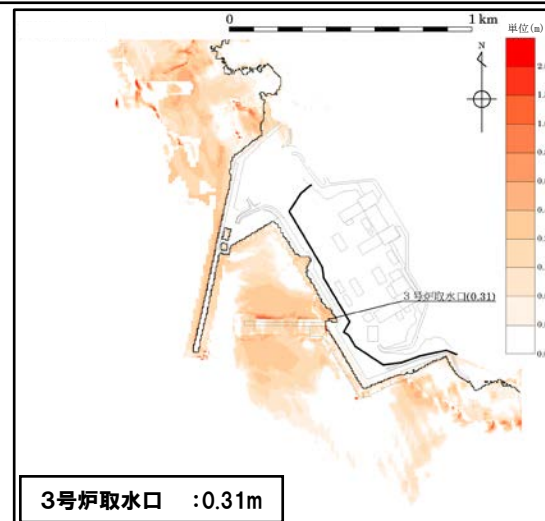
堆積浸食分布図 (34/36) 基準津波K (防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)

○基準津波K (防波堤の損傷を考慮した地形モデル②) による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法
(浮遊砂上限濃度1%)



3時間後の海底地形変化量分布



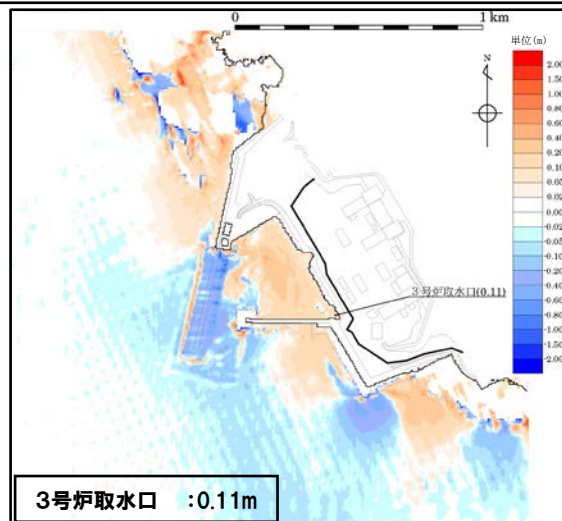
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果 (データ集)

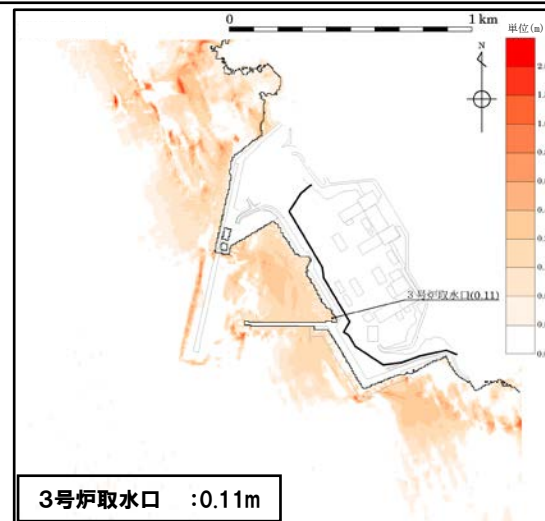
堆積浸食分布図 (35/36) 基準津波L (防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

○基準津波L (防波堤の損傷を考慮した地形モデル③) による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

藤井ほか (1998) の手法
(浮遊砂上限濃度1%)

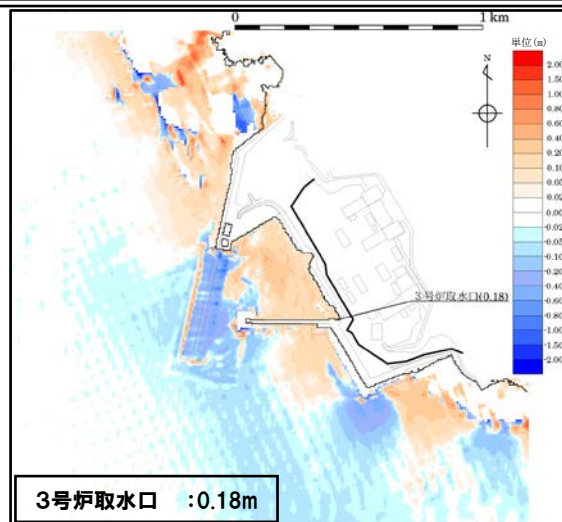


3時間後の海底地形変化量分布

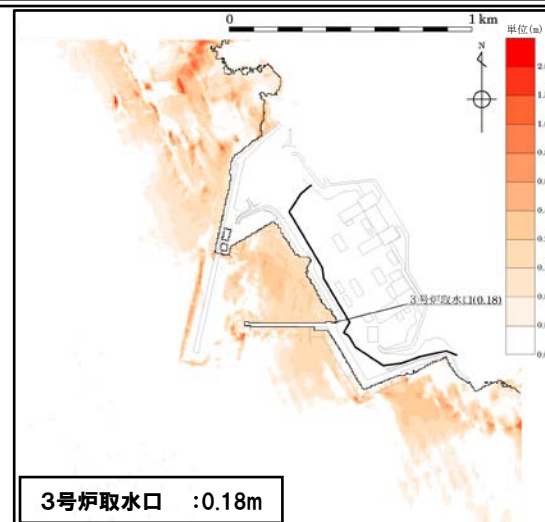


最大堆積厚分布

藤井ほか (1998) の手法
(浮遊砂上限濃度5%)



3時間後の海底地形変化量分布



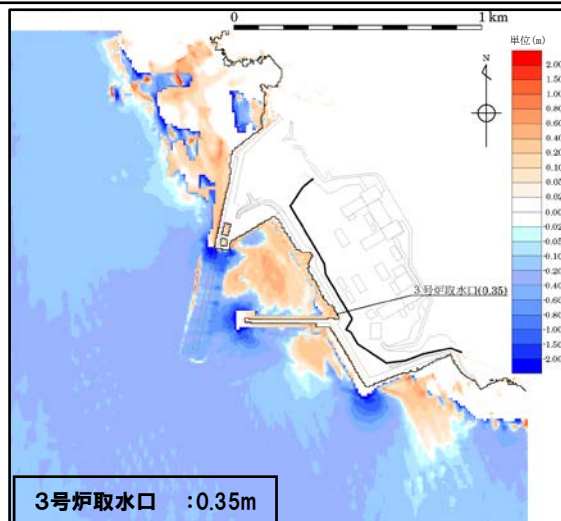
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果 (データ集)

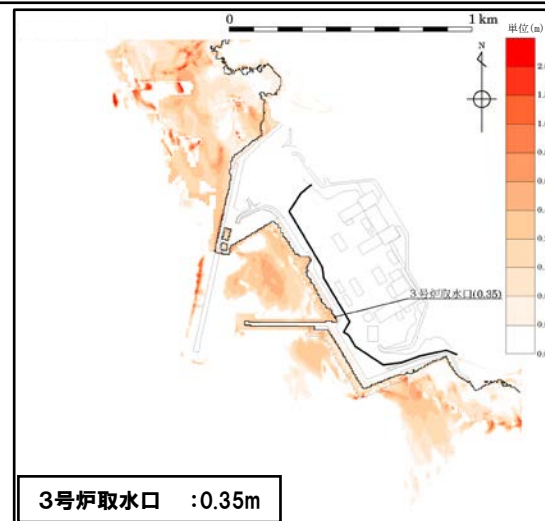
堆積浸食分布図 (36/36) 基準津波L (防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

○基準津波L (防波堤の損傷を考慮した地形モデル③) による3時間後の海底地形変化量分布及び最大堆積厚分布を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法
(浮遊砂上限濃度1%)



3時間後の海底地形変化量分布



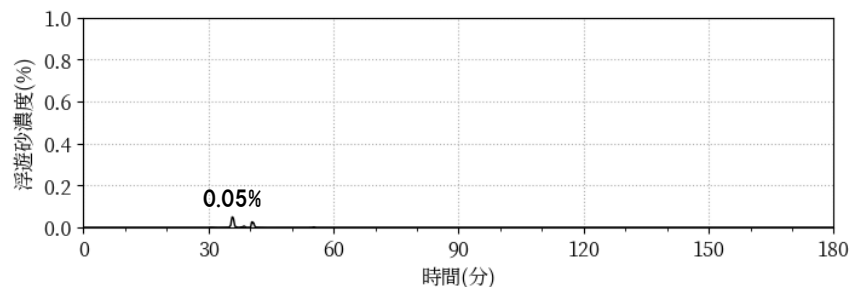
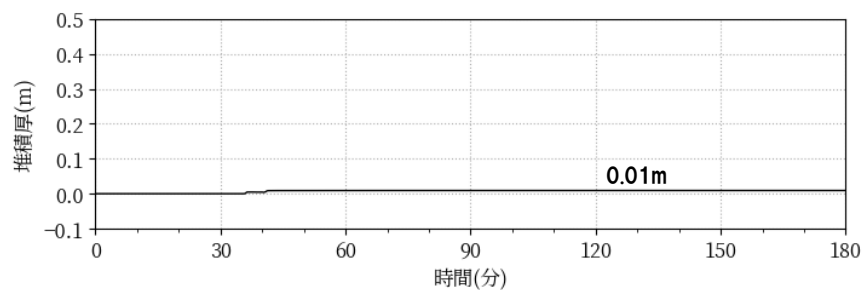
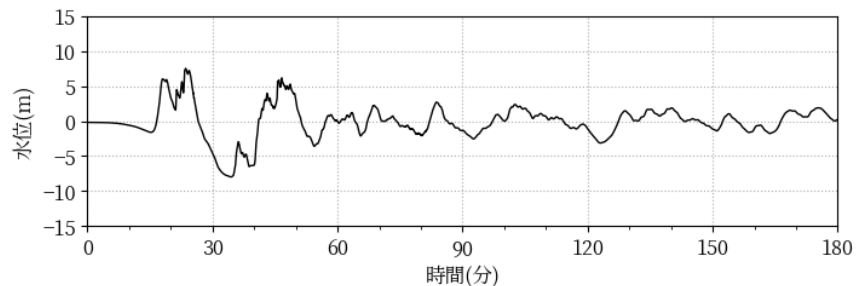
最大堆積厚分布

2. 1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形(1/36) 基準津波A(健全地形モデル)

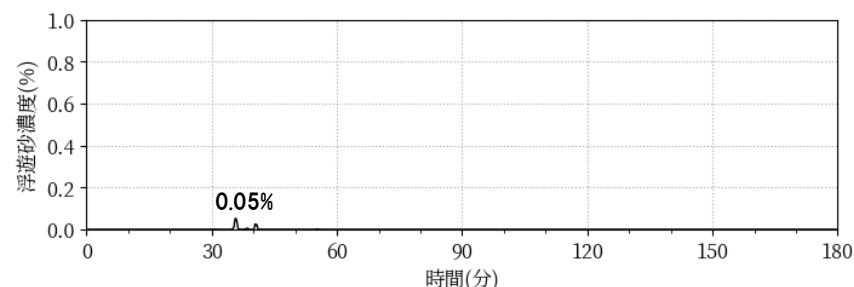
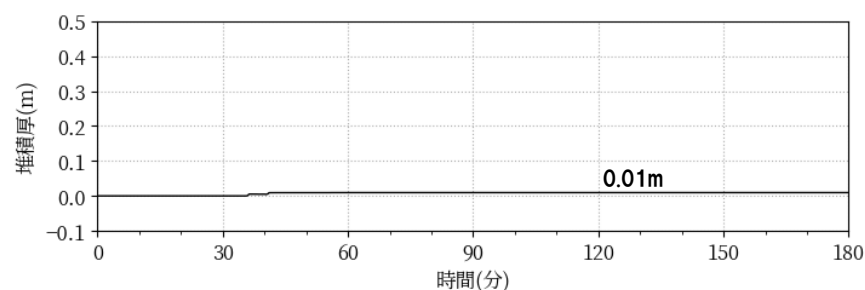
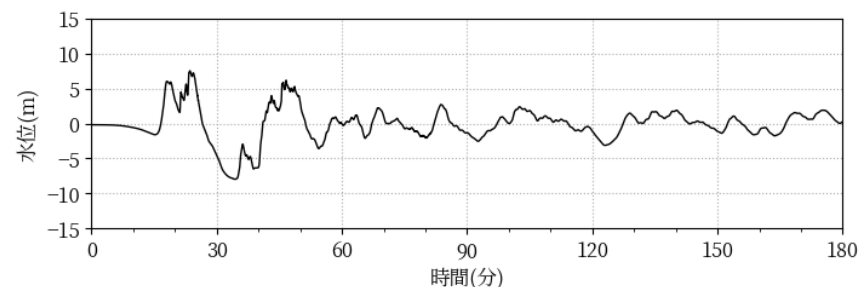
○基準津波A(健全地形モデル)による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

藤井ほか(1998)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



基準津波A(健全地形モデル)

藤井ほか(1998)の手法(浮遊砂上限濃度5%)



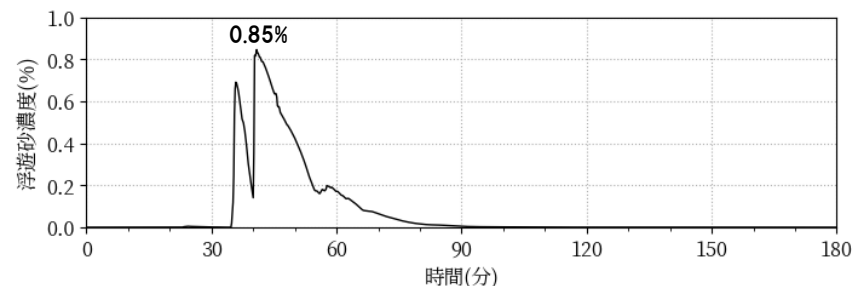
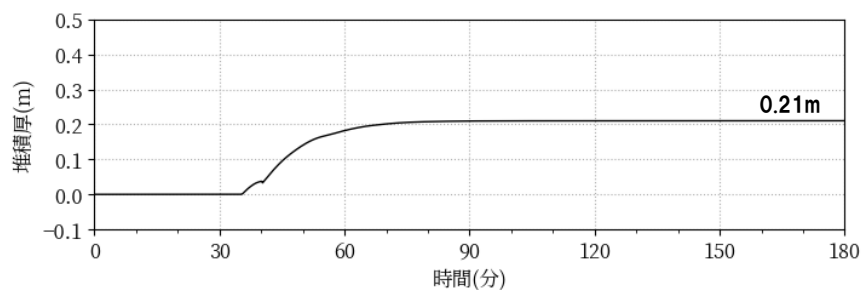
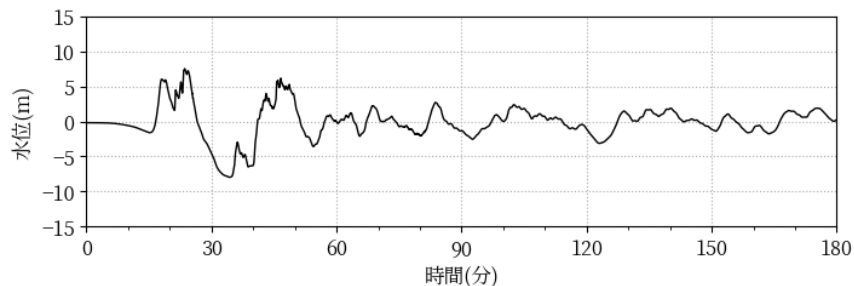
基準津波A(健全地形モデル)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形(2/36) 基準津波A(健全地形モデル)

○基準津波A(健全地形モデル)による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



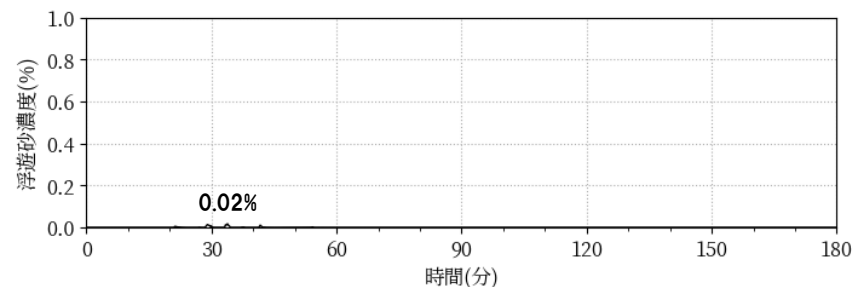
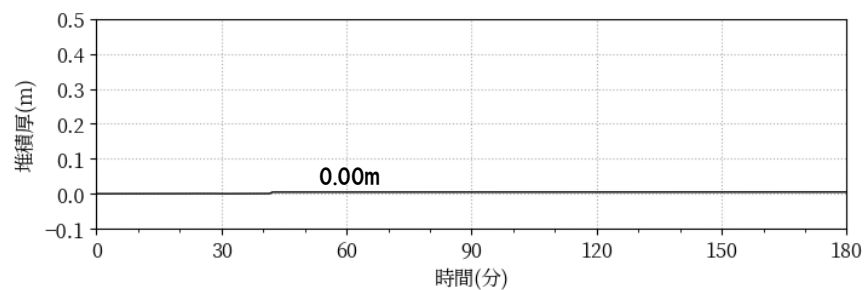
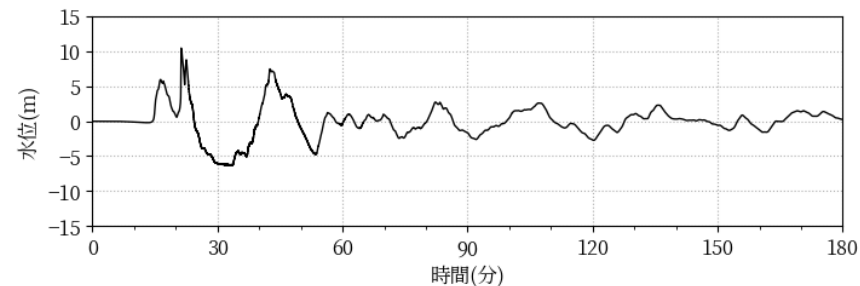
基準津波A(健全地形モデル)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形 (3/36) 基準津波B (健全地形モデル)

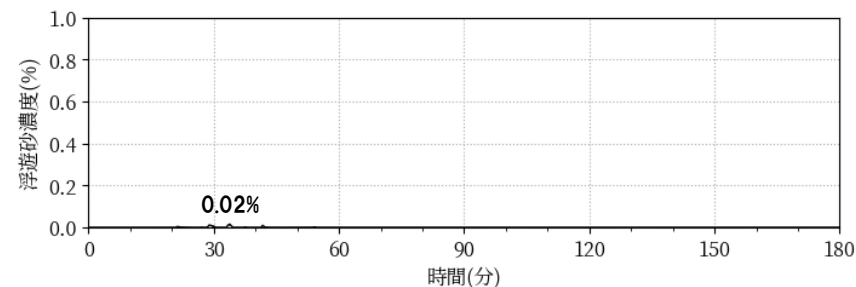
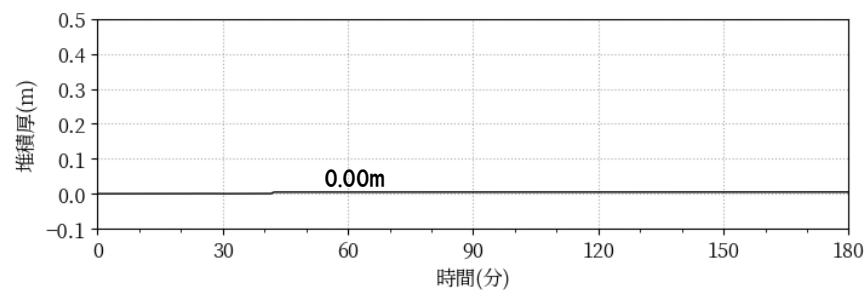
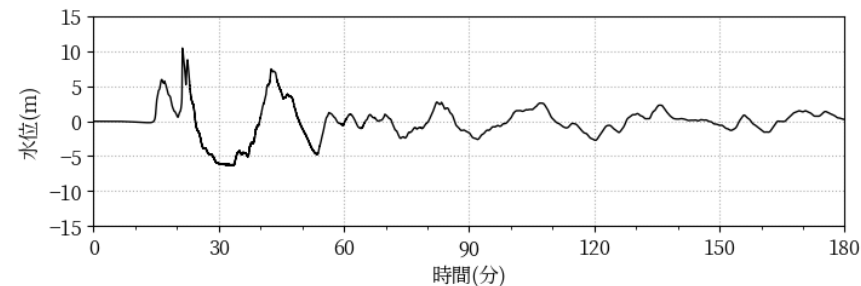
○基準津波B (健全地形モデル) による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

藤井ほか (1998) の手法 (浮遊砂上限濃度1%)



基準津波B (健全地形モデル)

藤井ほか (1998) の手法 (浮遊砂上限濃度5%)



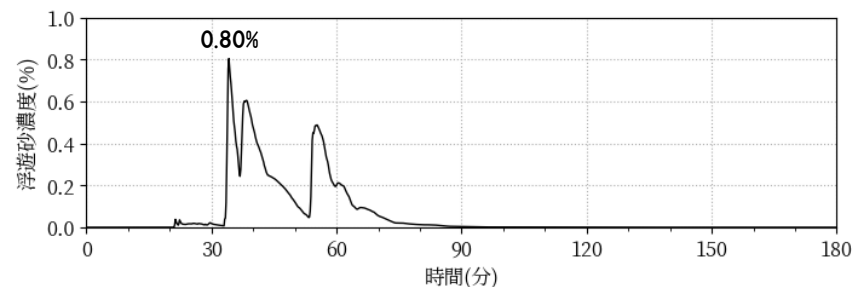
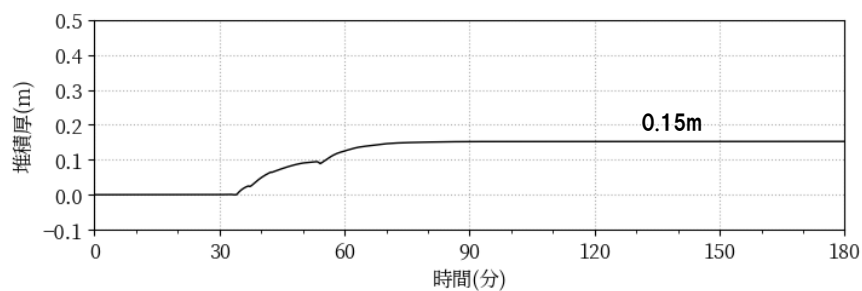
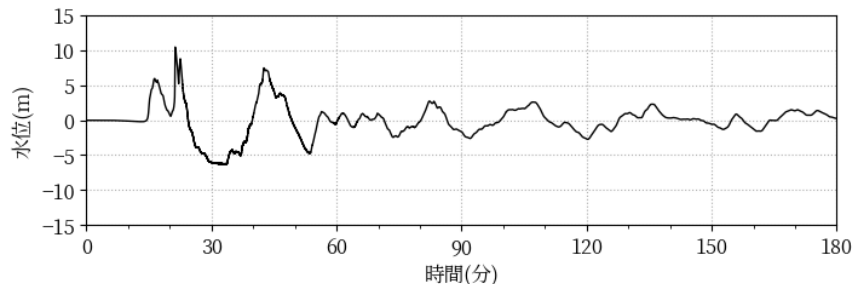
基準津波B (健全地形モデル)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形(4/36) 基準津波B(健全地形モデル)

○基準津波B(健全地形モデル)による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



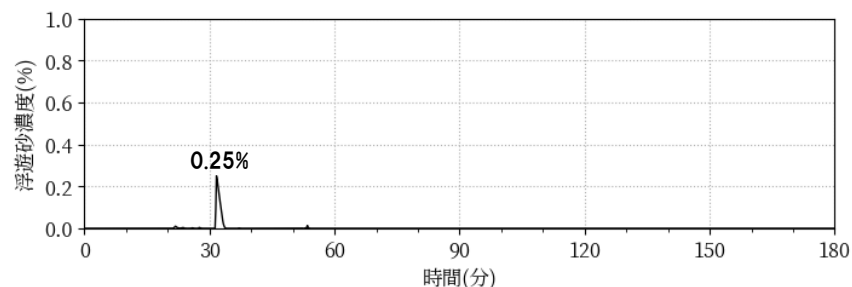
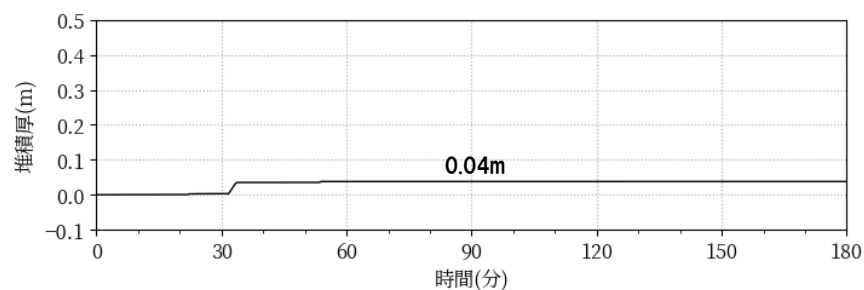
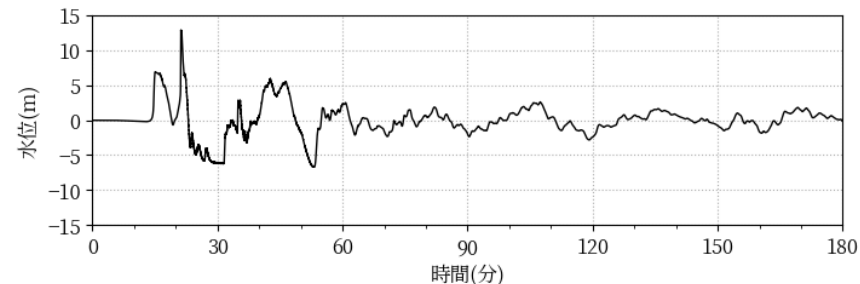
基準津波B(健全地形モデル)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形(5/36) 基準津波B(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

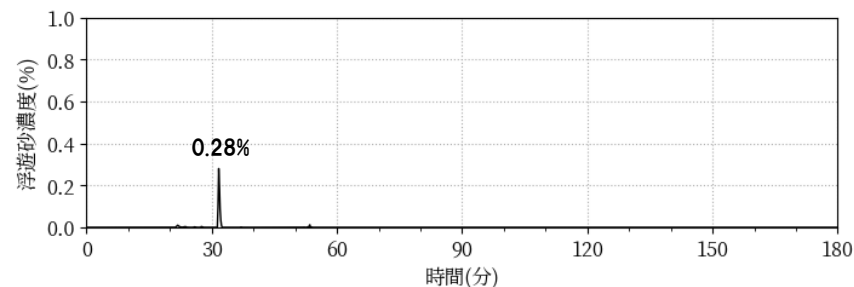
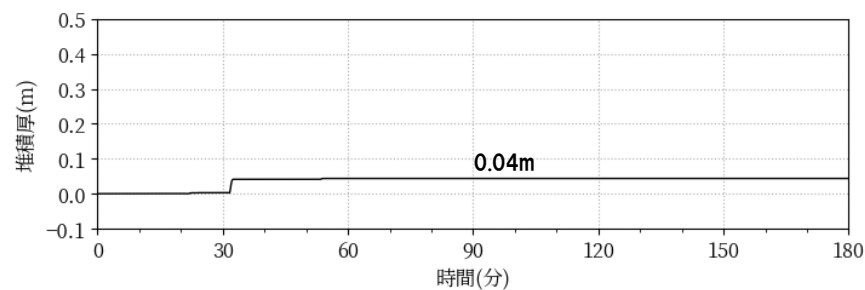
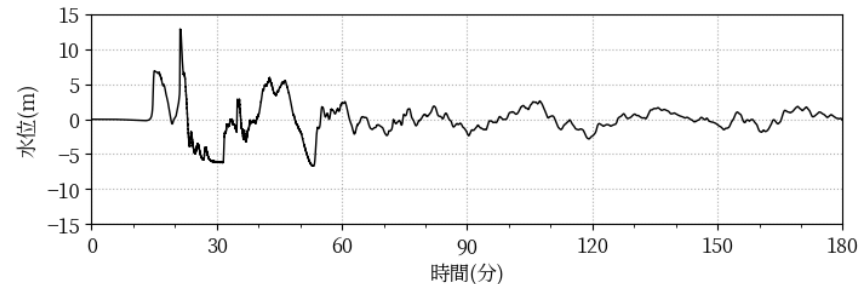
○基準津波B(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

藤井ほか(1998)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



基準津波B(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

藤井ほか(1998)の手法(浮遊砂上限濃度5%)



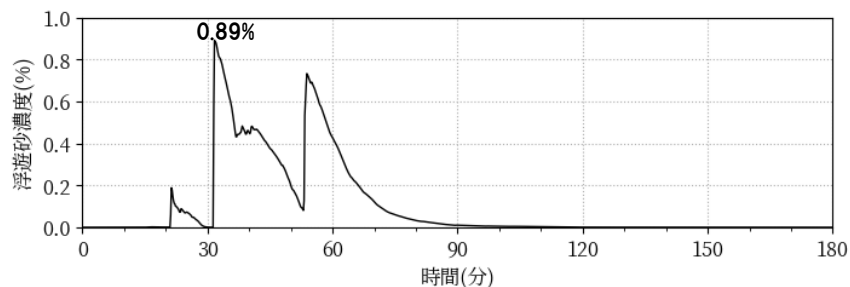
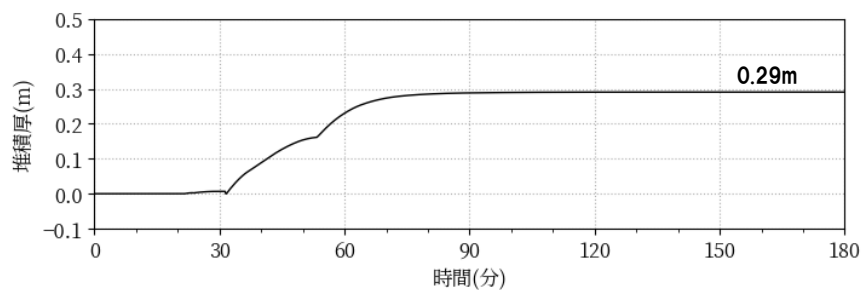
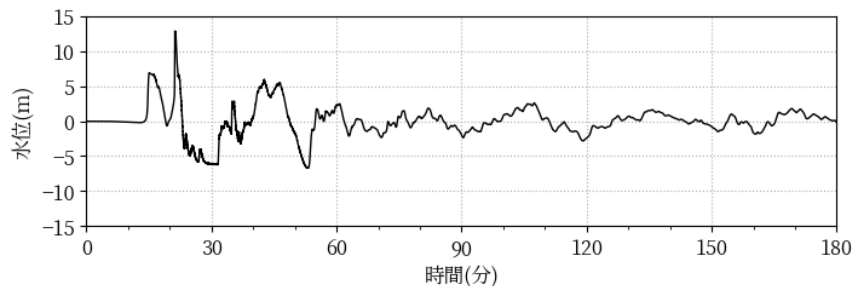
基準津波B(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形(6/36) 基準津波B(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

○基準津波B(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



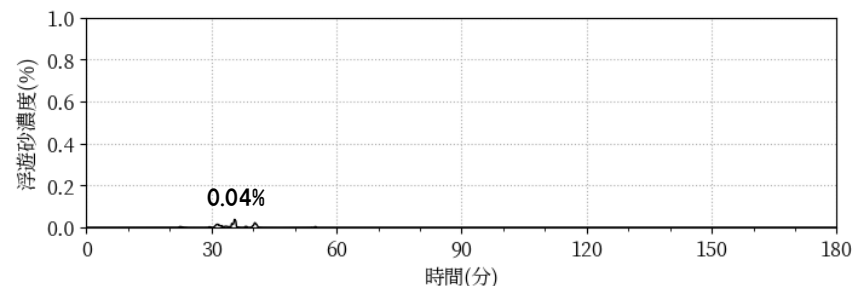
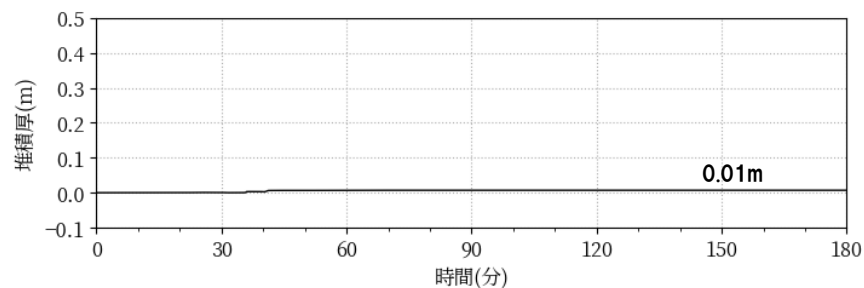
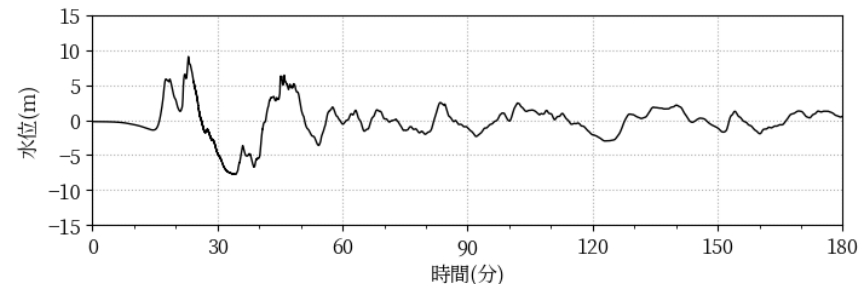
基準津波B(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形(7/36) 基準津波C(健全地形モデル)

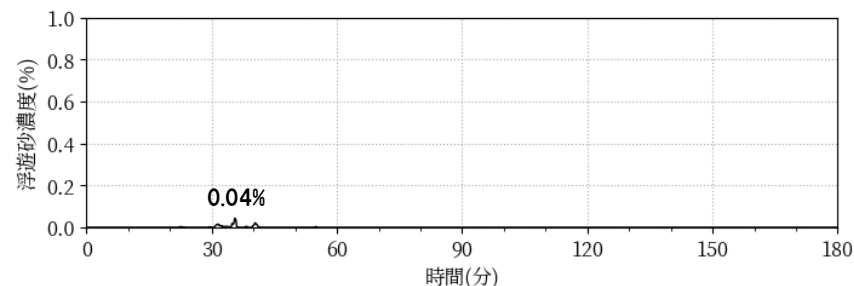
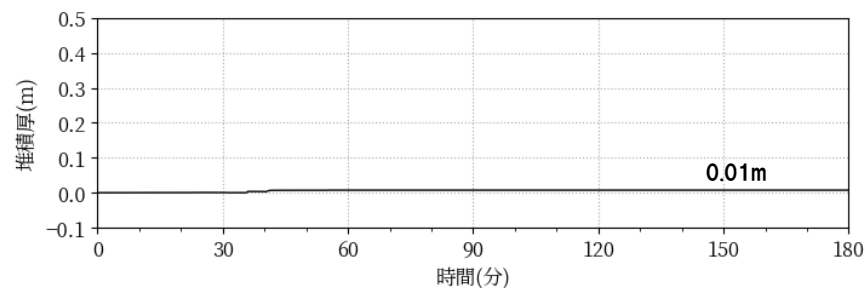
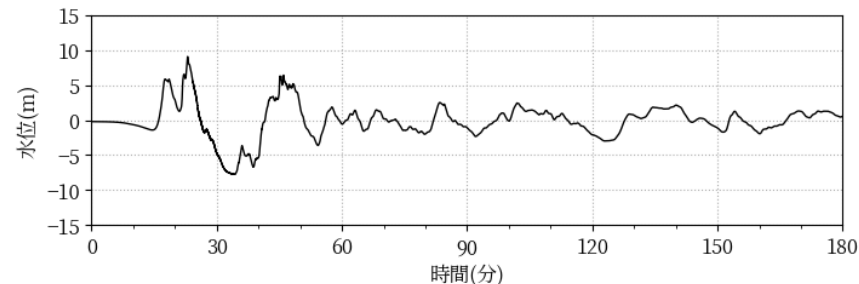
○基準津波C(健全地形モデル)による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

藤井ほか(1998)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



基準津波C(健全地形モデル)

藤井ほか(1998)の手法(浮遊砂上限濃度5%)



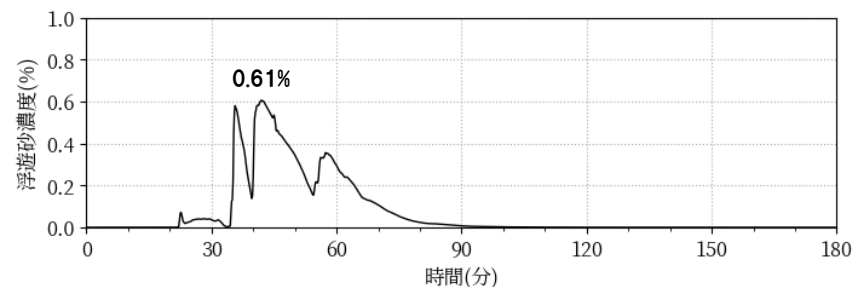
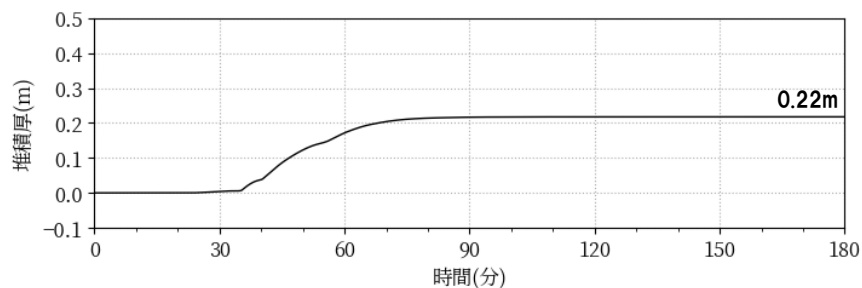
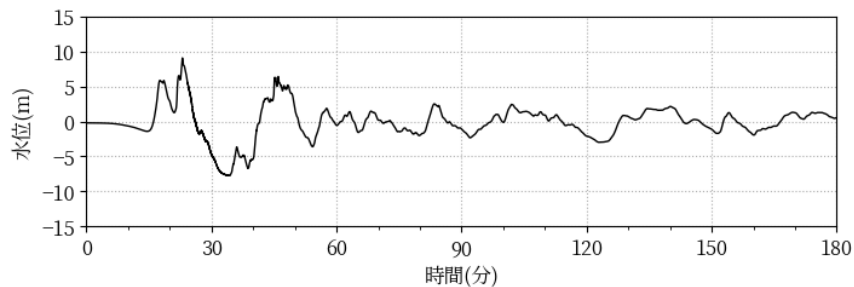
基準津波C(健全地形モデル)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形(8/36) 基準津波C(健全地形モデル)

○基準津波C(健全地形モデル)による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



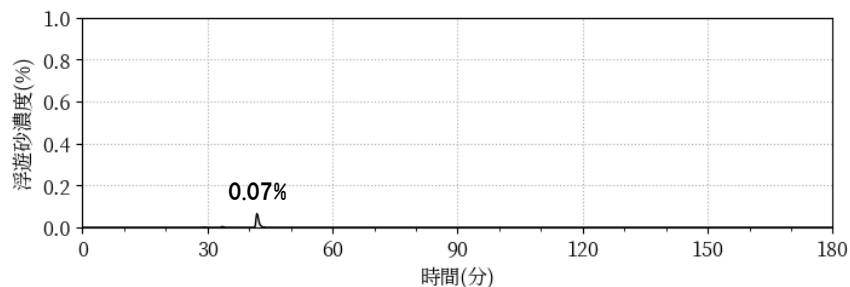
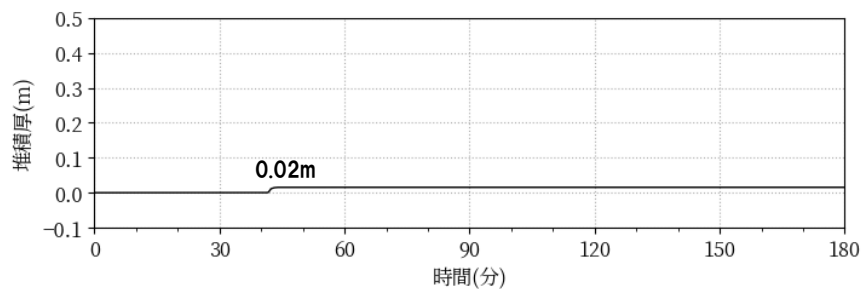
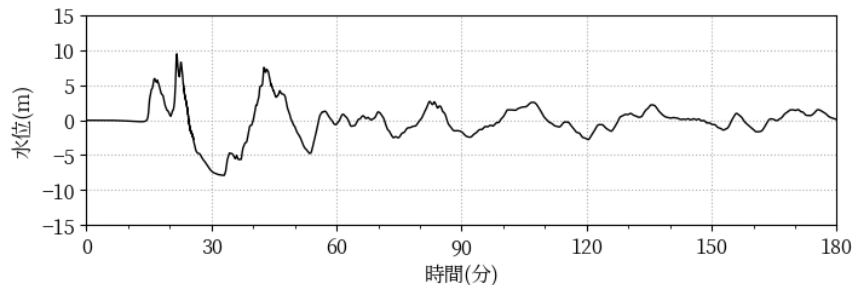
基準津波C(健全地形モデル)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形(9/36) 基準津波D(健全地形モデル)

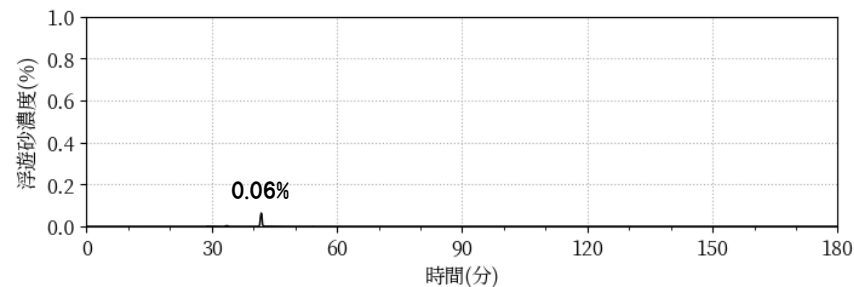
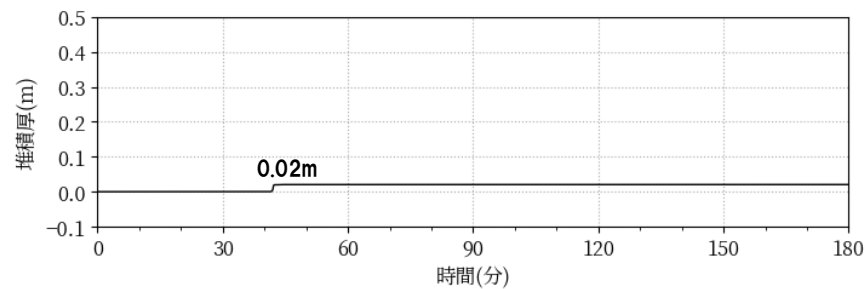
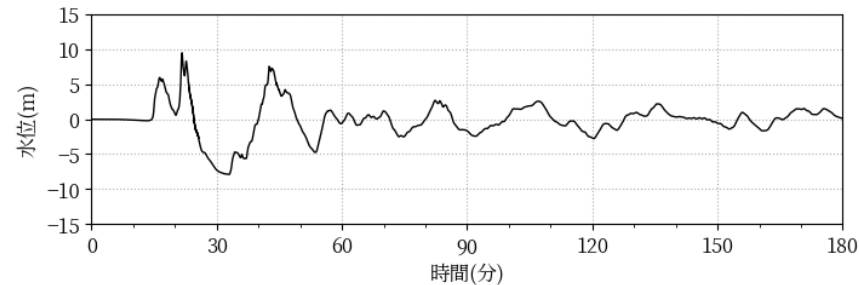
○基準津波D(健全地形モデル)による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

藤井ほか(1998)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



基準津波D(健全地形モデル)

藤井ほか(1998)の手法(浮遊砂上限濃度5%)



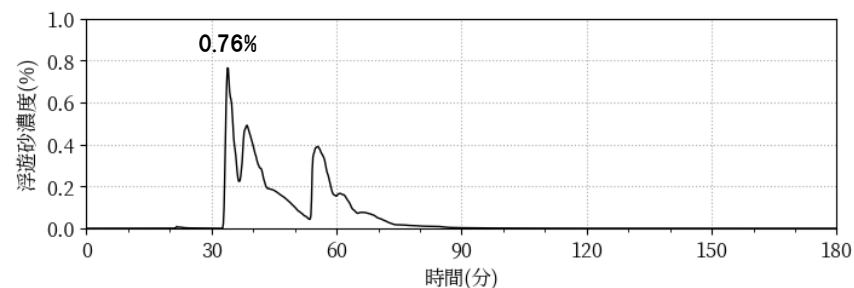
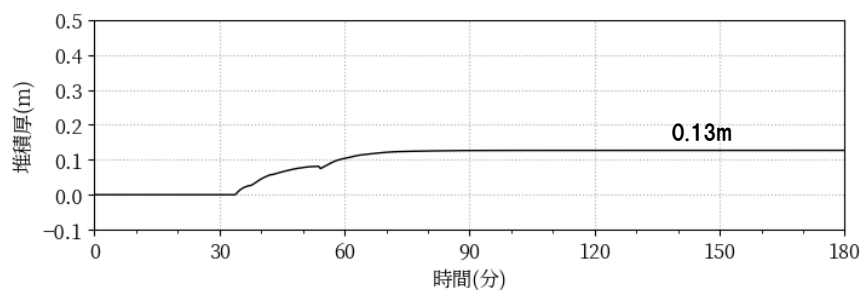
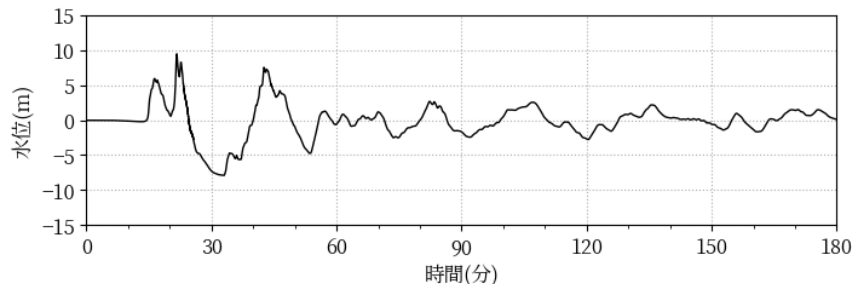
基準津波D(健全地形モデル)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形(10/36) 基準津波D(健全地形モデル)

○基準津波D(健全地形モデル)による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



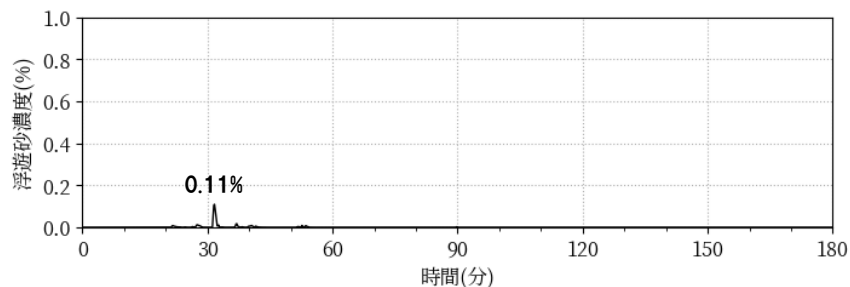
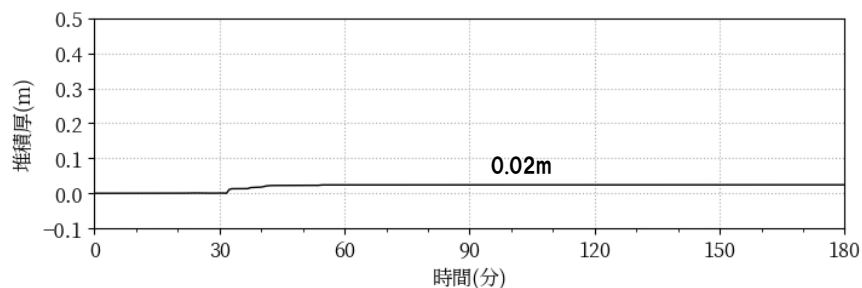
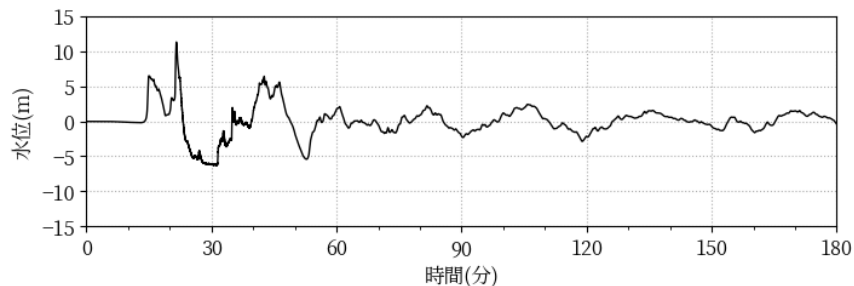
基準津波D(健全地形モデル)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形(11/36) 基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)

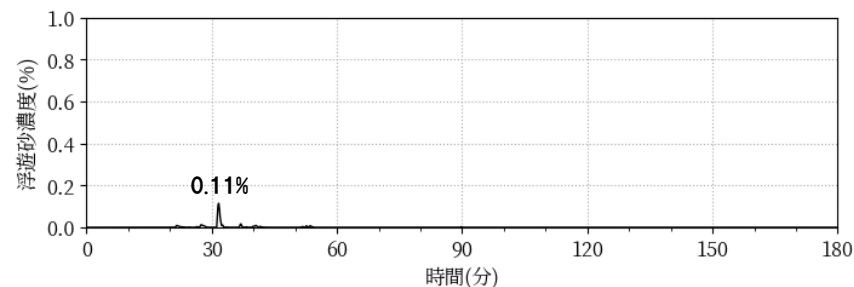
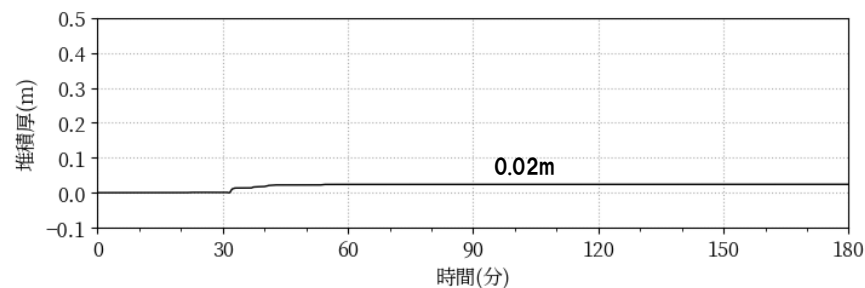
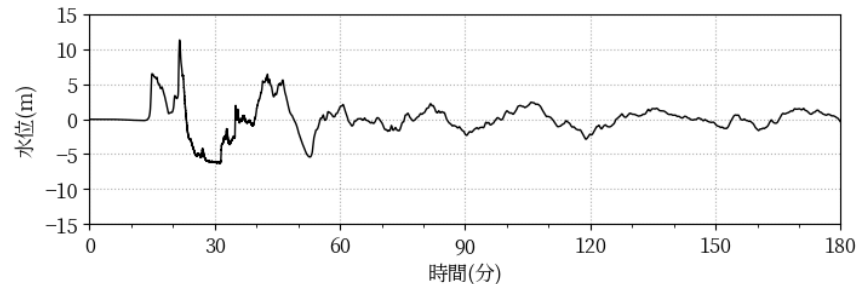
○基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

藤井ほか(1998)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)

藤井ほか(1998)の手法(浮遊砂上限濃度5%)



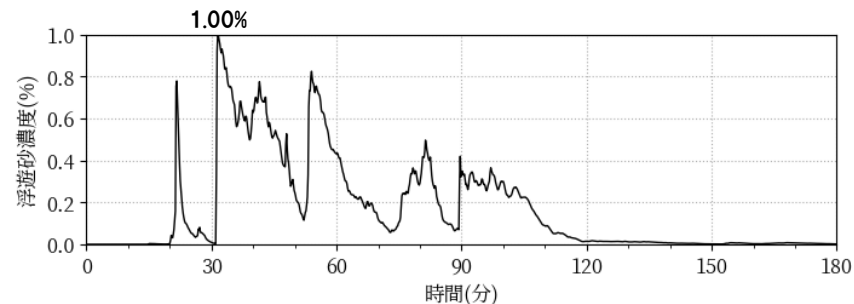
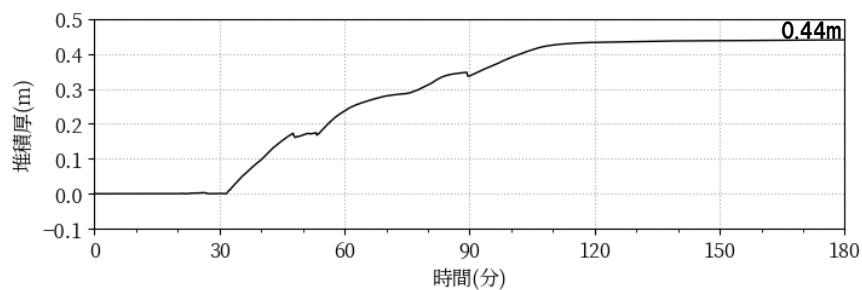
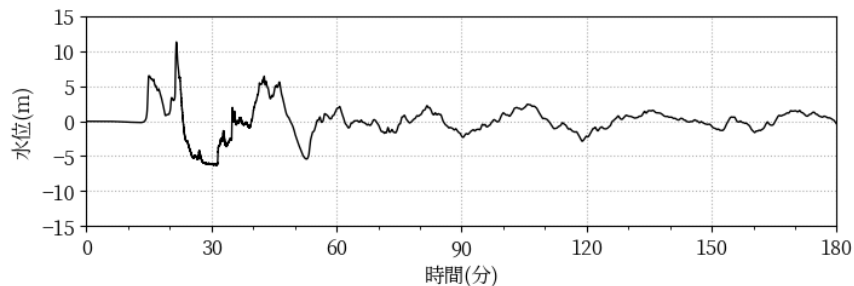
基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形(12/36) 基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)

○基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



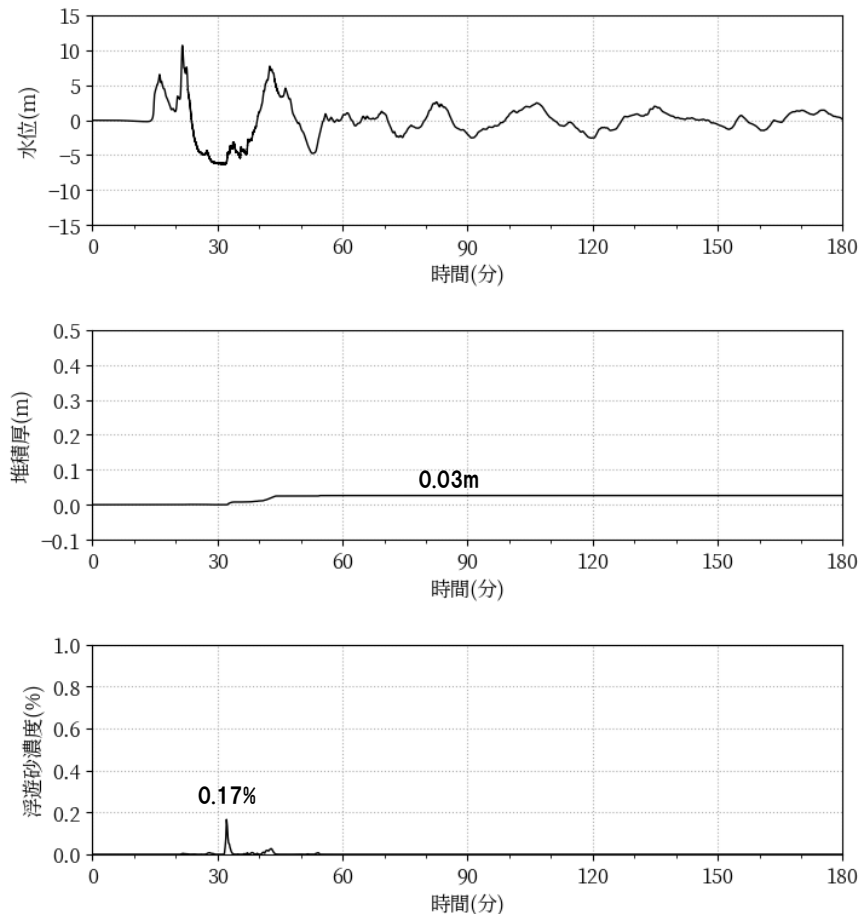
基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形(13/36) 基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)

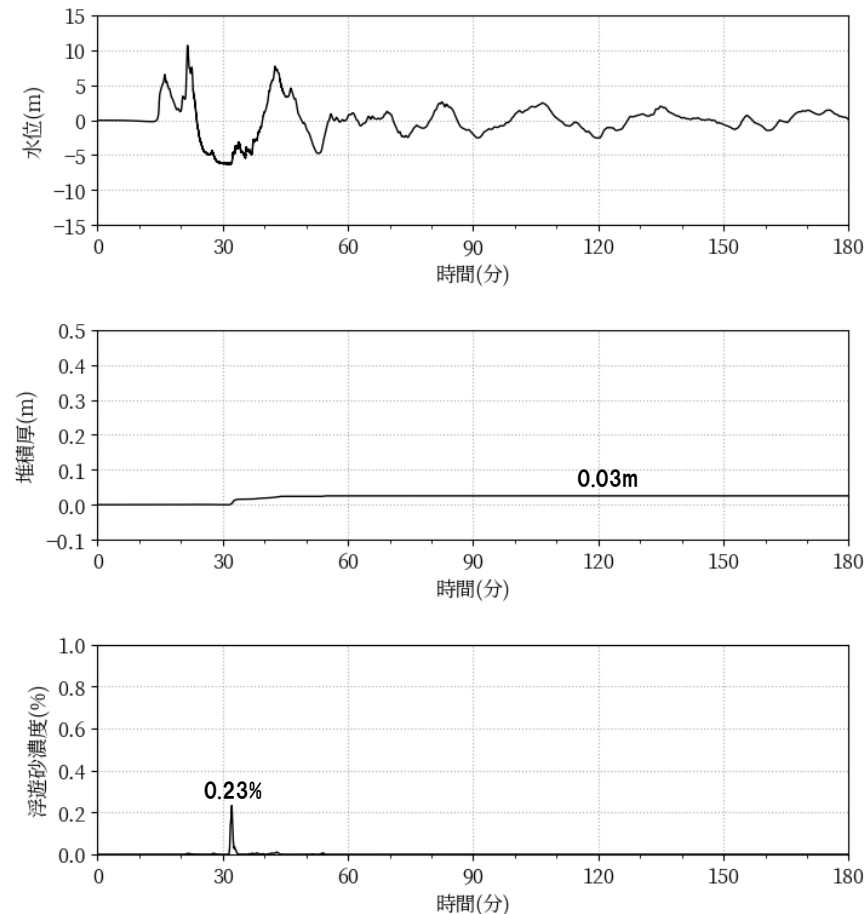
○基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

藤井ほか(1998)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)

藤井ほか(1998)の手法(浮遊砂上限濃度5%)



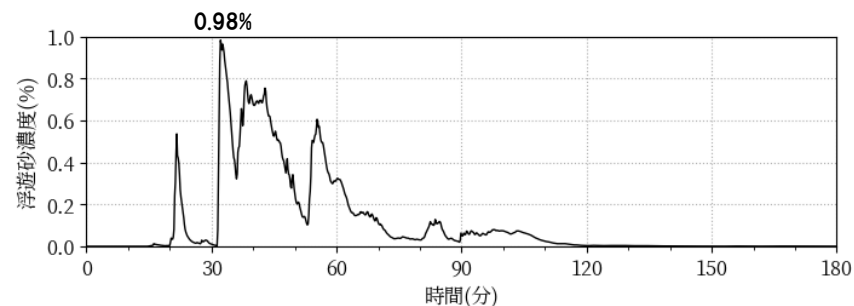
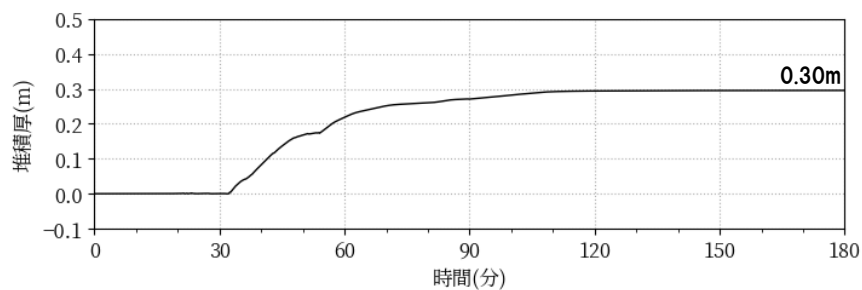
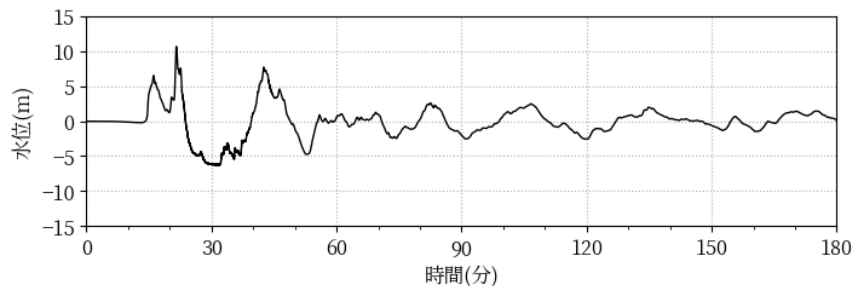
基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形(14/36) 基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)

○基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



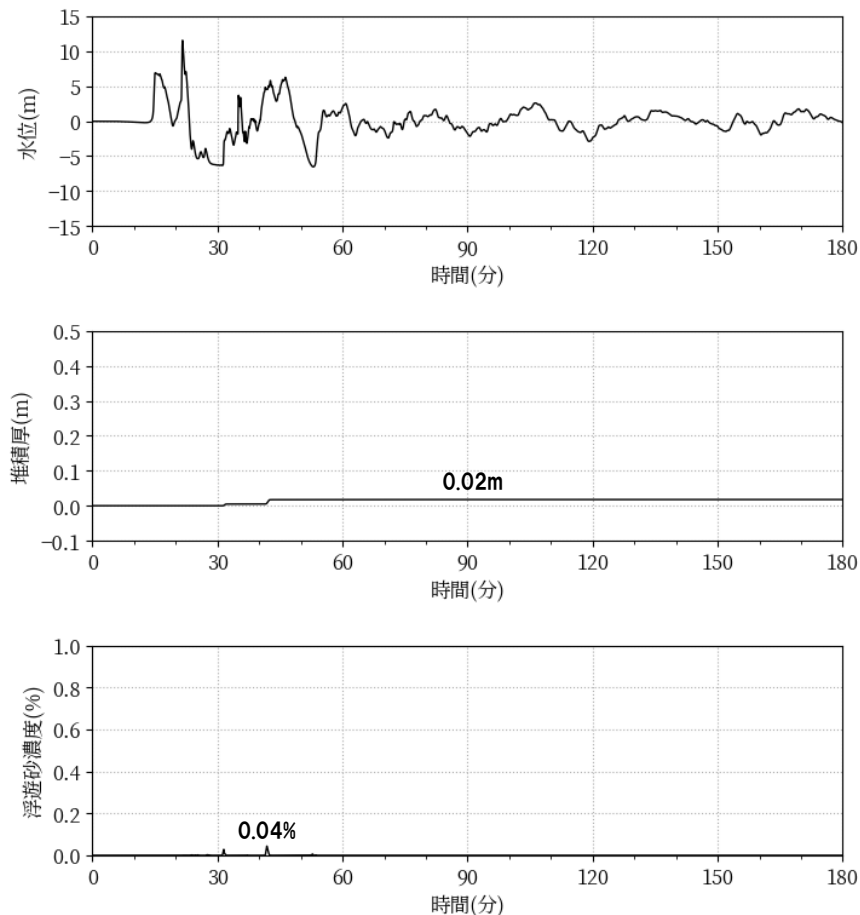
基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形(15/36) 基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

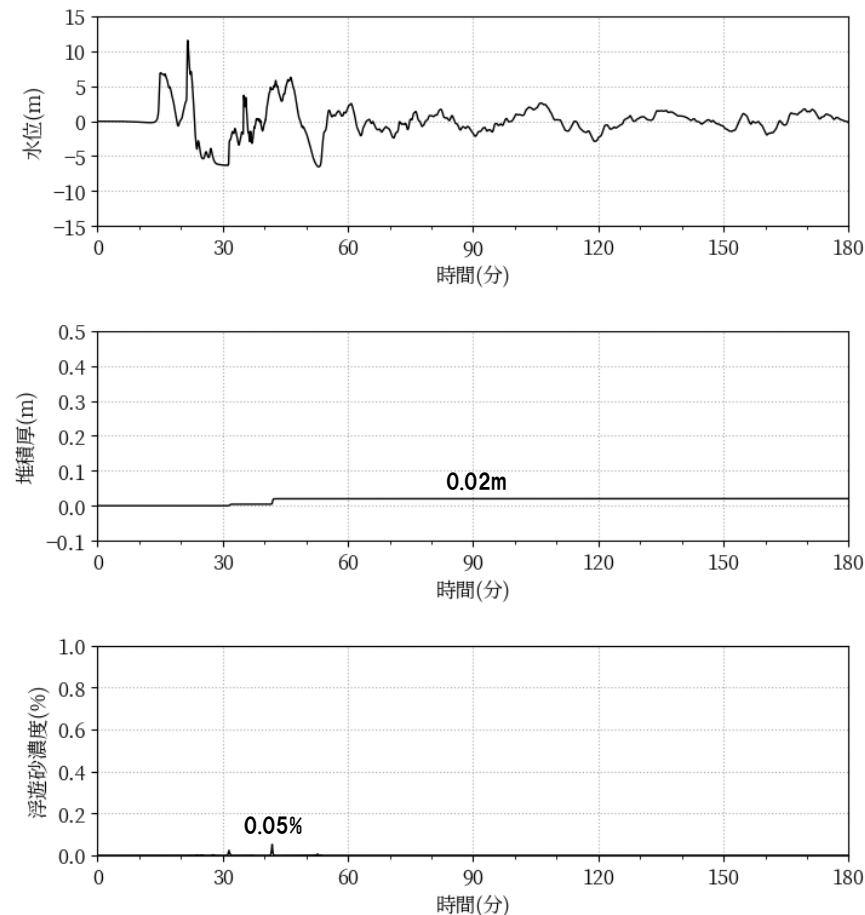
○基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

藤井ほか(1998)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

藤井ほか(1998)の手法(浮遊砂上限濃度5%)



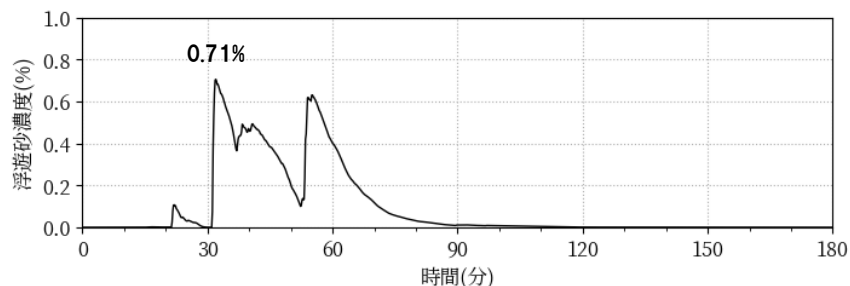
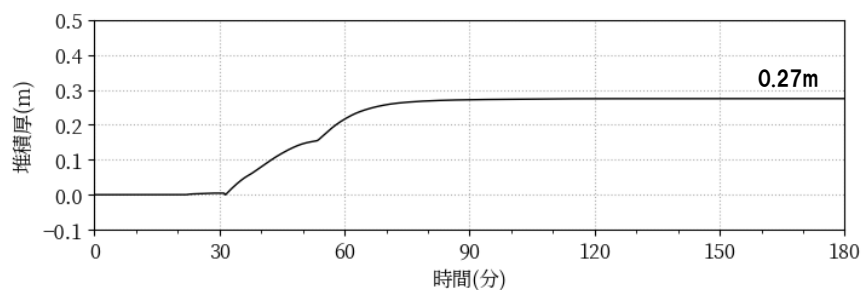
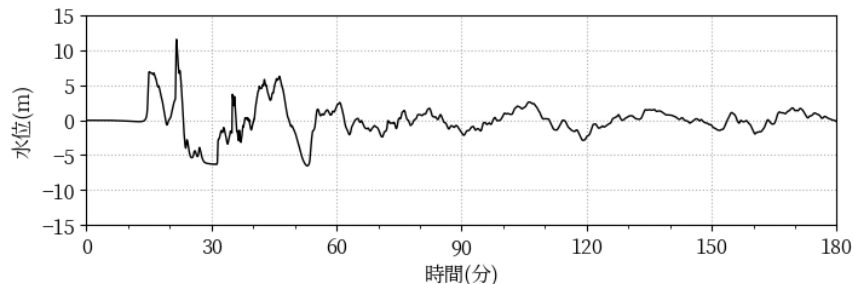
基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形(16/36) 基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

○基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



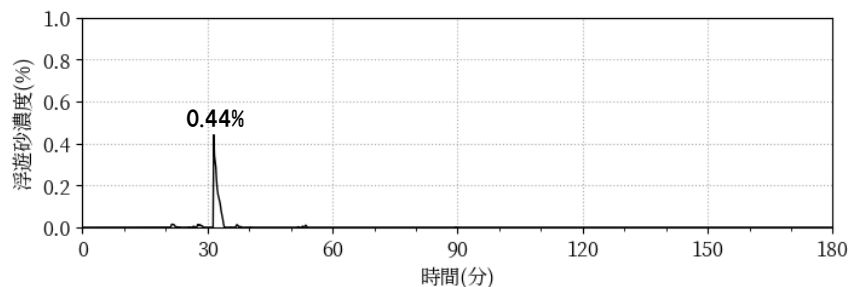
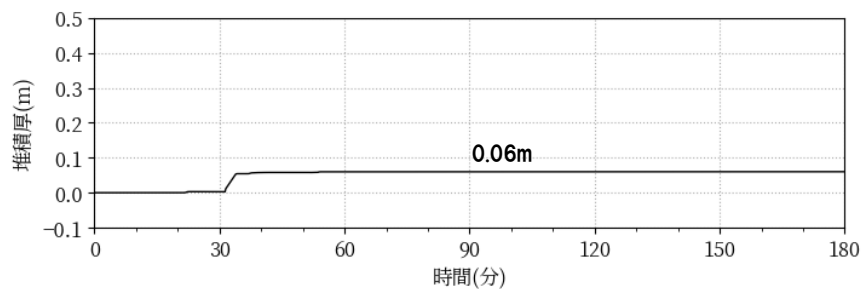
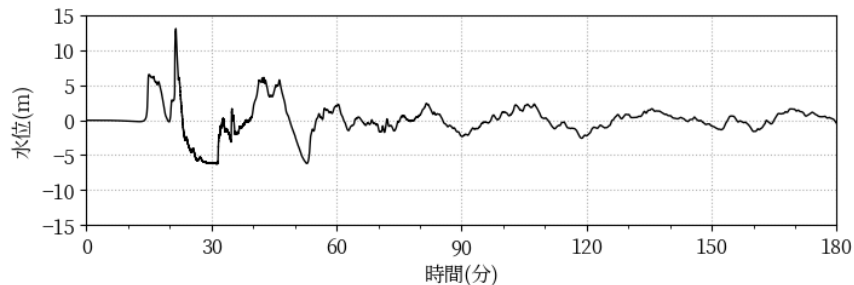
基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形(17/36) 基準津波E(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)

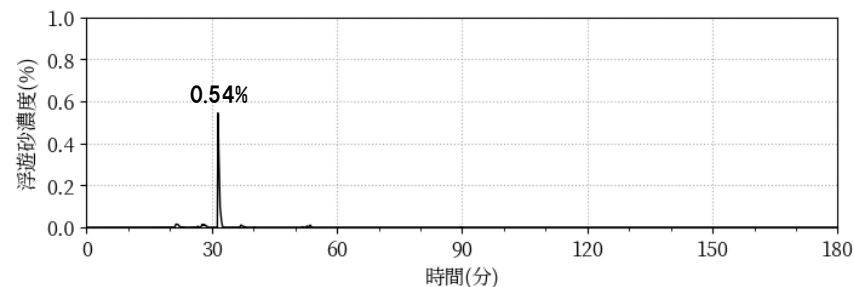
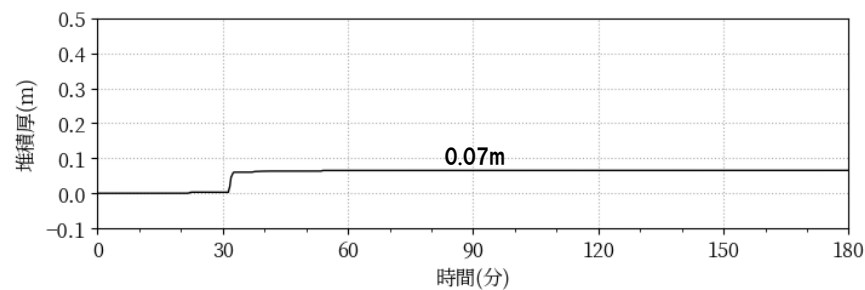
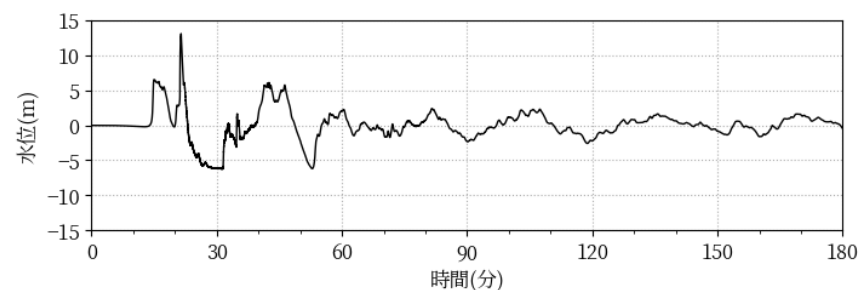
○基準津波E(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

藤井ほか(1998)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



基準津波E(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)

藤井ほか(1998)の手法(浮遊砂上限濃度5%)



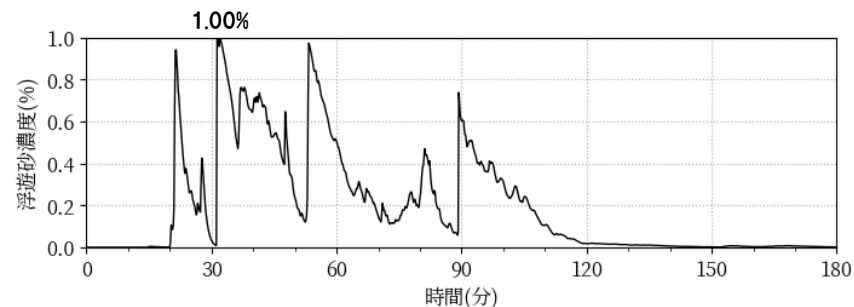
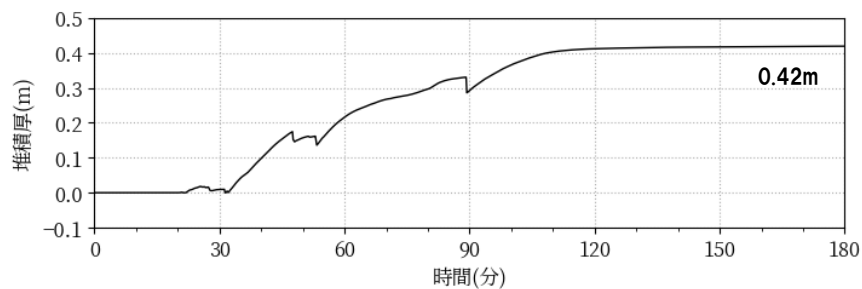
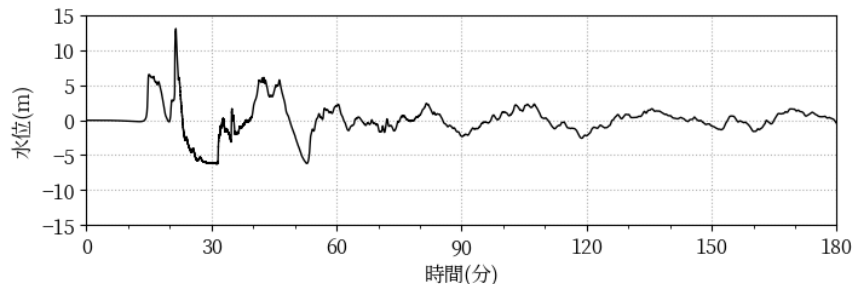
基準津波E(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形(18/36) 基準津波E(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)

○基準津波E(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



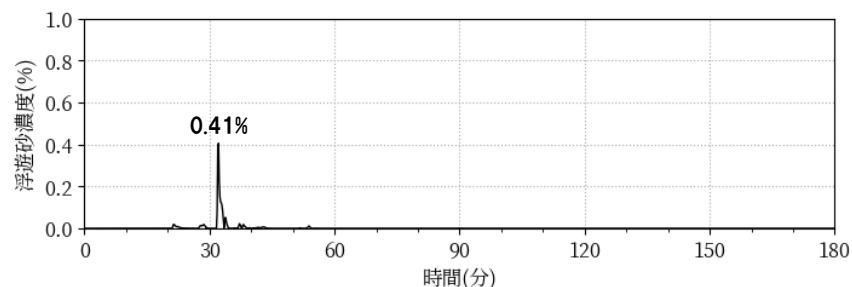
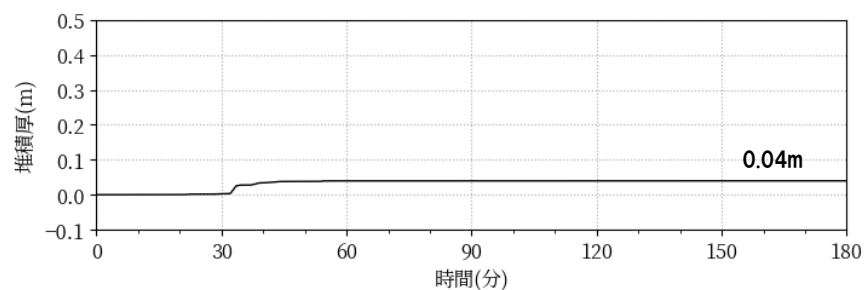
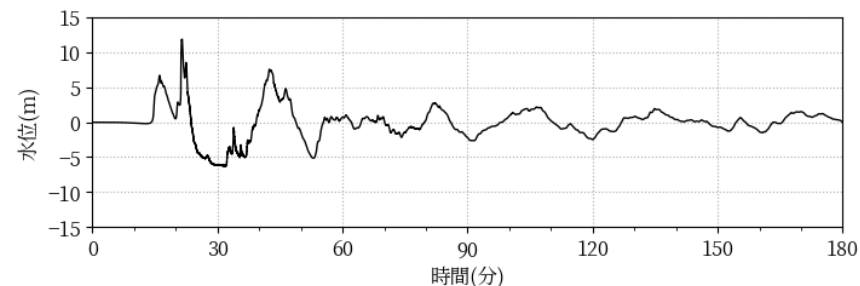
基準津波E(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形(19/36) 基準津波E(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)

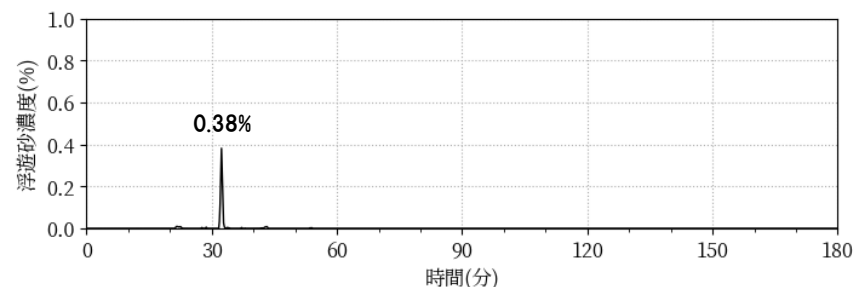
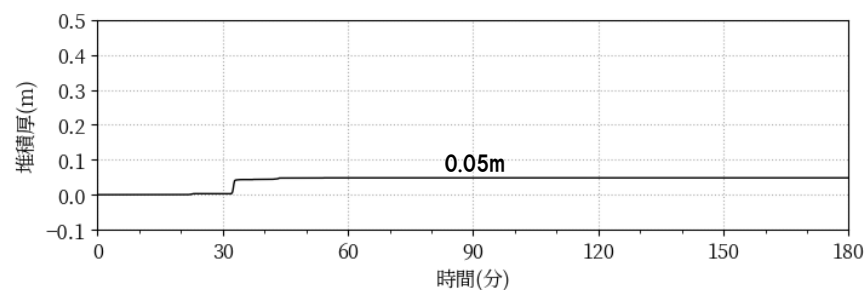
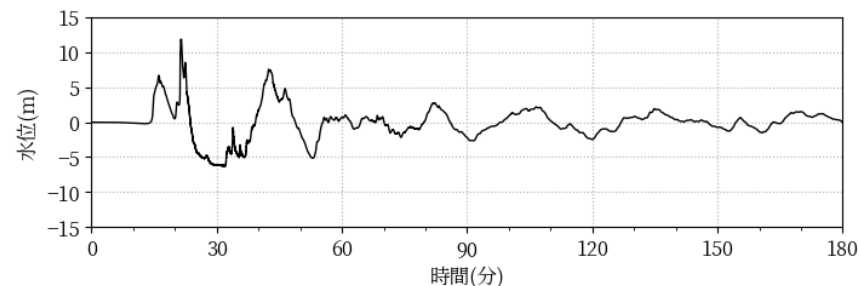
○基準津波E(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

藤井ほか(1998)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



基準津波E(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)

藤井ほか(1998)の手法(浮遊砂上限濃度5%)



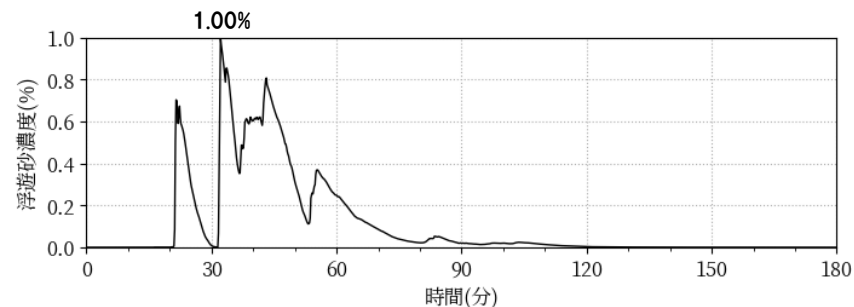
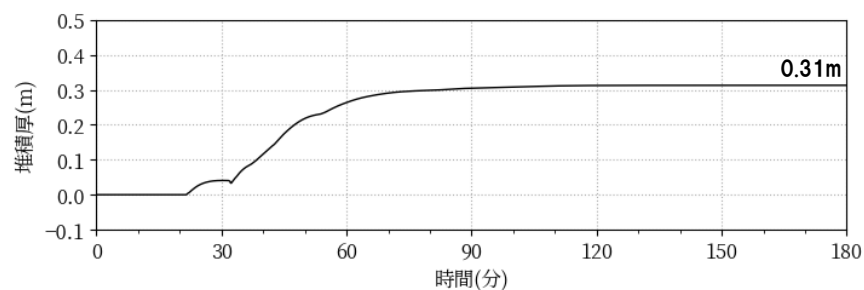
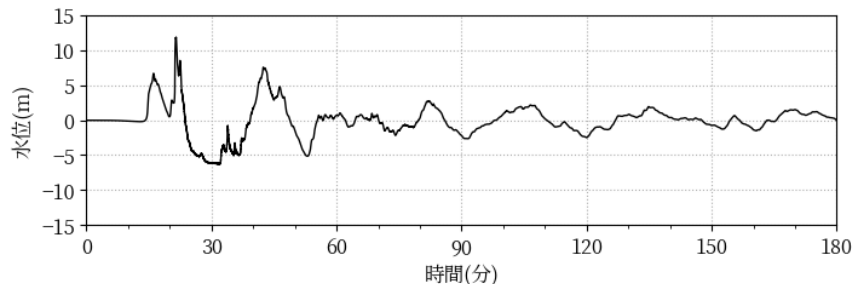
基準津波E(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形(20/36) 基準津波E(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)

○基準津波E(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



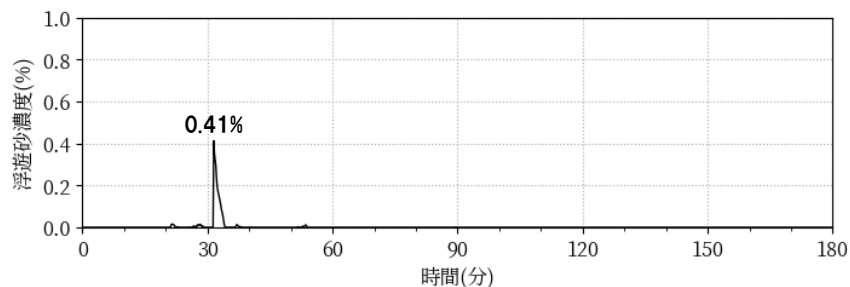
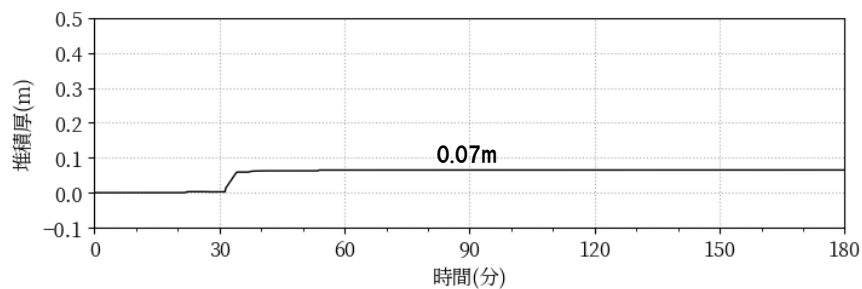
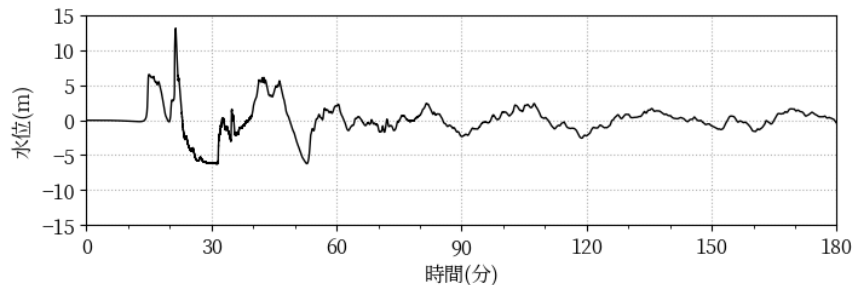
基準津波E(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形(21/36) 基準津波F(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)

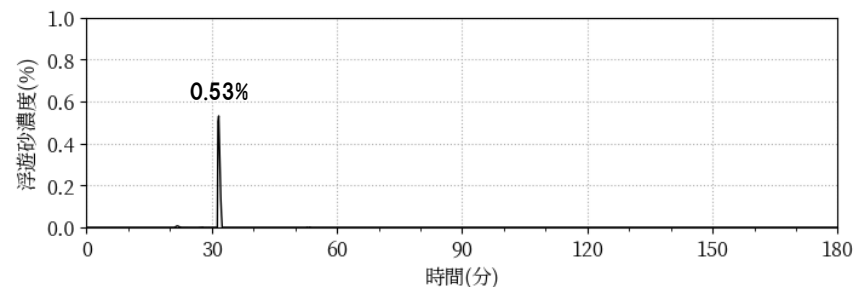
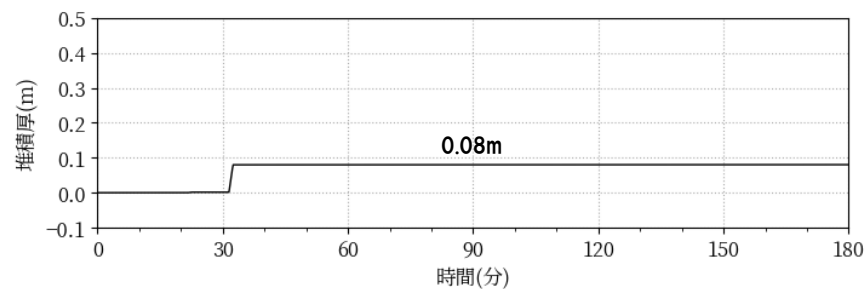
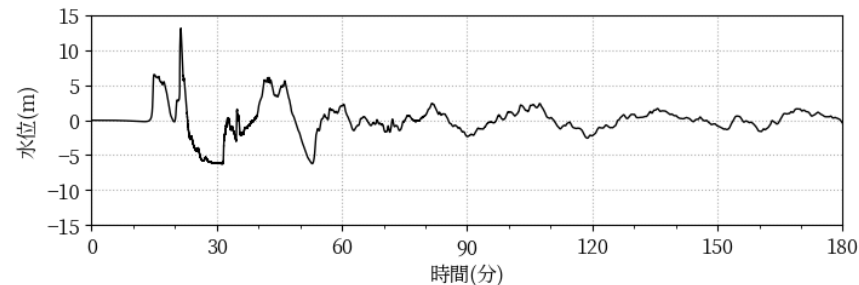
○基準津波F(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

藤井ほか(1998)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



基準津波F(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)

藤井ほか(1998)の手法(浮遊砂上限濃度5%)



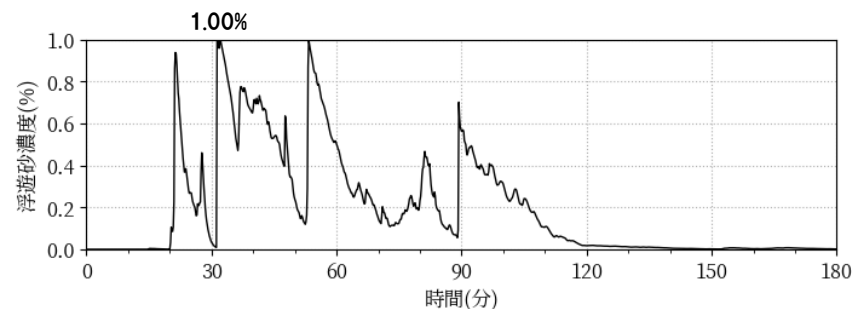
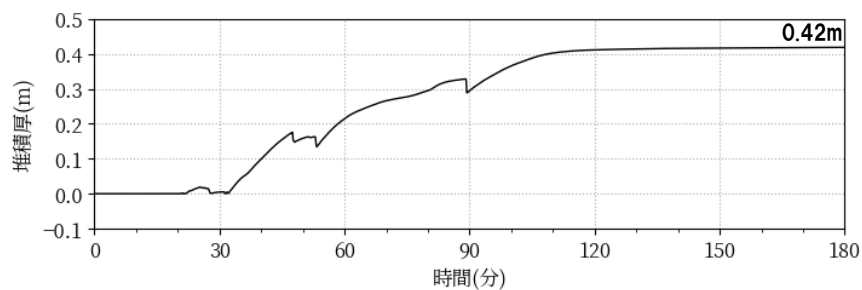
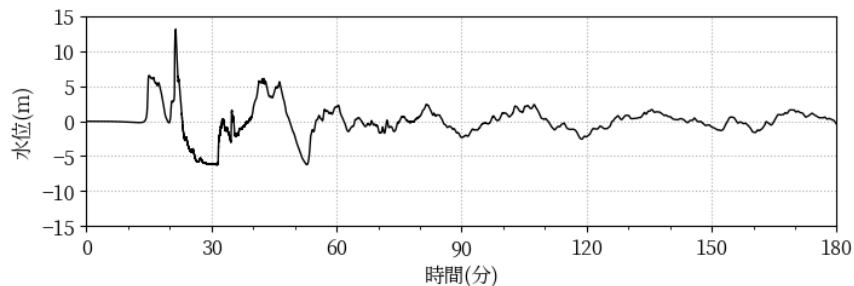
基準津波F(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形(22/36) 基準津波F(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)

○基準津波F(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



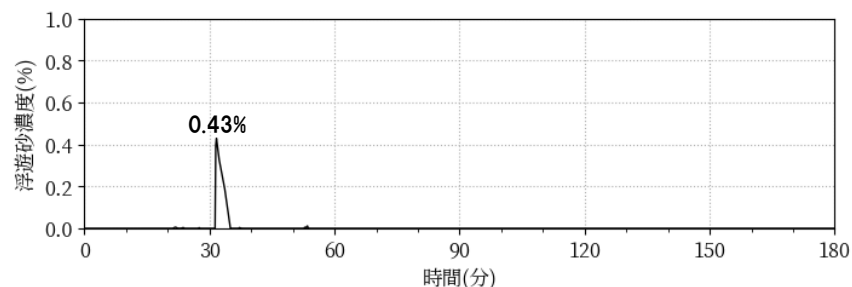
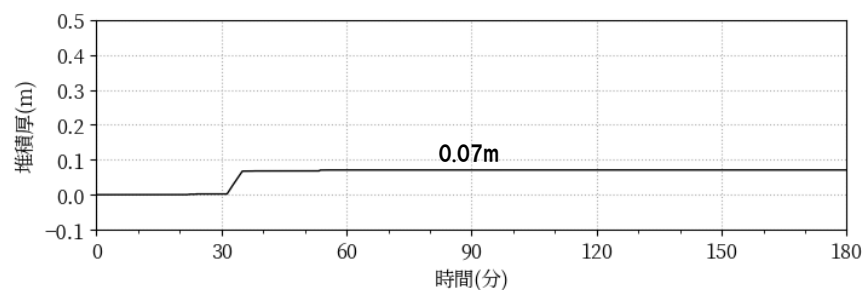
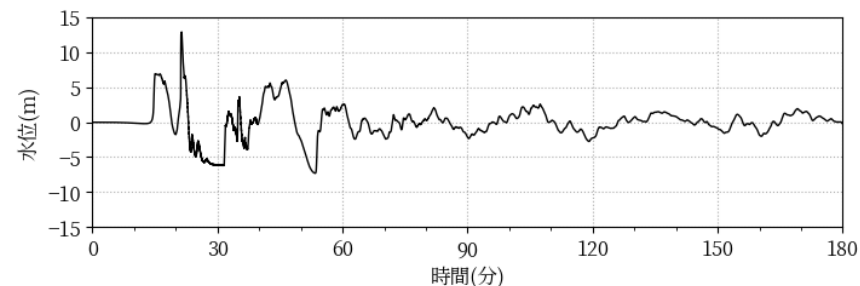
基準津波F(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形(23/36) 基準津波F(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

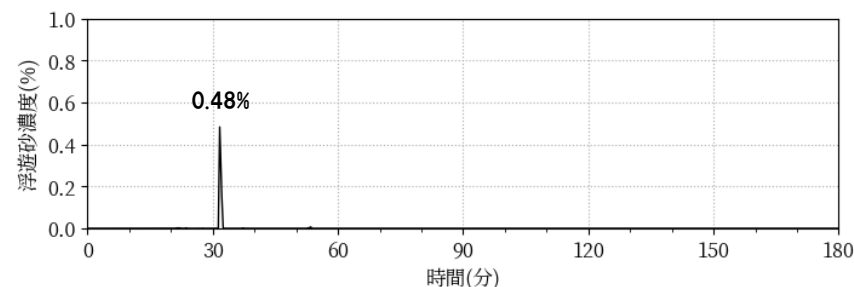
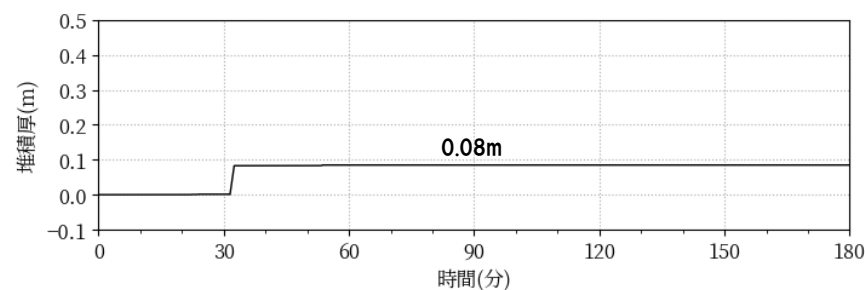
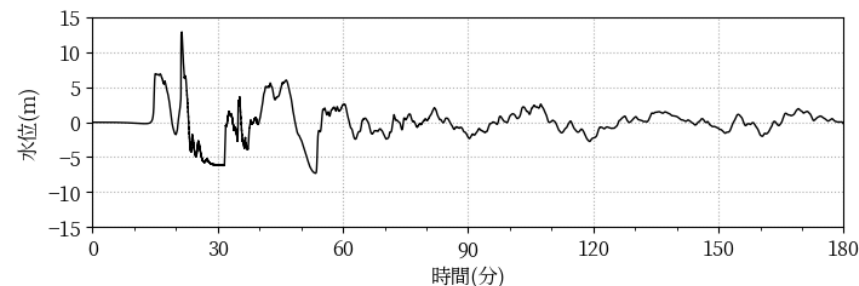
○基準津波F(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

藤井ほか(1998)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



基準津波F(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

藤井ほか(1998)の手法(浮遊砂上限濃度5%)



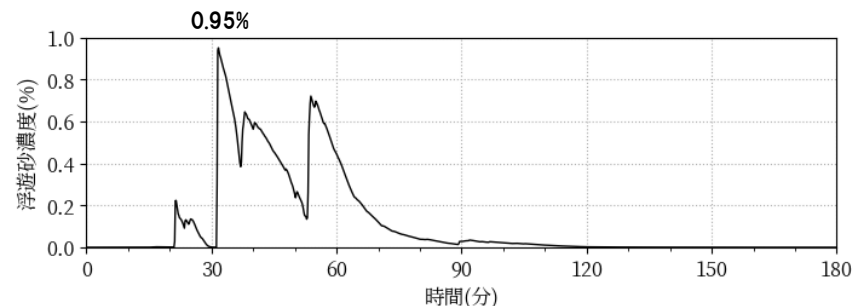
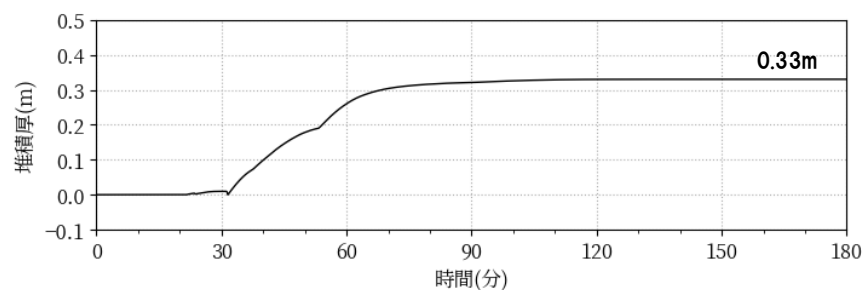
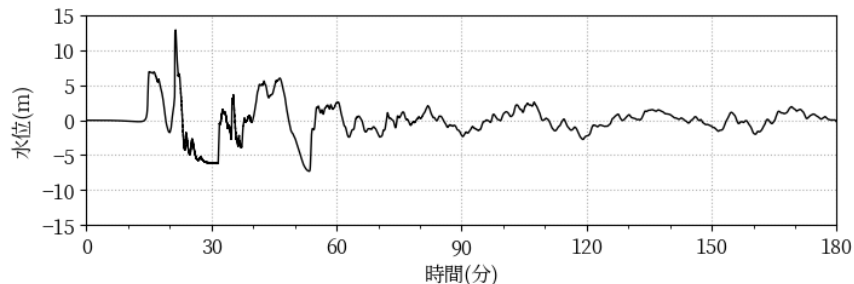
基準津波F(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形(24/36) 基準津波F(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

○基準津波F(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



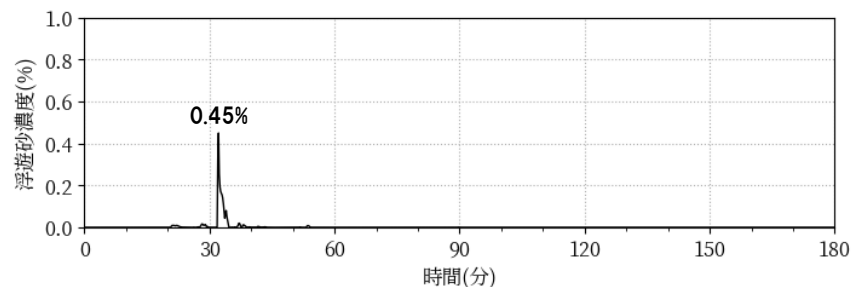
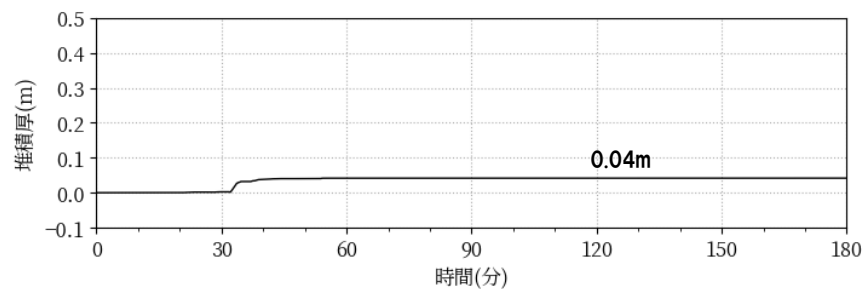
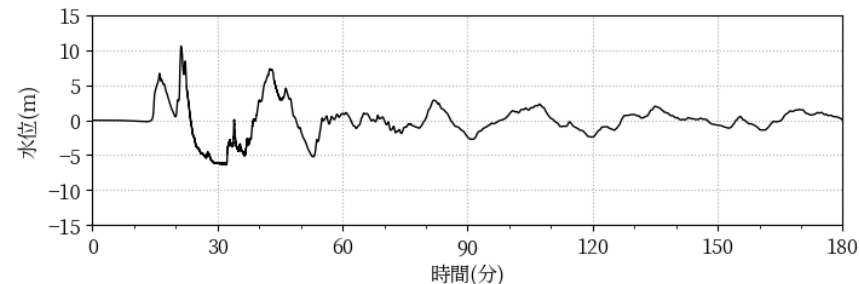
基準津波F(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形(25/36) 基準津波G(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)

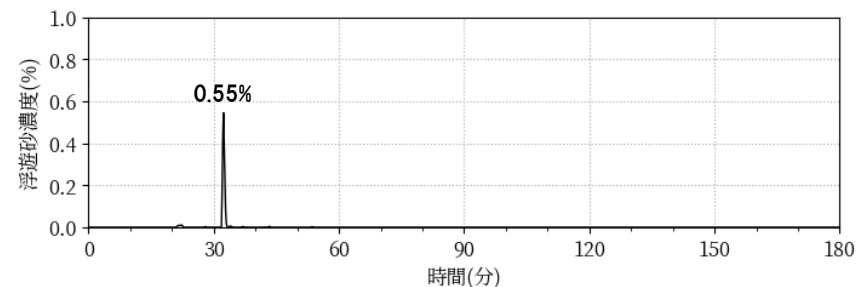
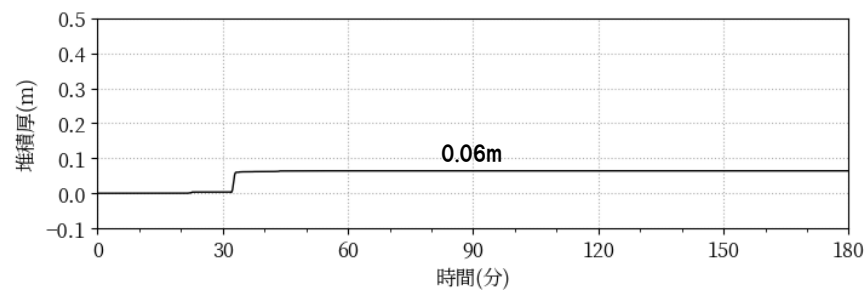
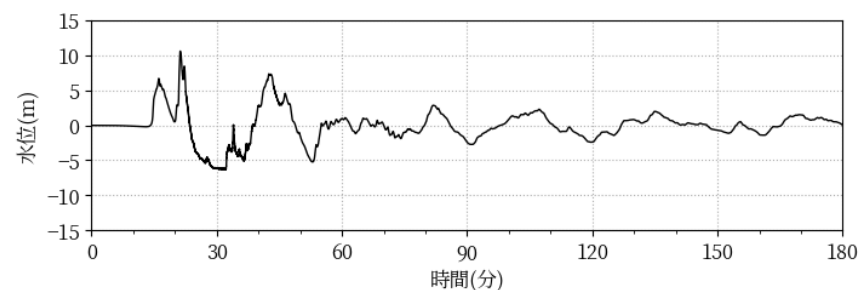
○基準津波G(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

藤井ほか(1998)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



基準津波G(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)

藤井ほか(1998)の手法(浮遊砂上限濃度5%)



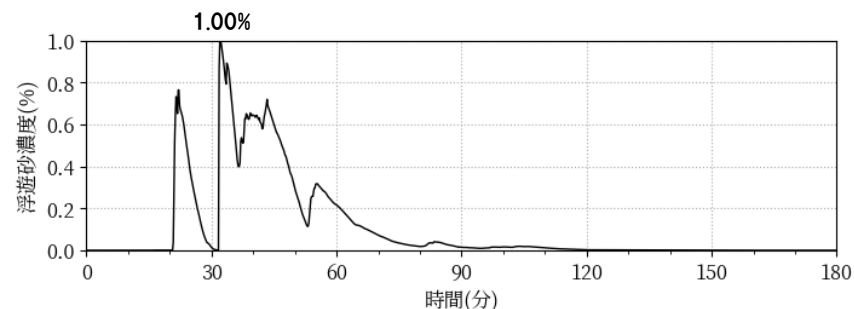
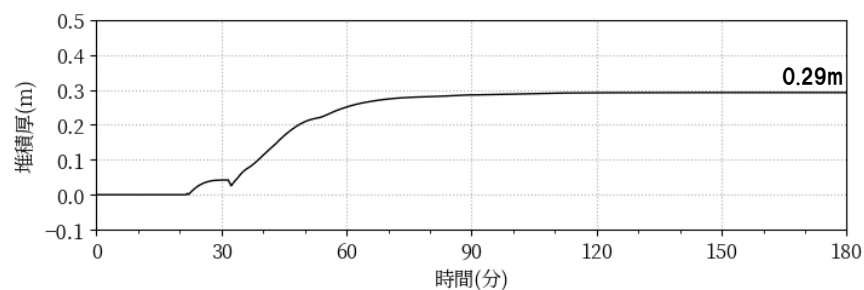
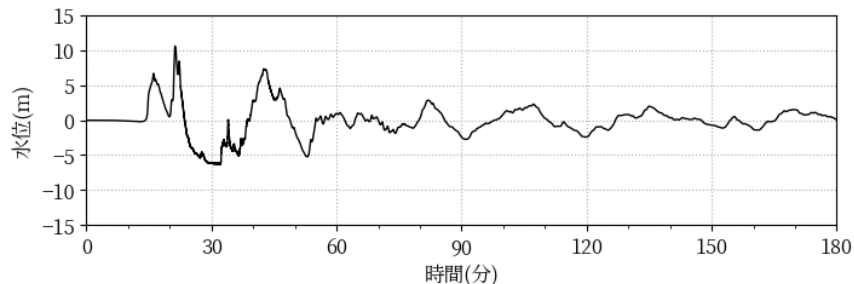
基準津波G(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形(26/36) 基準津波G(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)

○基準津波G(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



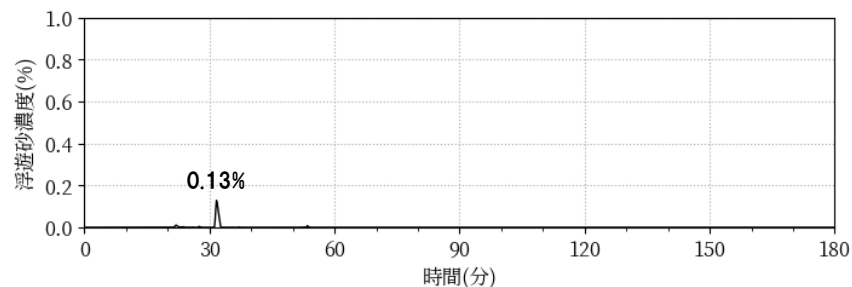
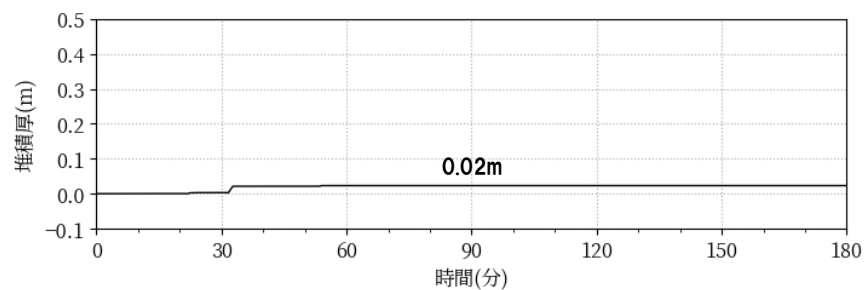
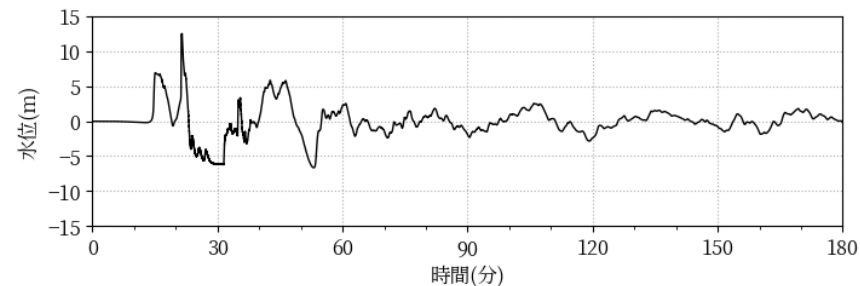
基準津波G(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形(27/36) 基準津波H(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

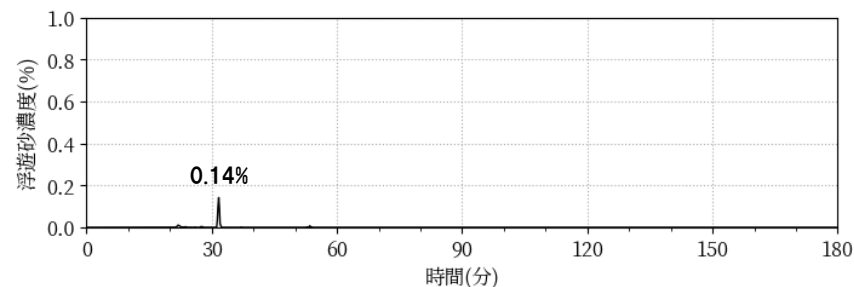
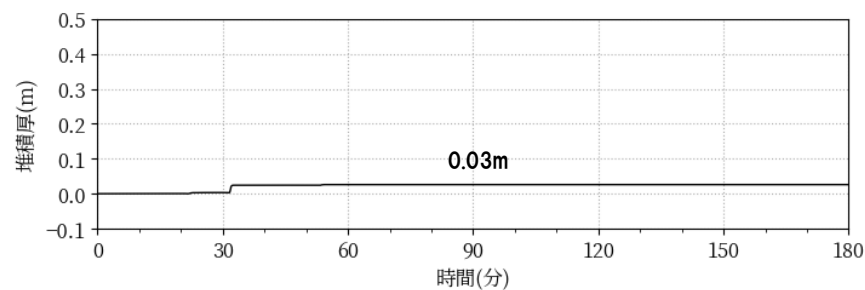
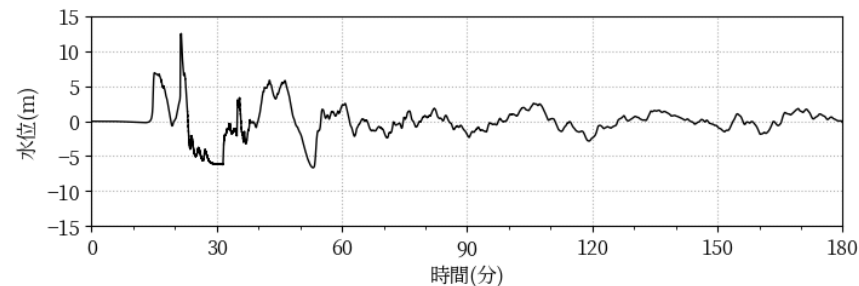
○基準津波H(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

藤井ほか(1998)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



基準津波H(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

藤井ほか(1998)の手法(浮遊砂上限濃度5%)



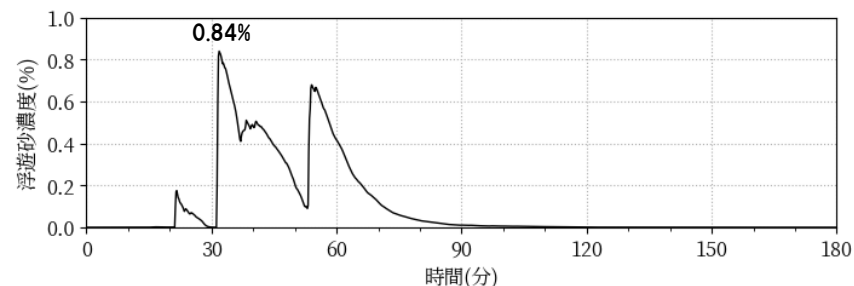
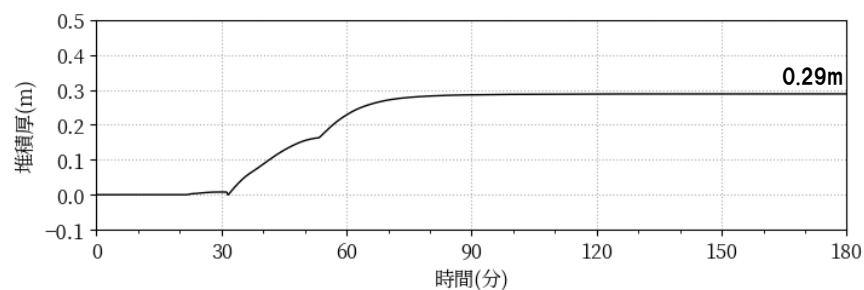
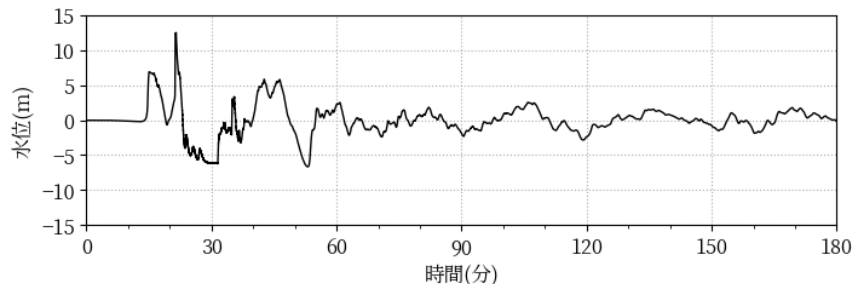
基準津波H(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形(28/36) 基準津波H(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

○基準津波H(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



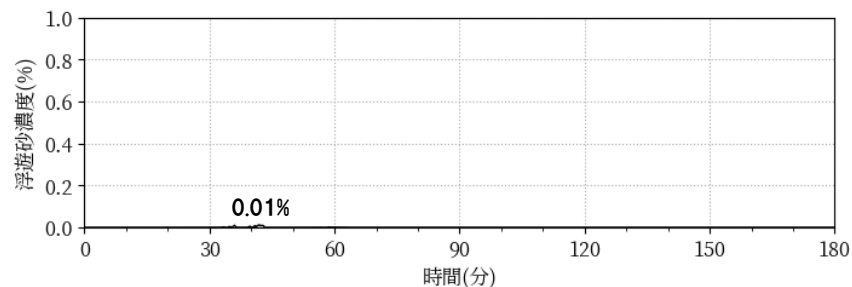
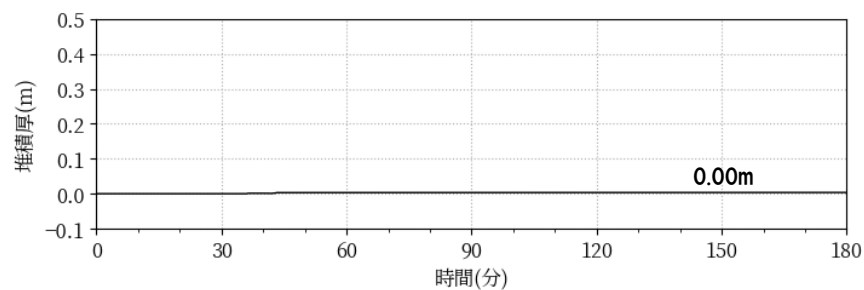
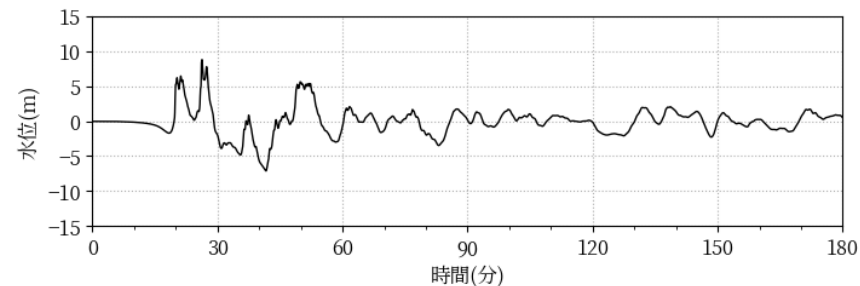
基準津波H(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形(29/36) 基準津波I(健全地形モデル)

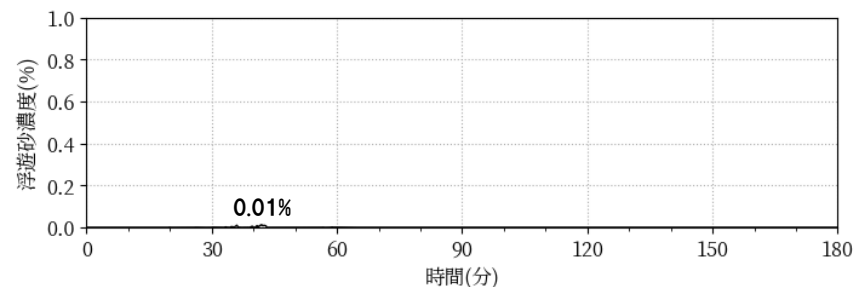
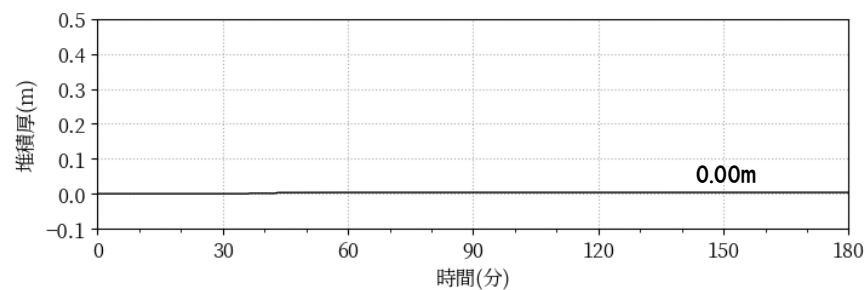
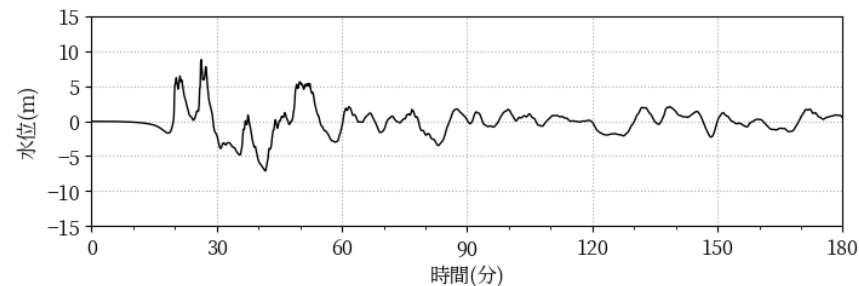
○基準津波I(健全地形モデル)による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

藤井ほか(1998)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



基準津波I(健全地形モデル)

藤井ほか(1998)の手法(浮遊砂上限濃度5%)



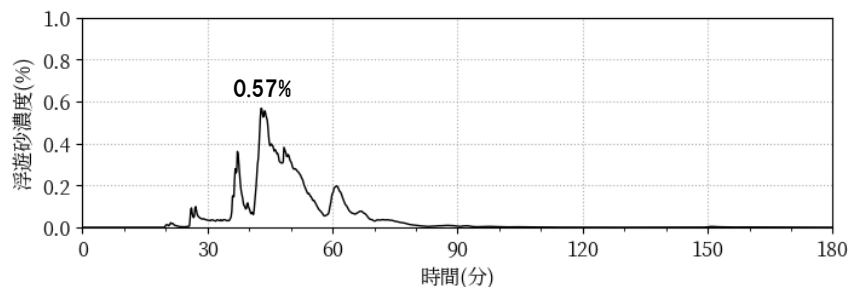
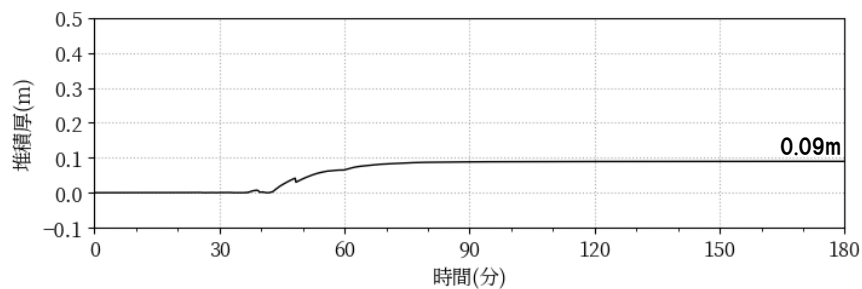
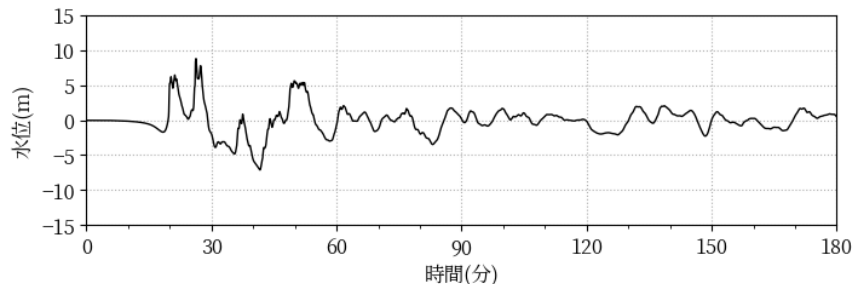
基準津波I(健全地形モデル)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形(30/36) 基準津波I(健全地形モデル)

○基準津波I(健全地形モデル)による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



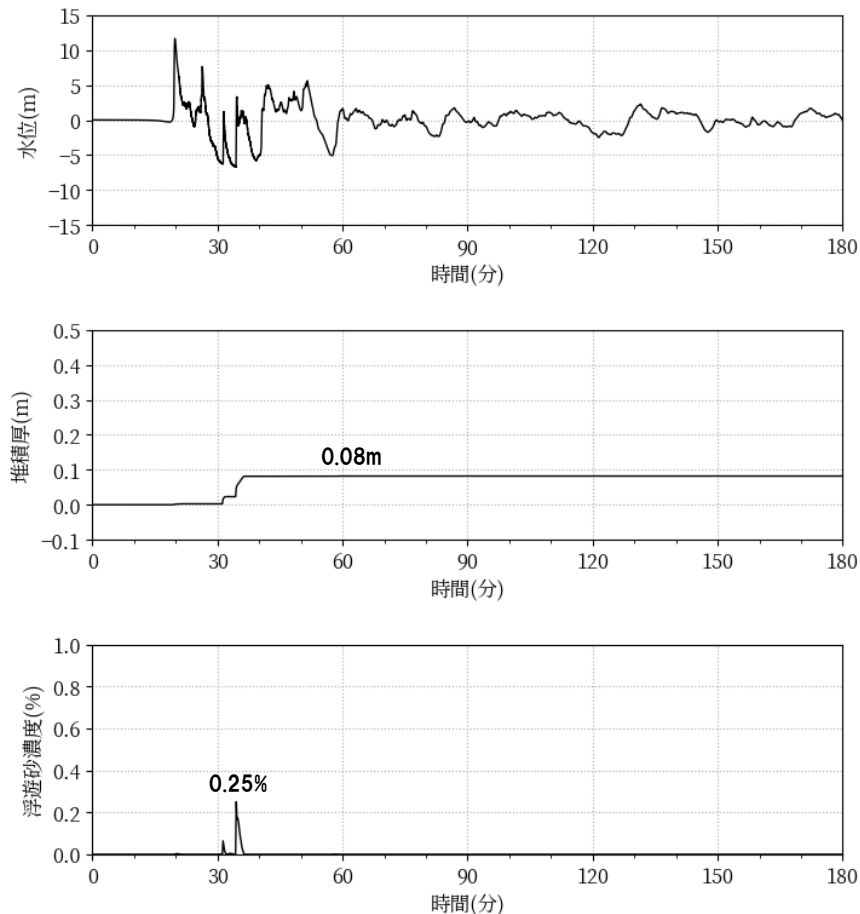
基準津波I(健全地形モデル)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形(31/36) 基準津波J(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)

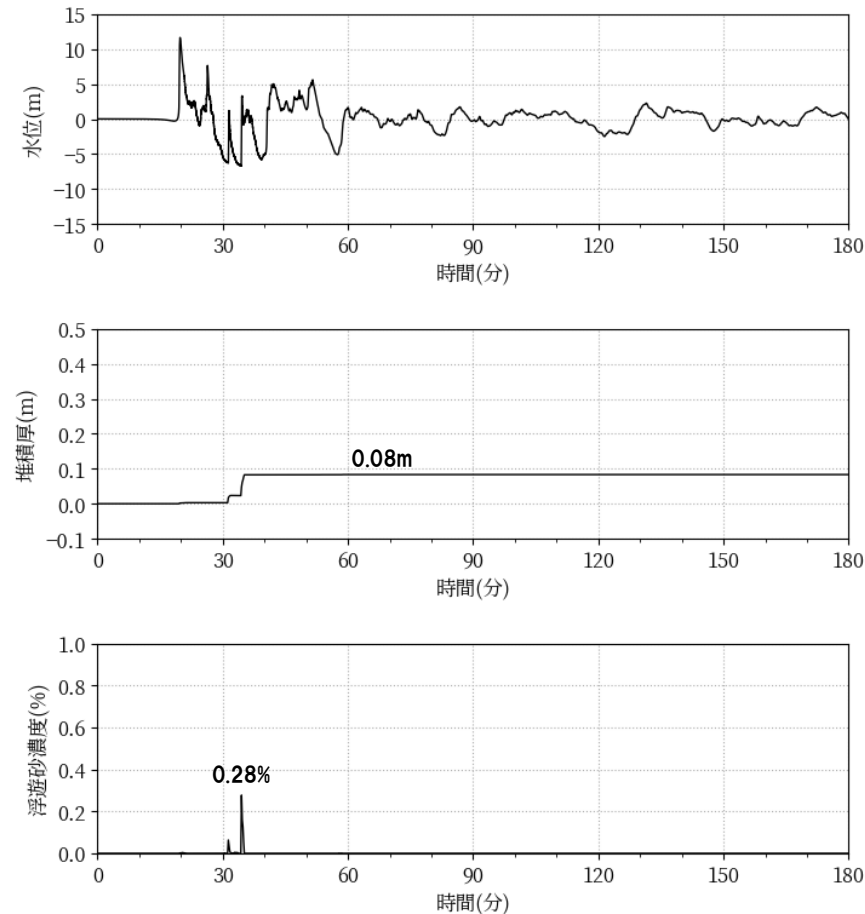
○基準津波J(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

藤井ほか(1998)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



基準津波J(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)

藤井ほか(1998)の手法(浮遊砂上限濃度5%)



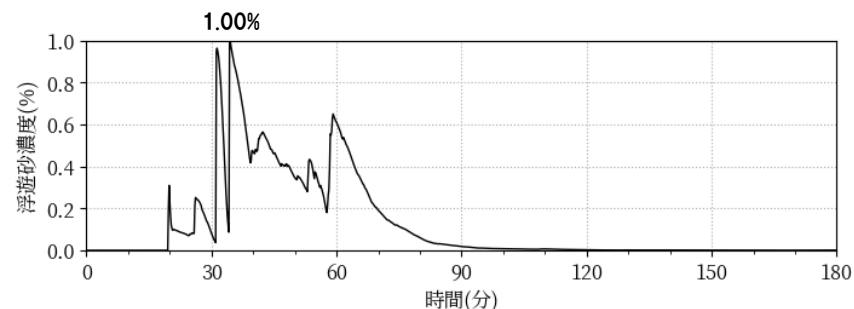
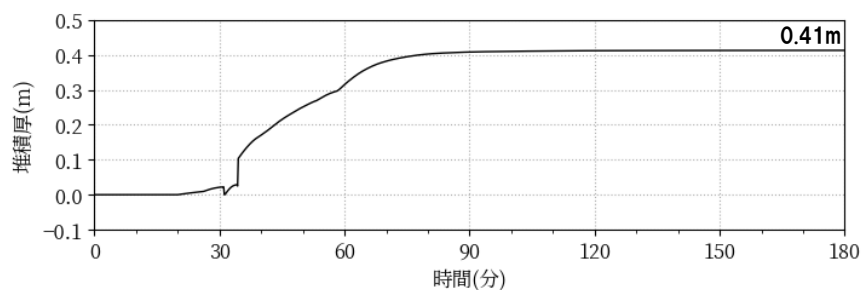
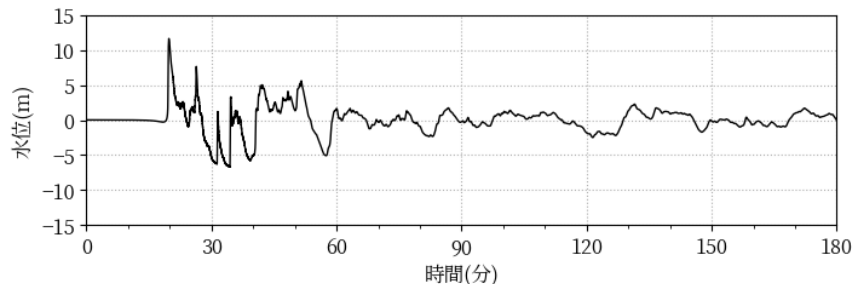
基準津波J(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形(32/36) 基準津波J(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)

○基準津波J(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



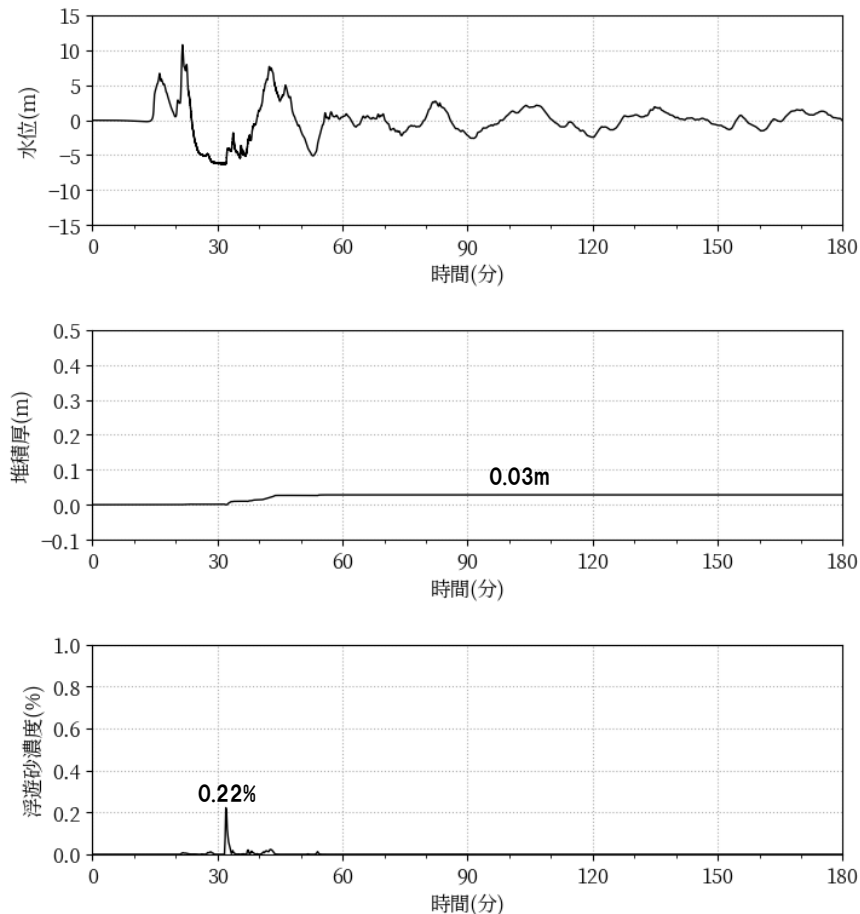
基準津波J(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形 (33/36) 基準津波K (防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)

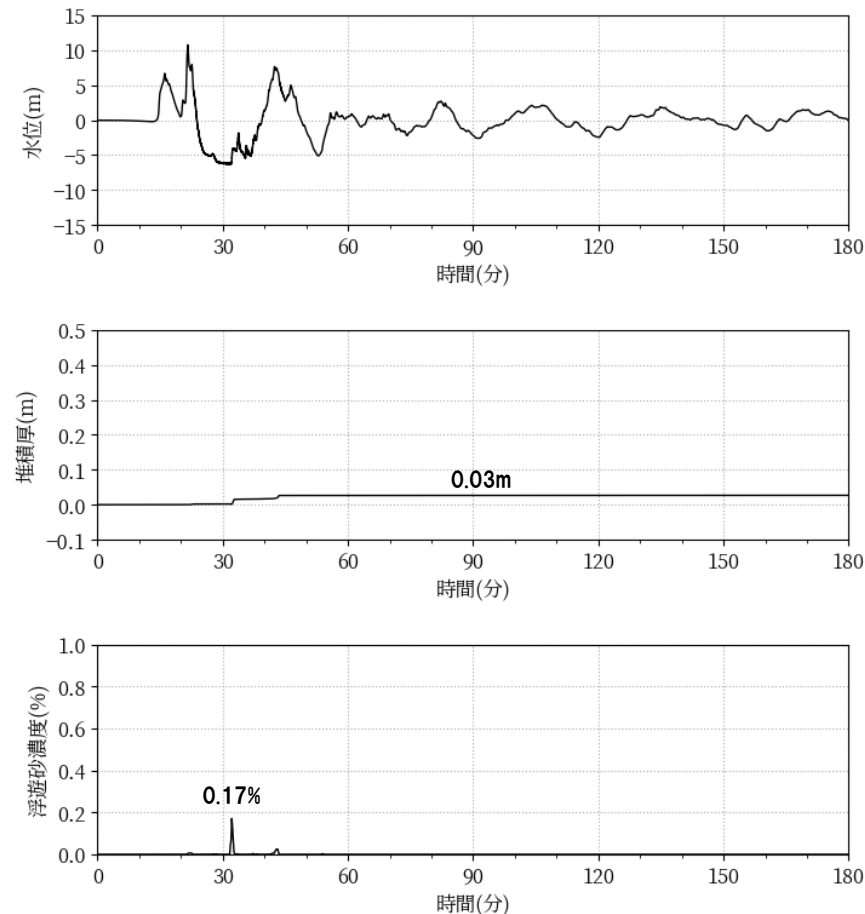
○基準津波K (防波堤の損傷を考慮した地形モデル②) による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

藤井ほか(1998)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



基準津波K (防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)

藤井ほか(1998)の手法(浮遊砂上限濃度5%)



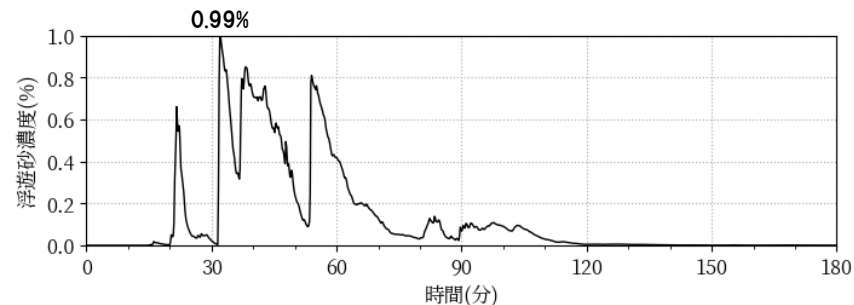
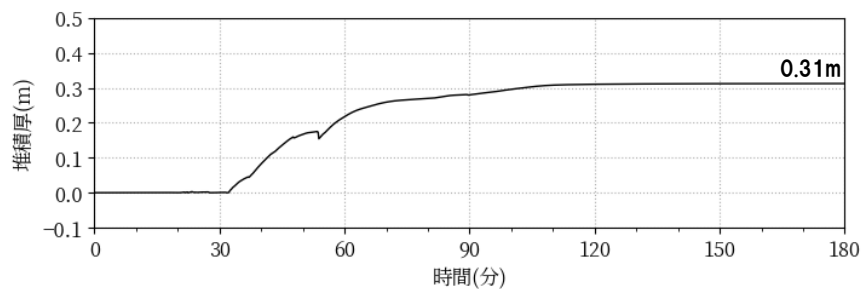
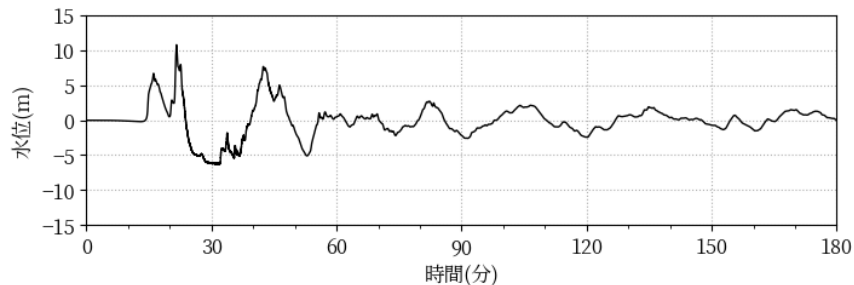
基準津波K (防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形(34/36) 基準津波K(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)

○基準津波K(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



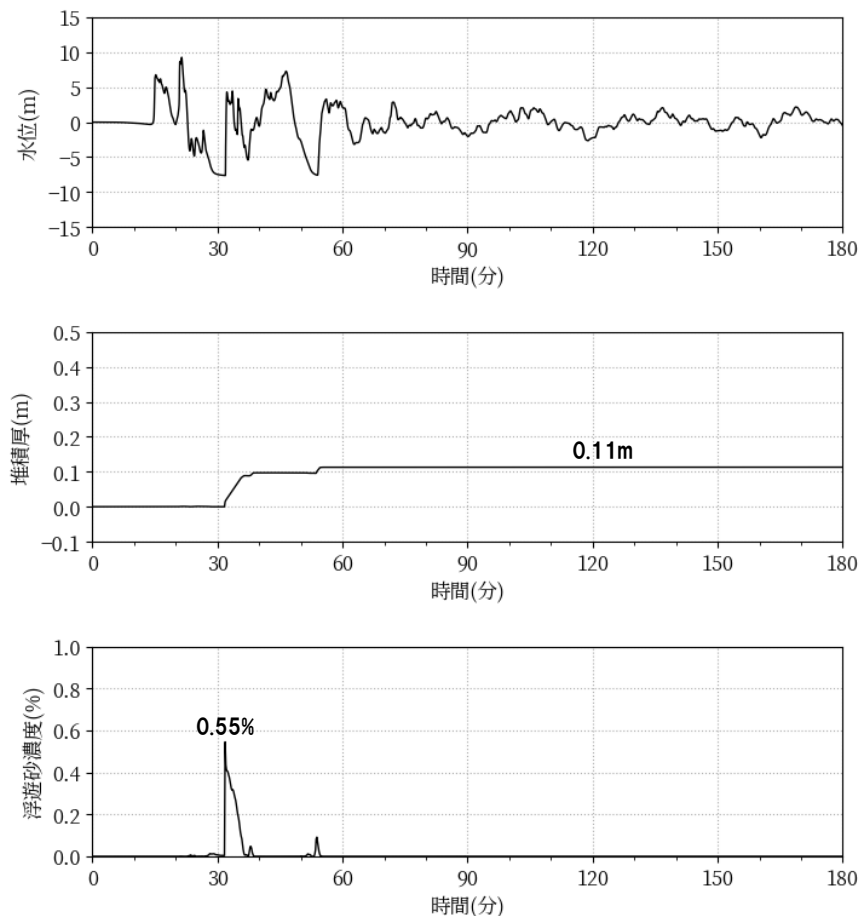
基準津波K(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形(35/36) 基準津波L(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

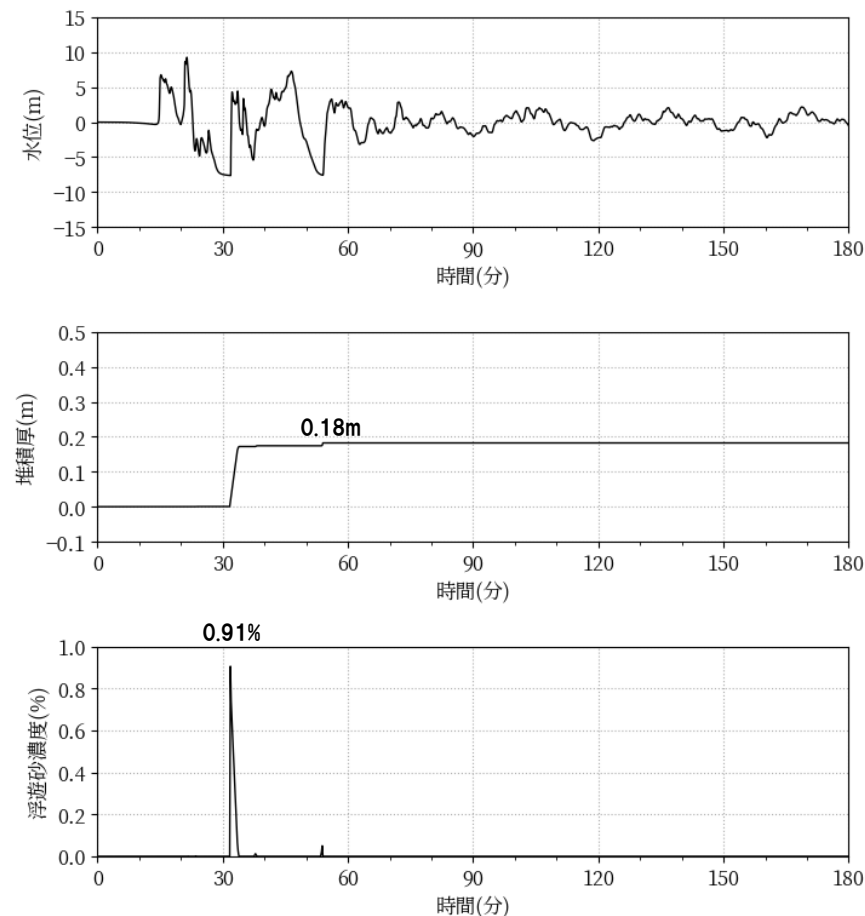
○基準津波L(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

藤井ほか(1998)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



基準津波L(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

藤井ほか(1998)の手法(浮遊砂上限濃度5%)



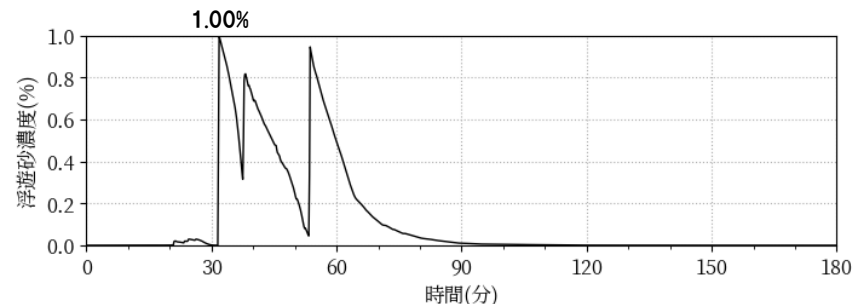
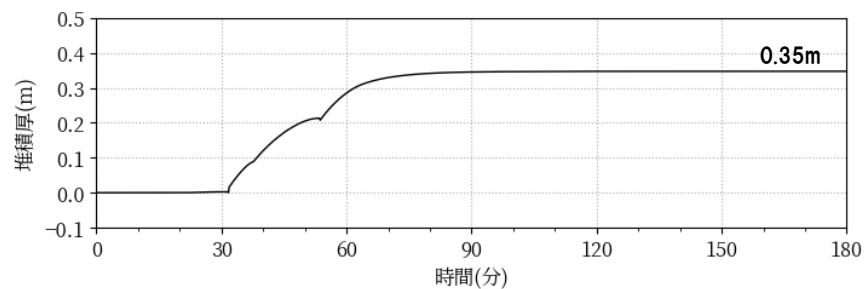
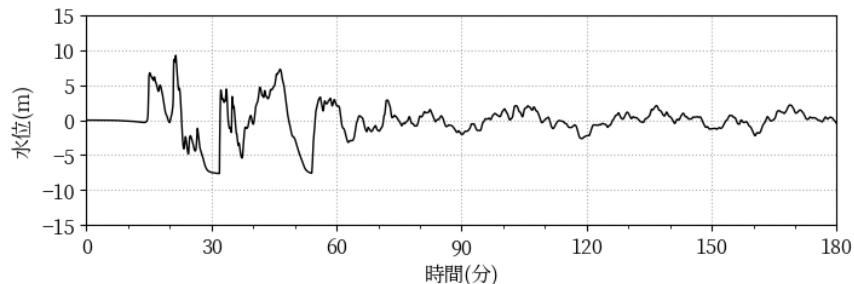
基準津波L(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

2.1 取水口の砂移動評価結果(データ集)

取水口における時刻歴波形(36/36) 基準津波L(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

○基準津波L(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)による取水口の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



基準津波L(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

余白

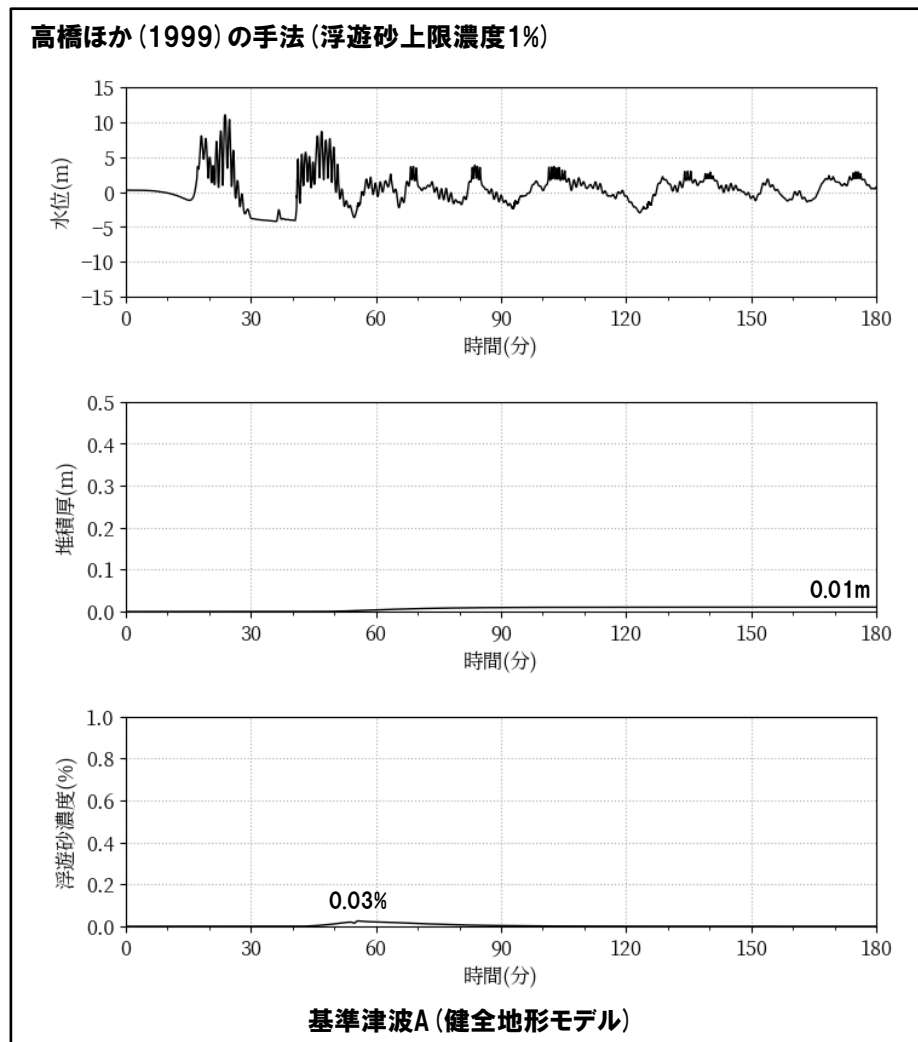
2. 2 取水ピットポンプ室の砂移動評価結果（データ集）

1. 基準津波による安全性評価（砂移動評価）	4
1. 1 取水口の砂移動評価	7
1. 2 取水ピットポンプ室の砂移動評価	17
2. 補足説明資料	25
2. 1 取水口の砂移動評価結果（データ集）	26
2. 2 取水ピットポンプ室の砂移動評価結果（データ集）	99
2. 3 高橋ほか（1999）の手法について	118
2. 4 高橋ほか（1999）の手法における浮遊砂濃度の影響評価	122
参考文献	125

2. 2 取水ピットポンプ室の砂移動評価結果(データ集)

取水ピットポンプ室における時刻歴波形(1/18) 基準津波A(健全地形モデル)

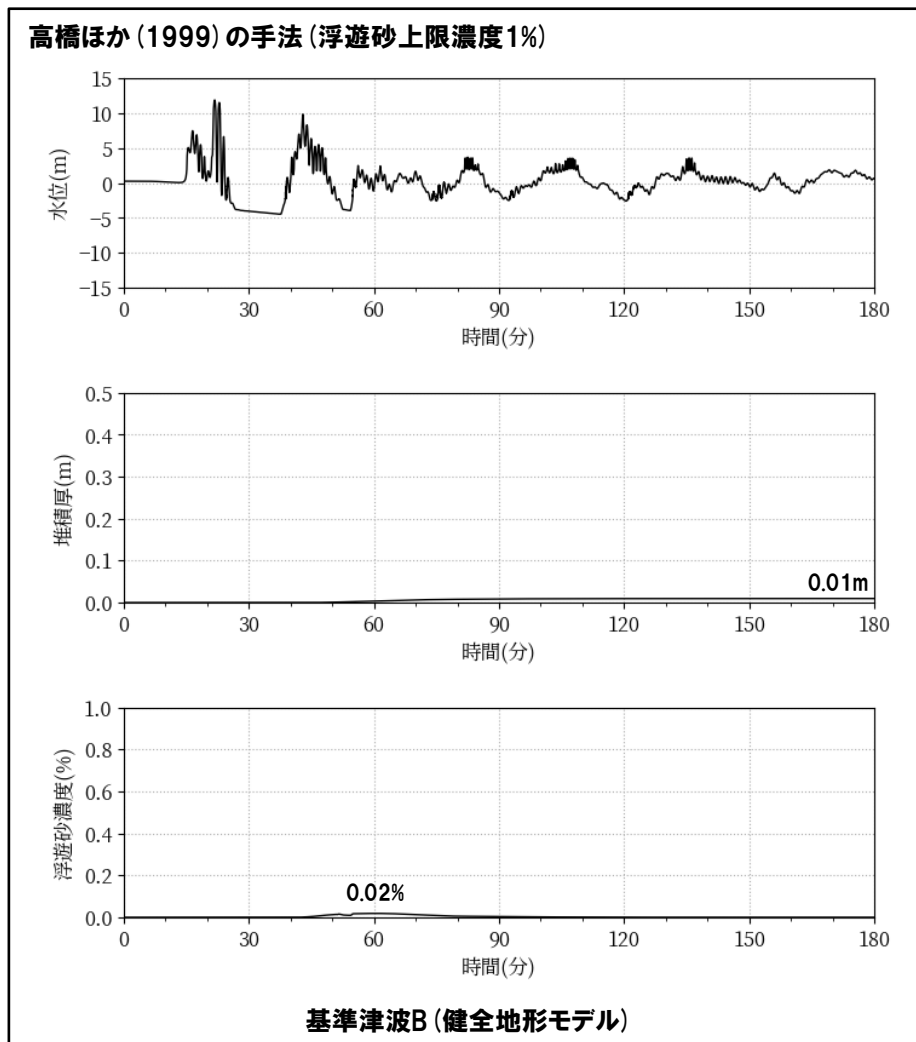
○基準津波A(健全地形モデル)による取水ピットポンプ室の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。



2. 2 取水ピットポンプ室の砂移動評価結果(データ集)

取水ピットポンプ室における時刻歴波形(2/18) 基準津波B(健全地形モデル)

○基準津波B(健全地形モデル)による取水ピットポンプ室の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

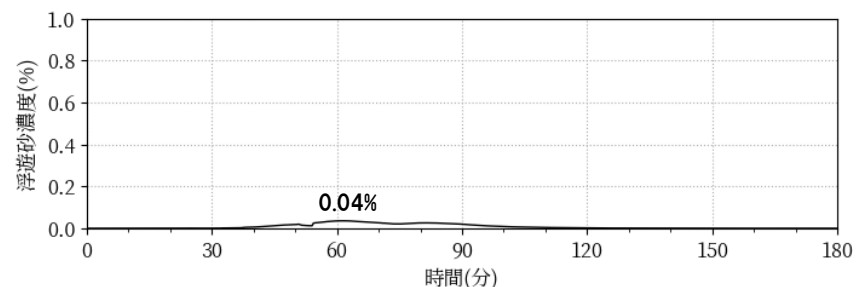
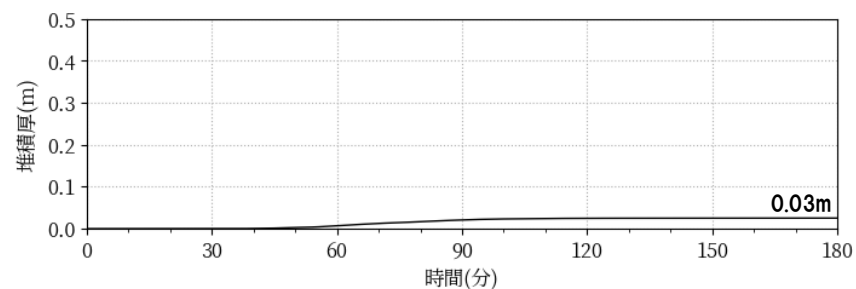
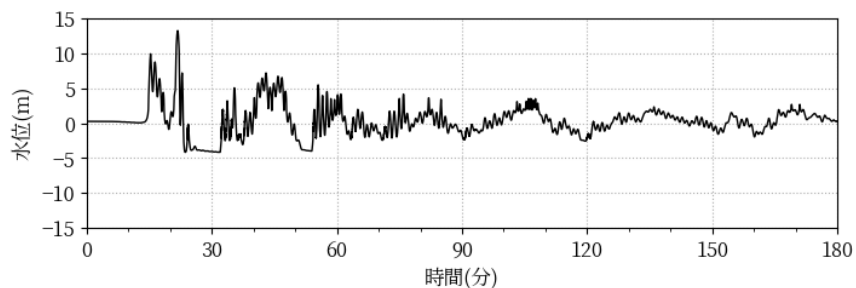


2. 2 取水ピットポンプ室の砂移動評価結果(データ集)

取水ピットポンプ室における時刻歴波形(3/18) 基準津波B(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

○基準津波B(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)による取水ピットポンプ室の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法(浮遊砂上限濃度1%)

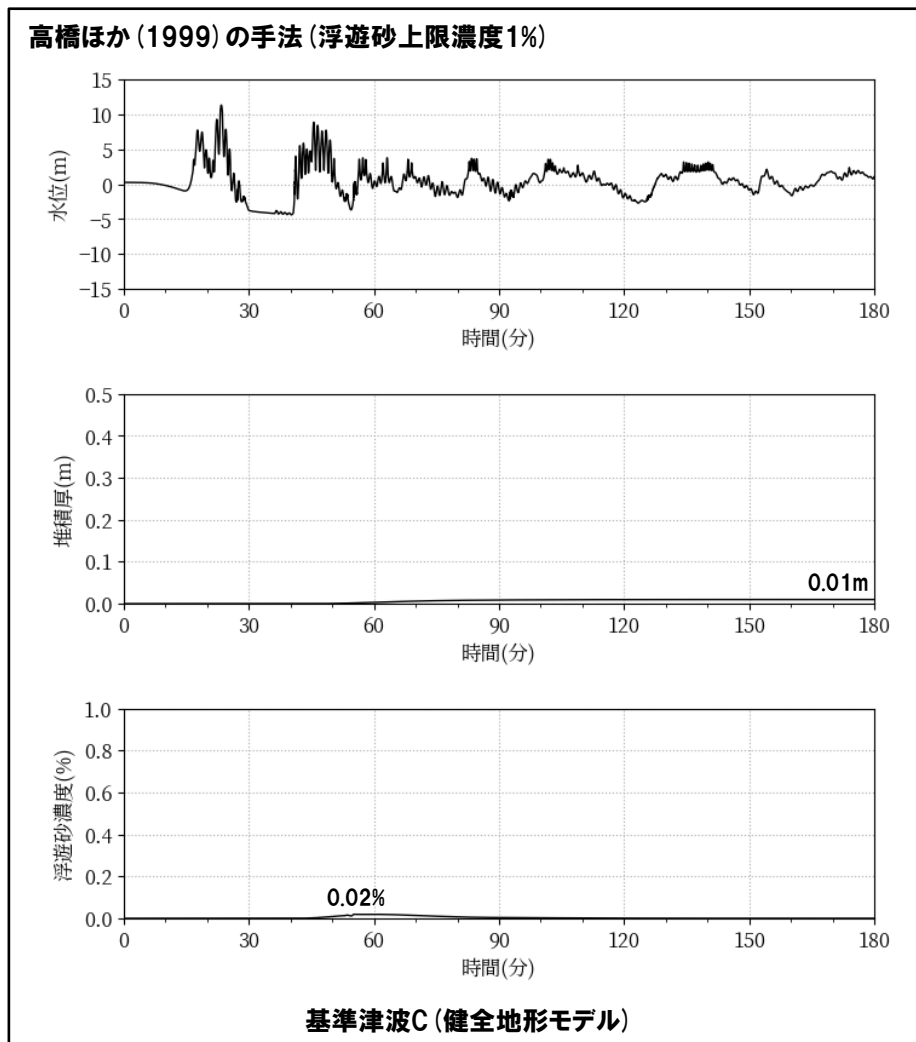


基準津波B(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

2. 2 取水ピットポンプ室の砂移動評価結果 (データ集)

取水ピットポンプ室における時刻歴波形 (4/18) 基準津波C (健全地形モデル)

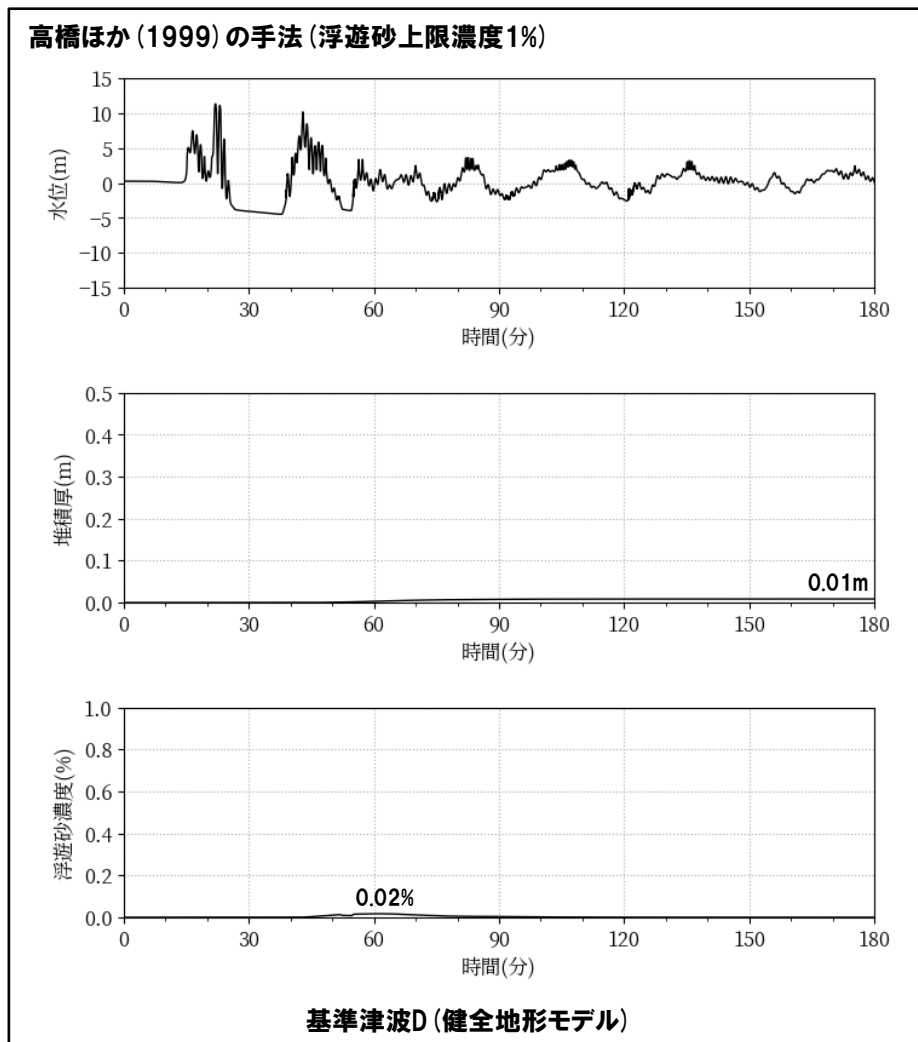
○基準津波C (健全地形モデル) による取水ピットポンプ室の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。



2. 2 取水ピットポンプ室の砂移動評価結果 (データ集)

取水ピットポンプ室における時刻歴波形 (5/18) 基準津波D (健全地形モデル)

○基準津波D (健全地形モデル) による取水ピットポンプ室の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

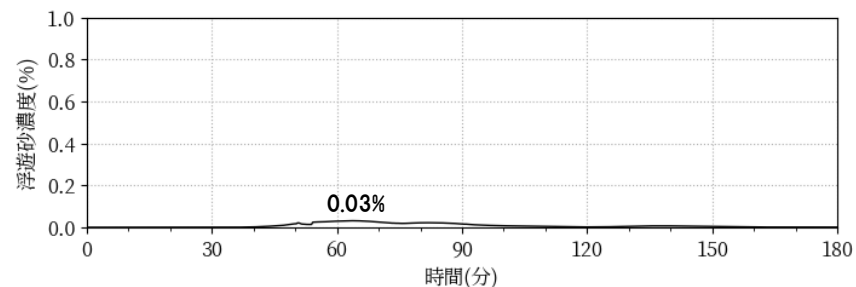
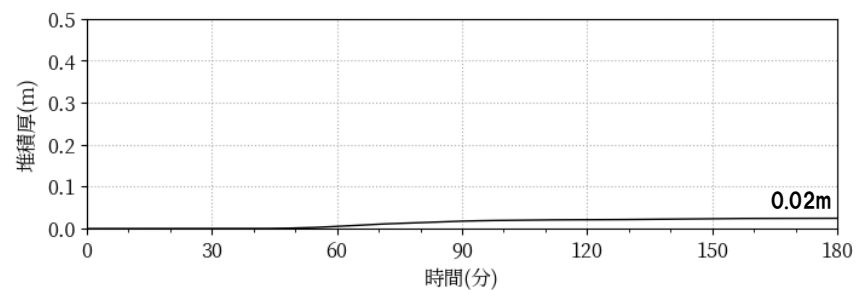
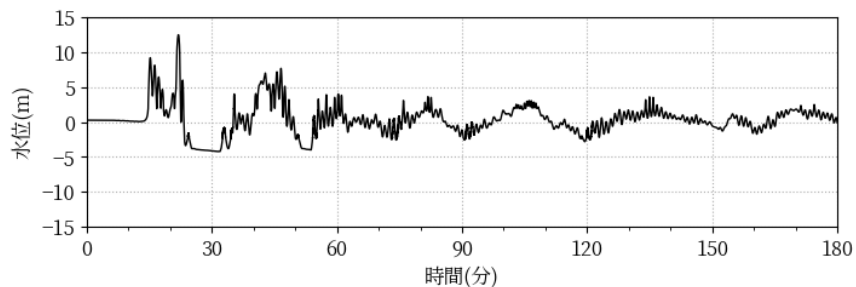


2. 2 取水ピットポンプ室の砂移動評価結果(データ集)

取水ピットポンプ室における時刻歴波形(6/18) 基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)

○基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)による取水ピットポンプ室の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



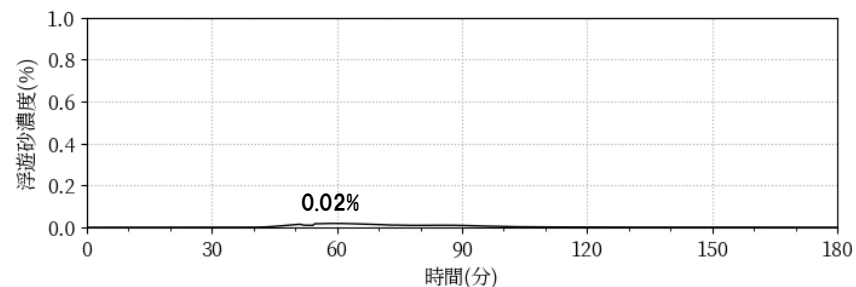
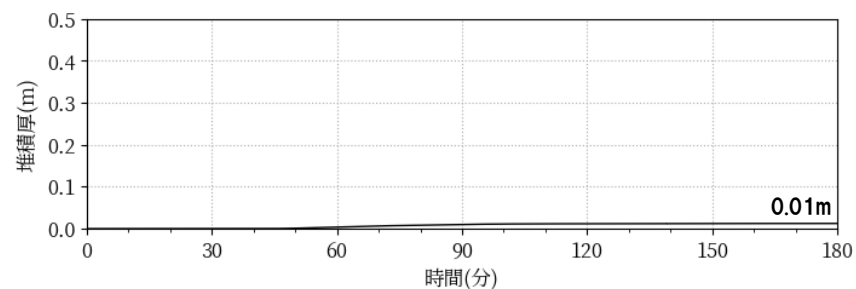
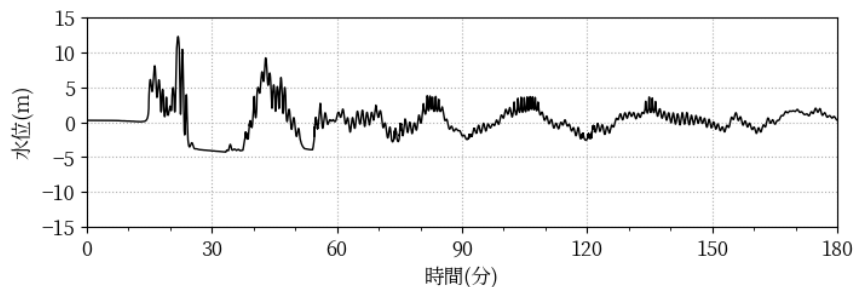
基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)

2. 2 取水ピットポンプ室の砂移動評価結果(データ集)

取水ピットポンプ室における時刻歴波形(7/18) 基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)

○基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)による取水ピットポンプ室の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



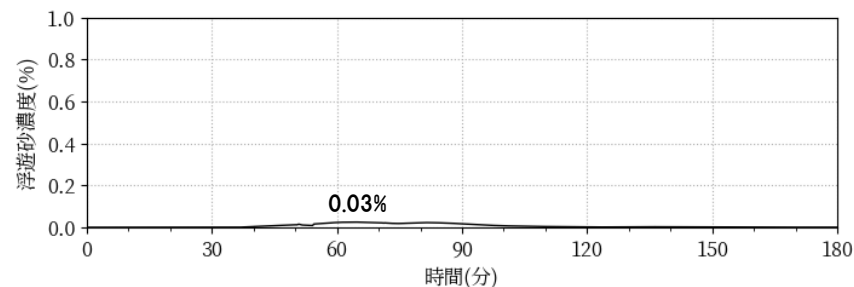
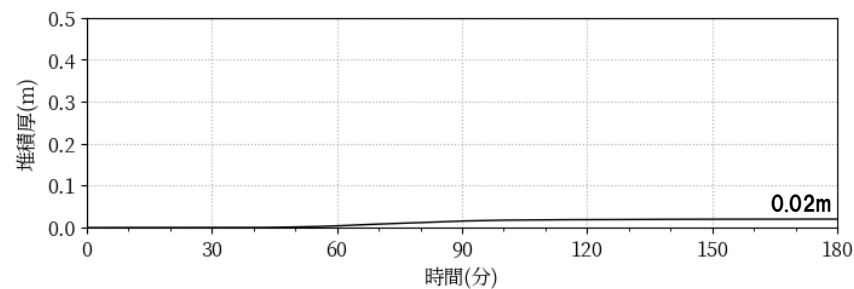
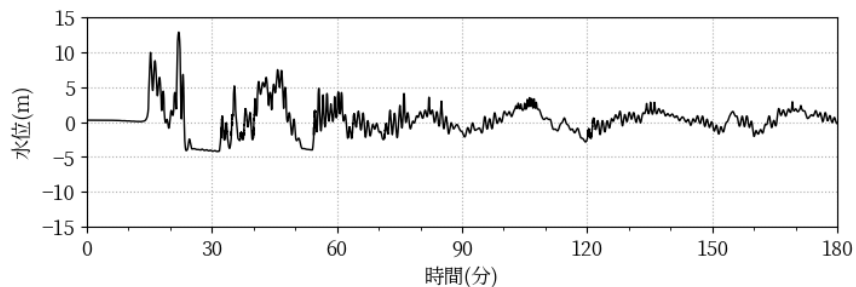
基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)

2. 2 取水ピットポンプ室の砂移動評価結果(データ集)

取水ピットポンプ室における時刻歴波形(8/18) 基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

○基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)による取水ピットポンプ室の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



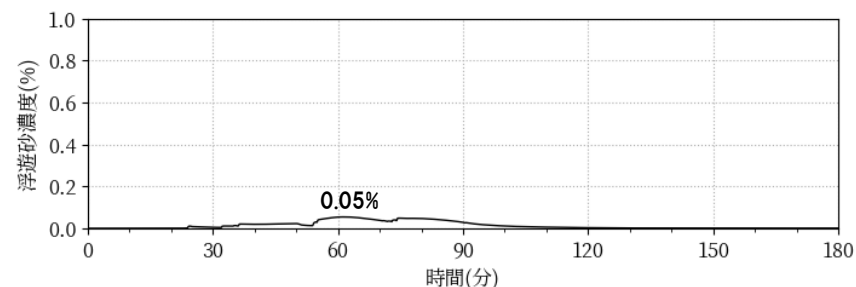
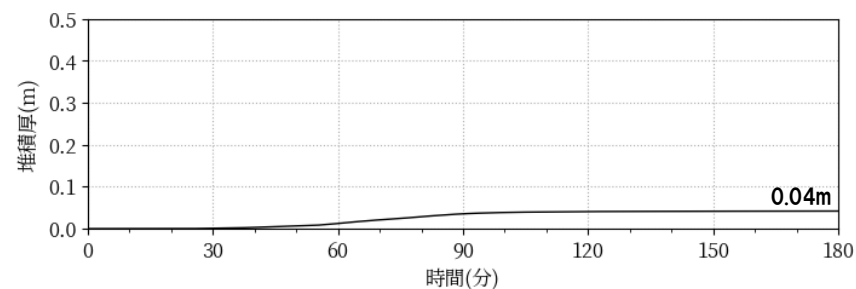
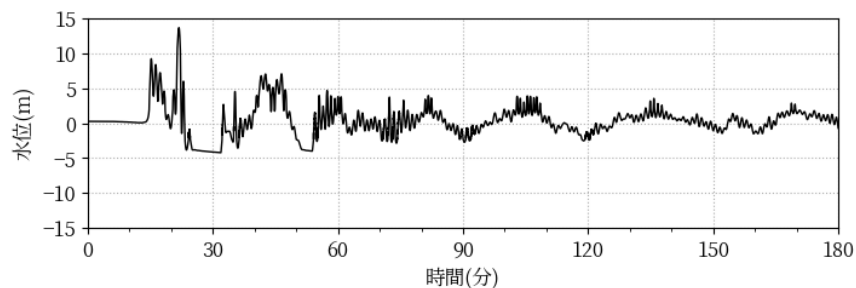
基準津波D(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

2. 2 取水ピットポンプ室の砂移動評価結果(データ集)

取水ピットポンプ室における時刻歴波形(9/18) 基準津波E(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)

○基準津波E(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)による取水ピットポンプ室の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



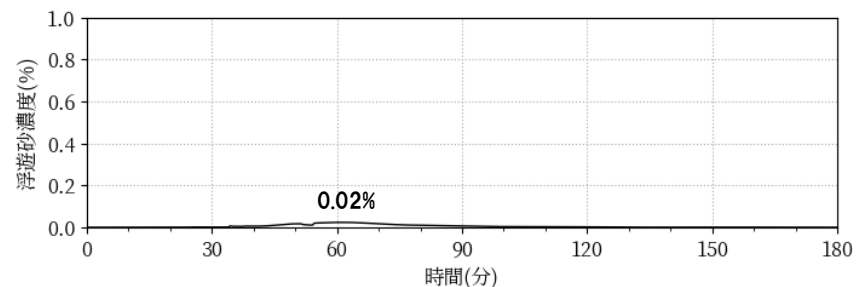
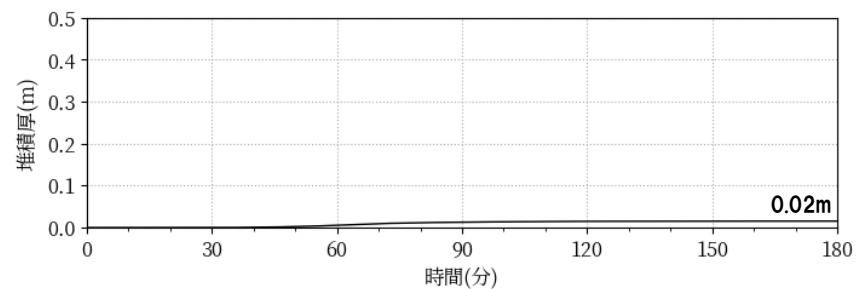
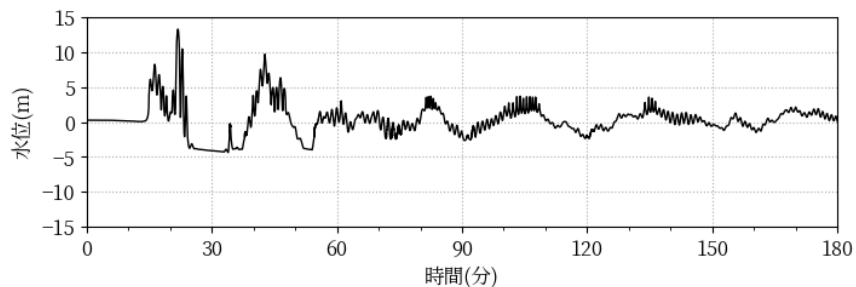
基準津波E(防波堤の損傷を考慮した地形モデル①)

2. 2 取水ピットポンプ室の砂移動評価結果（データ集）

取水ピットポンプ室における時刻歴波形（10/18） 基準津波E（防波堤の損傷を考慮した地形モデル②）

○基準津波E（防波堤の損傷を考慮した地形モデル②）による取水ピットポンプ室の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

高橋ほか（1999）の手法（浮遊砂上限濃度1%）



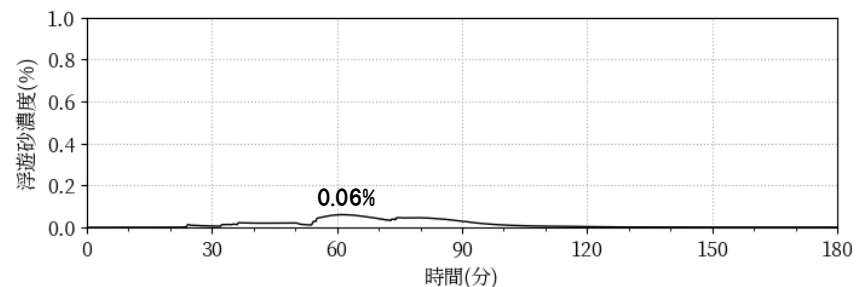
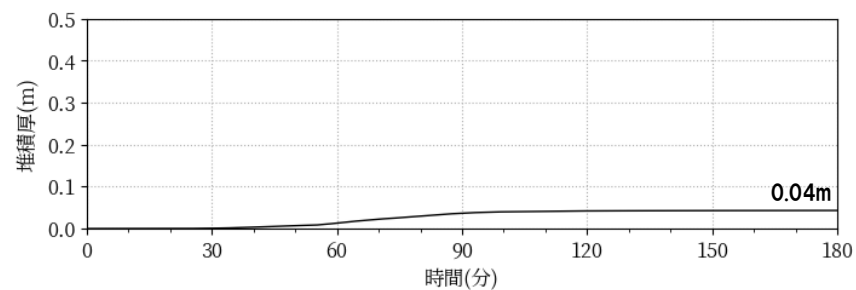
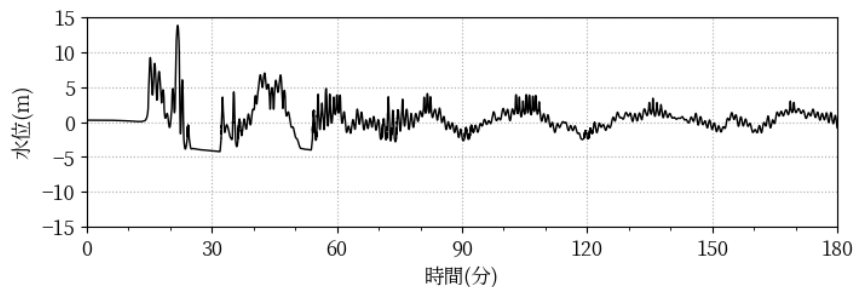
基準津波E（防波堤の損傷を考慮した地形モデル②）

2. 2 取水ピットポンプ室の砂移動評価結果（データ集）

取水ピットポンプ室における時刻歴波形（11/18） 基準津波F（防波堤の損傷を考慮した地形モデル①）

○基準津波F（防波堤の損傷を考慮した地形モデル①）による取水ピットポンプ室の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

高橋ほか（1999）の手法（浮遊砂上限濃度1%）



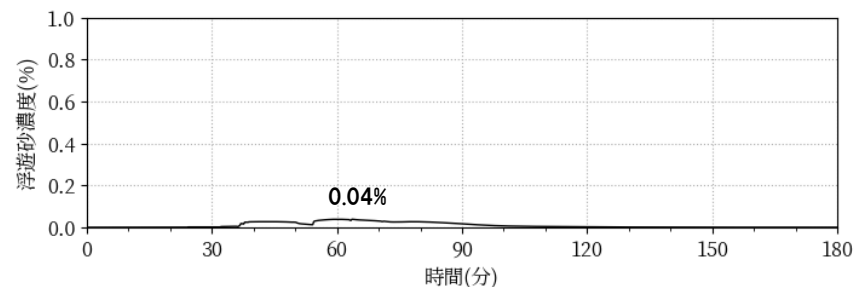
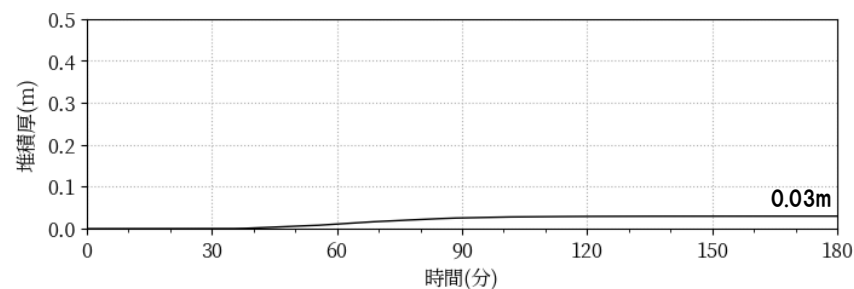
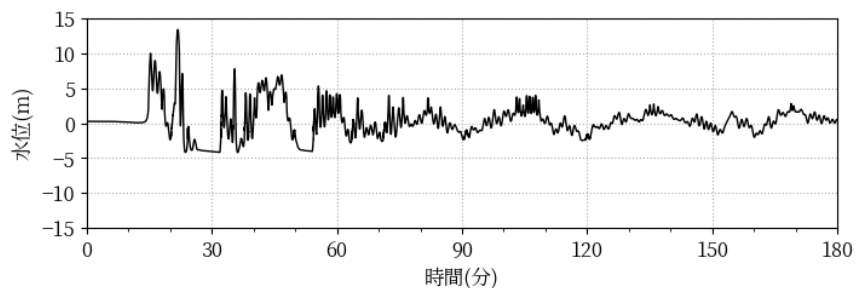
基準津波F（防波堤の損傷を考慮した地形モデル①）

2. 2 取水ピットポンプ室の砂移動評価結果（データ集）

取水ピットポンプ室における時刻歴波形（12/18） 基準津波F（防波堤の損傷を考慮した地形モデル③）

○基準津波F（防波堤の損傷を考慮した地形モデル③）による取水ピットポンプ室の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

高橋ほか（1999）の手法（浮遊砂上限濃度1%）



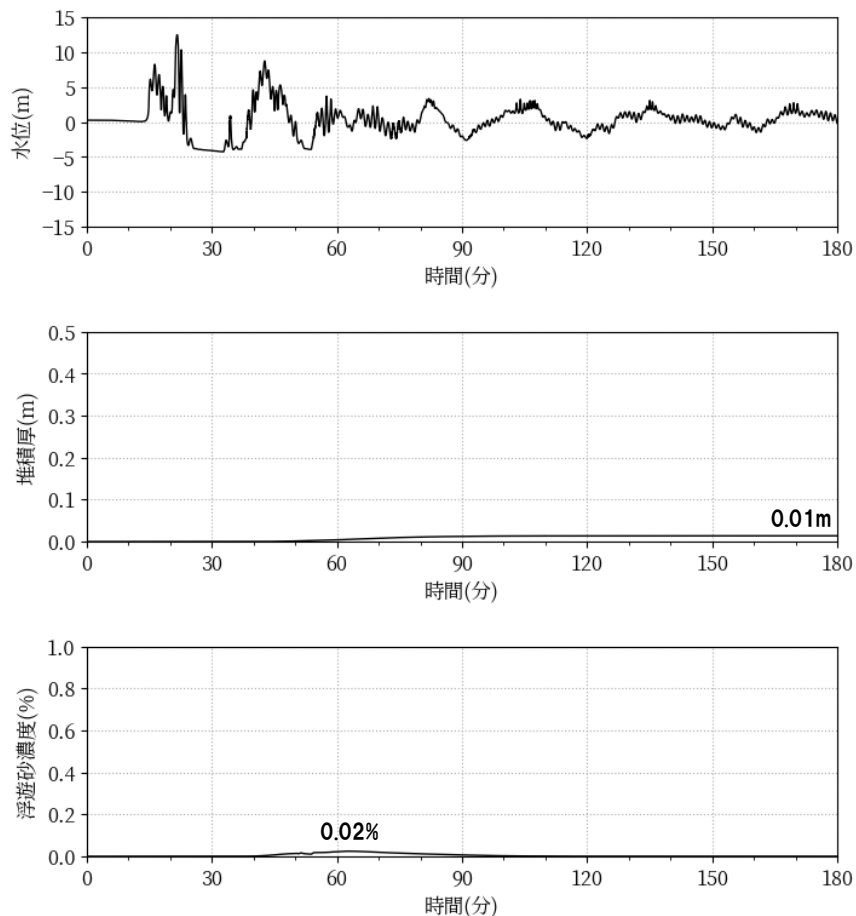
基準津波F（防波堤の損傷を考慮した地形モデル③）

2.2 取水ピットポンプ室の砂移動評価結果(データ集)

取水ピットポンプ室における時刻歴波形(13/18) 基準津波G(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)

○基準津波G(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)による取水ピットポンプ室の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



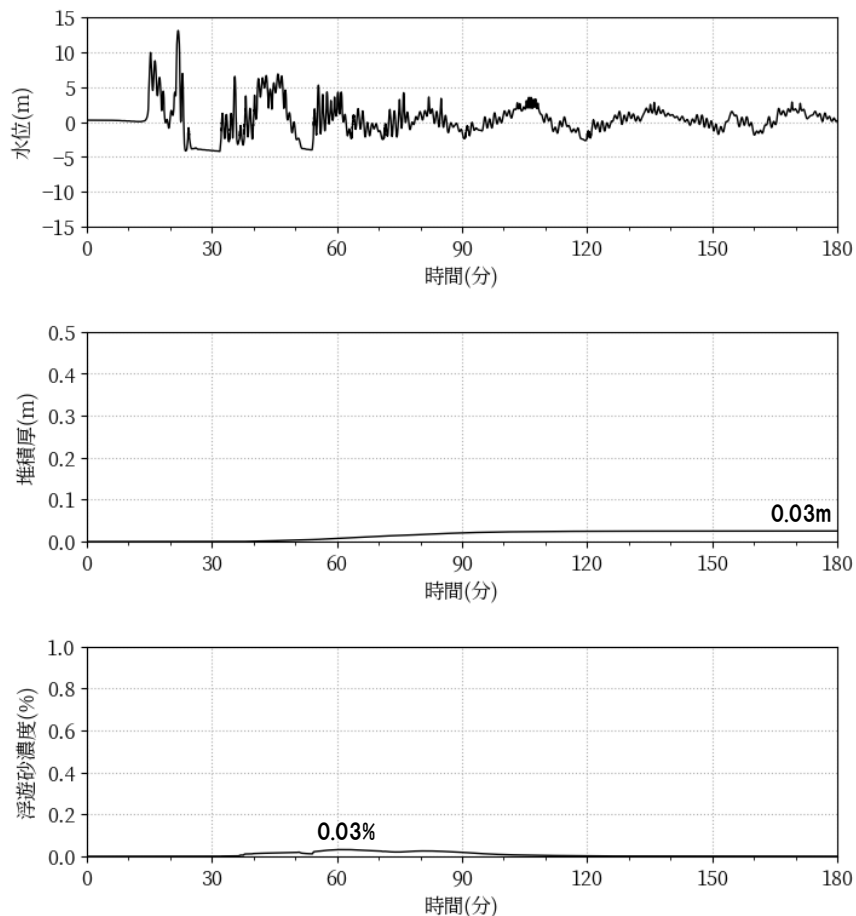
基準津波G(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)

2. 2 取水ピットポンプ室の砂移動評価結果(データ集)

取水ピットポンプ室における時刻歴波形(14/18) 基準津波H(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

○基準津波H(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)による取水ピットポンプ室の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法(浮遊砂上限濃度1%)

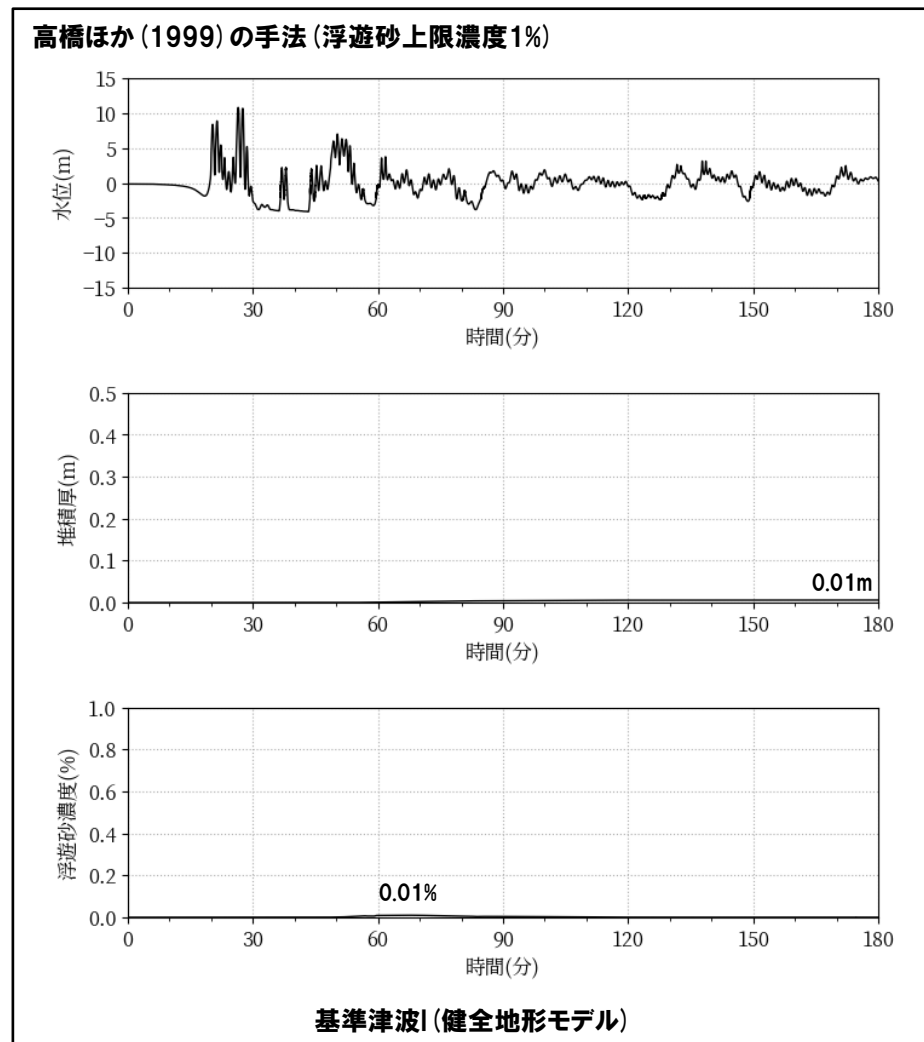


基準津波H(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

2. 2 取水ピットポンプ室の砂移動評価結果(データ集)

取水ピットポンプ室における時刻歴波形(15/18) 基準津波I(健全地形モデル)

○基準津波I(健全地形モデル)による取水ピットポンプ室の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

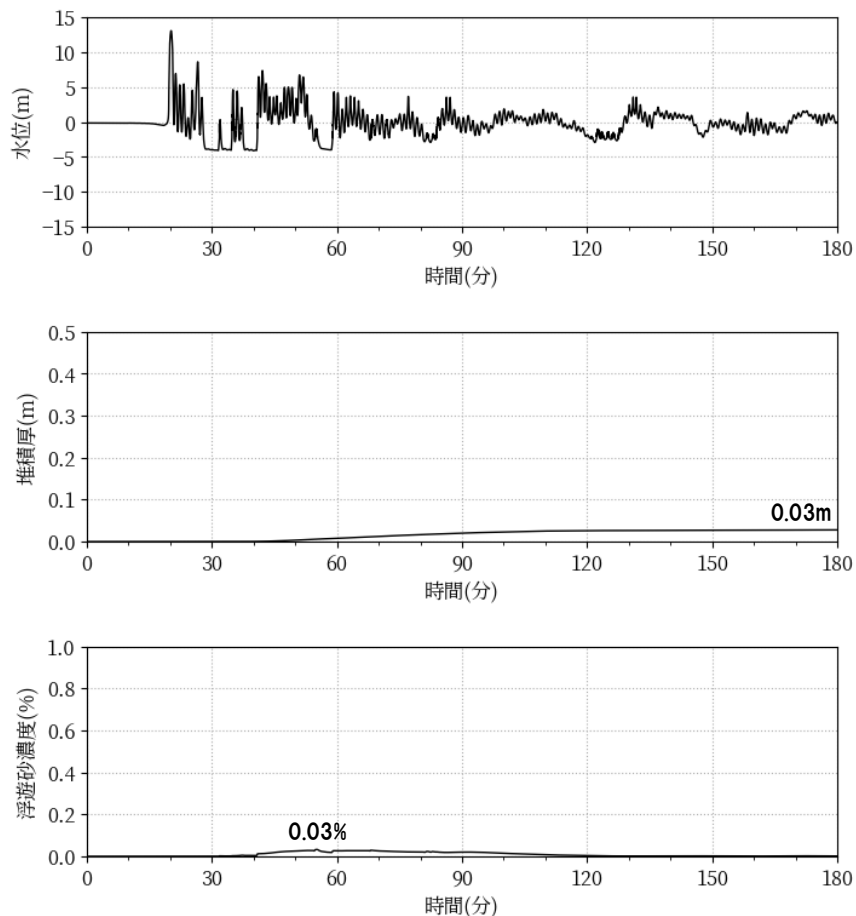


2. 2 取水ピットポンプ室の砂移動評価結果（データ集）

取水ピットポンプ室における時刻歴波形（16/18） 基準津波J（防波堤の損傷を考慮した地形モデル①）

○基準津波J（防波堤の損傷を考慮した地形モデル①）による取水ピットポンプ室の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

高橋ほか（1999）の手法（浮遊砂上限濃度1%）



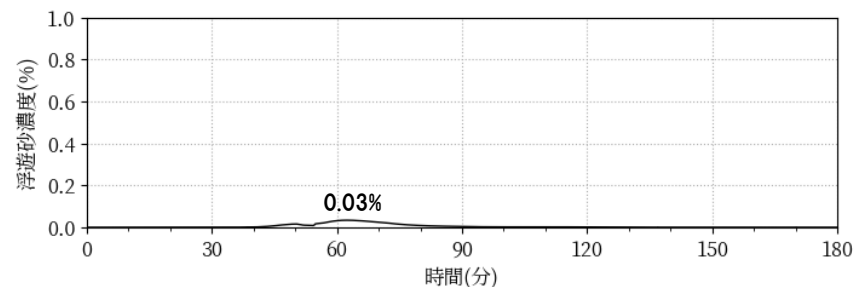
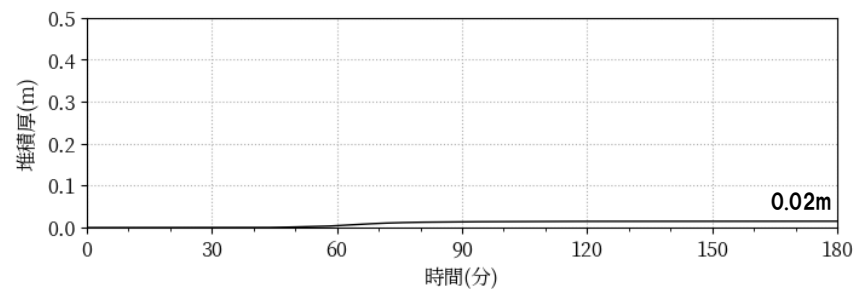
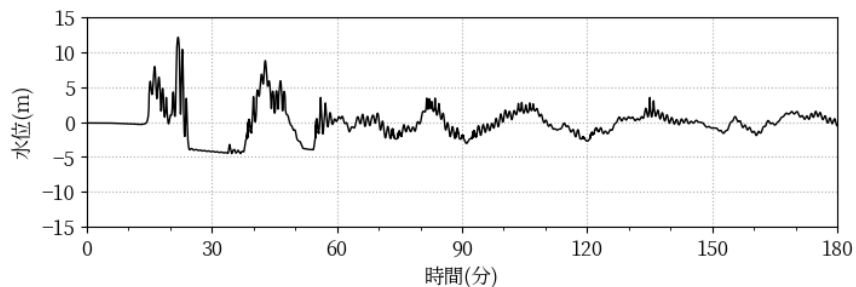
基準津波J（防波堤の損傷を考慮した地形モデル①）

2.2 取水ピットポンプ室の砂移動評価結果(データ集)

取水ピットポンプ室における時刻歴波形(17/18) 基準津波K(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)

○基準津波K(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)による取水ピットポンプ室の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



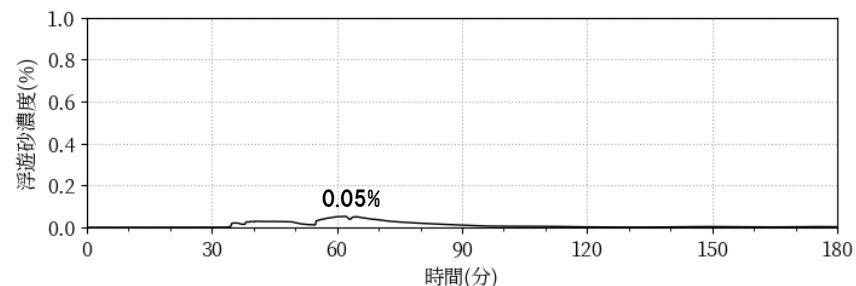
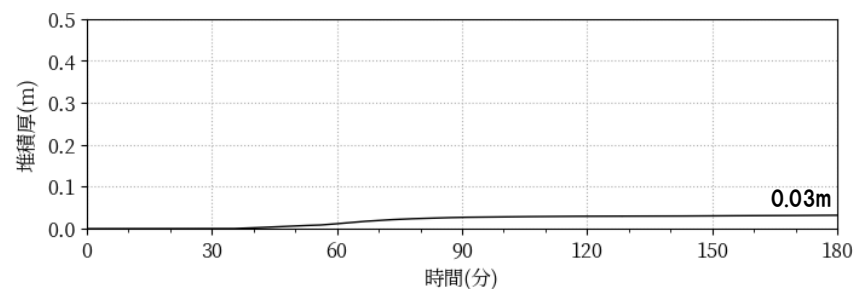
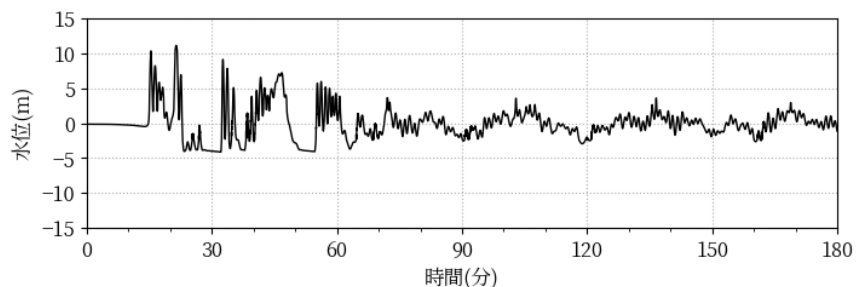
基準津波K(防波堤の損傷を考慮した地形モデル②)

2. 2 取水ピットポンプ室の砂移動評価結果(データ集)

取水ピットポンプ室における時刻歴波形(18/18) 基準津波L(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

○基準津波L(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)による取水ピットポンプ室の水位・砂の堆積厚さ・浮遊砂濃度の時刻歴波形を以下に示す。

高橋ほか(1999)の手法(浮遊砂上限濃度1%)



基準津波L(防波堤の損傷を考慮した地形モデル③)

2. 3 高橋ほか(1999)の手法について

1. 基準津波による安全性評価(砂移動評価)	4
1. 1 取水口の砂移動評価	7
1. 2 取水ピットポンプ室の砂移動評価	17
2. 補足説明資料	25
2. 1 取水口の砂移動評価結果(データ集)	26
2. 2 取水ピットポンプ室の砂移動評価結果(データ集)	99
2. 3 高橋ほか(1999)の手法について.....	118
2. 4 高橋ほか(1999)の手法における浮遊砂濃度の影響評価	122
参考文献	125

2.3 高橋ほか(1999)の手法について

高橋ほか(1999)の適用範囲と浮遊砂上限濃度

- 高橋ほか(1999)では、掃流砂量及び巻き上げ量の測定実験が行われ、シールズ数(無次元掃流力)で整理されており、実験範囲はシールズ数が概ね1以下となっている(下図の**赤枠箇所**)。
- 高橋(2012)によれば、高橋ほか(1999)の手法において、津波の場合は巻き上げ砂が過大に見積もられる危険性があるため、浮遊砂濃度の上限を便宜的に導入しているとされている(下記の**青下線箇所**)。

高橋ほか(1999)による掃流砂量とシールズ数の関係

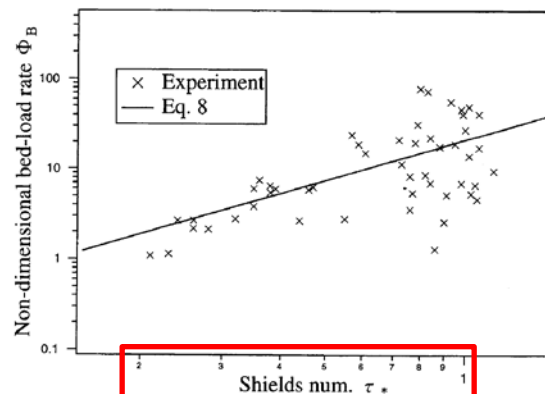


図-4 実験から求めた掃流砂量とシールズ数の関係

高橋ほか(1999)による巻き上げ砂量とシールズ数の関係

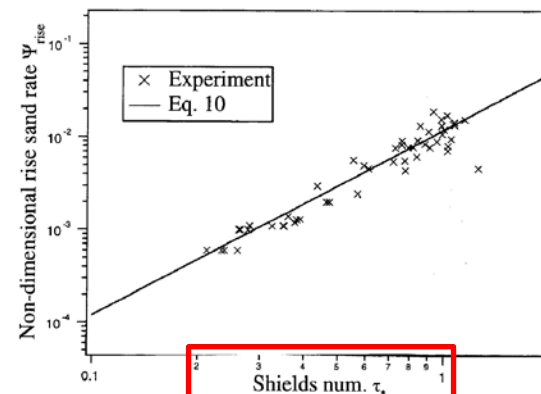


図-5 実験から求めた巻き上げ砂量とシールズ数の関係

4. 数値モデルの課題

高橋ら(1999)によるモデルの課題を以下に列記する。
・ 現行モデルでは単一粒径の砂を仮定している。しかし、実海岸は混合砂で形成されているため、混合砂を取り扱うモデルが必要である。高橋ら(2011)は津波による砂移動を再現するための大型実験水路を開発して、粒径ごとの水理実験を実施した。その結果、以下の値を得ており、これらを用いたモデルの拡張が期待される。

$$\alpha = \begin{cases} 5.6 & (d=0.166\text{mm}) \\ 4.0 & (d=0.267\text{mm}) \\ 2.6 & (d=0.394\text{mm}) \end{cases} \quad (8)$$

$$\beta = \begin{cases} 7.0 \times 10^{-5} & (d=0.166\text{mm}) \\ 4.4 \times 10^{-5} & (d=0.267\text{mm}) \\ 1.6 \times 10^{-5} & (d=0.394\text{mm}) \end{cases} \quad (9)$$

・ 現行モデルでは、せん断応力の計算に Manning 則(式(2)および式(3)の左辺第5項)を用いているが、全水深が小さい場合に底面でのせん断応力を過大に評価する傾向がある。特に週上時にはこの傾向が強くなるため、津波堆積物のシミュレーションにおいてはせん断応力の計算方法を見直して、流速の鉛直分布を考慮することが必要である。

・ 底面でのせん断応力の増加に伴い浮遊砂層に巻き上げ砂が供給され、浮遊砂濃度が増大する。浮遊砂濃度が極めて大きくなると、乱れ強度が抑制され、浮遊砂を保持する力が減少すると考えられる。従来の河川流や波浪を対象とした場合では浮遊砂が希薄であるため問題にならないが、津波の場合は巻き上げ砂が過大に見積もられる危険性がある。そのため、浮遊砂濃度の上限を便宜的に導入しているが、物理的なメカニズムを考慮した飽和浮遊砂濃度のモデル化が必要である。飽和浮遊砂濃度を水理実験で発生させることは難しいため、固液混相流に関する砂粒子レベルの数値実験が期待される。

・ 複雑な実地形や波形勾配が大きな津波を対象とした場合、流速が時空間的に急激に変化することがあり、せん断応力の不連続性が強くなる可能性がある。そのような流況が発生すると、現行モデルでは計算が不安定になりやすいため、計算スキームの改良が必要である。

・ 固定床計算領域(流水のみを計算する領域)と移動床計算領域(流水と流砂の両方を計算する領域)の境界条件が確立されていない。特に浅海域では流砂量の不連続が生じて、計算の不安定性を招きやすいため、物理的な境界条件の検討と計算スキームの改良が必要である。

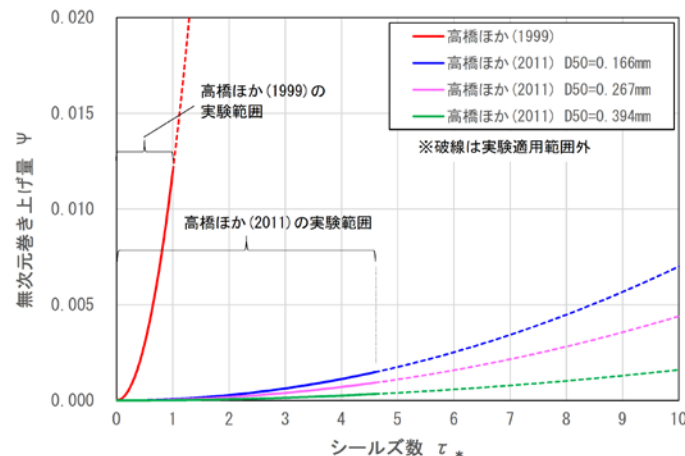
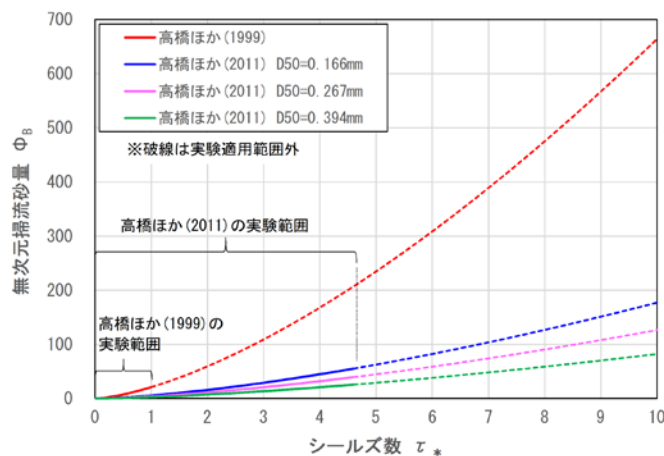
2.3 高橋ほか(1999)の手法について

高橋ほか(1999)と高橋ほか(2011)の掃流砂量と巻き上げ量の比較

○掃流砂量及び巻き上げ量の算定式の係数について、高橋ほか(1999)はシールズ数が概ね1以下の実験結果であるのに対し、高橋ほか(2011)はシールズ数が概ね1～5程度の実験結果であり、シールズ数が大きくなるほど両者の乖離が顕著に大きくなる。

➢ 上記について、高橋ほか(2011)によれば、高橋ほか(1999)は、ヘッドタンクから細い円管で水路内に導く際の整流化が十分ではなかった等の問題の可能性があるとしている。

○高橋ほか(1999)と高橋ほか(2011)を比較した結果、いずれのシールズ数(実験範囲外を含む)においても、高橋ほか(1999)の無次元掃流砂量及び無次元巻き上げ量(赤線、赤破線)の方が大きい。



評価方法	無次元掃流砂量
高橋ほか(1999)	$\Phi_B = \frac{q_B}{\sqrt{sgd^3}} = 21\tau_*^{1.5}$
高橋ほか(2011) D50=0.166mm	$\Phi_B = \frac{q_B}{\sqrt{sgd^3}} = 5.6\tau_*^{1.5}$
高橋ほか(2011) D50=0.267mm	$\Phi_B = \frac{q_B}{\sqrt{sgd^3}} = 4.0\tau_*^{1.5}$
高橋ほか(2011) D50=0.394mm	$\Phi_B = \frac{q_B}{\sqrt{sgd^3}} = 2.6\tau_*^{1.5}$

評価方法	無次元巻き上げ量
高橋ほか(1999)	$\Psi = \frac{q_s}{\sqrt{sgd}} = 0.012\tau_*^2$
高橋ほか(2011) D50=0.166mm	$\Psi = \frac{q_s}{\sqrt{sgd}} = 7.0 \times 10^{-5} \tau_*^2$
高橋ほか(2011) D50=0.267mm	$\Psi = \frac{q_s}{\sqrt{sgd}} = 4.4 \times 10^{-5} \tau_*^2$
高橋ほか(2011) D50=0.394mm	$\Psi = \frac{q_s}{\sqrt{sgd}} = 1.6 \times 10^{-5} \tau_*^2$

ここに、 Φ_B :無次元掃流砂量、 q_B :掃流砂量、 Ψ :無次元巻き上げ量、 q_s :巻き上げ量、 τ_* :シールズ数、 $s = \sigma / \rho - 1$ 、 σ :砂の密度(kg/m³)、 ρ :海水の密度(kg/m³)、 g :重力加速度(m/s²)、 d :砂の粒径(m)

○高橋ほか(2011)を確認したが、砂の堆積厚を安全側に評価する観点から、無次元掃流砂量及び無次元巻き上げ量が大きくなる高橋ほか(1999)の手法を用いる。

参考：高橋ほか（2011）の砂移動評価に関する文献調査

- 高橋ほか（2011）の砂移動評価に関する文献調査について、下表のとおり整理した。
 ○なお、砂の堆積厚を安全側に評価する観点から、高橋ほか（1999）の手法を用いており（前頁参照）、高橋ほか（2011）の手法については、参考として整理した。

《参考：高橋ほか（2011）の砂移動評価に関する文献調査結果》

検証箇所 (検証津波)	文献	計算使用 砂粒径	計算格子 間隔	計算手法		浮遊砂上限濃度に関する評価
				砂移動モデル	浮遊砂上限濃度	
仙台平野（名取川周辺） （2011年東北地方太平洋沖地震津波）	Sugawara et al. (2014a)	0.025mm	-	高橋ほか（2011）	1%	○高橋ほか（2011）の手法による、浮遊砂上限濃度を1%とした設定で海岸付近と砂州の陸上部の浸食について、観測結果を非常によく表現している。
仙台平野 （2011年東北地方太平洋沖地震津波）	Sugawara et al. (2014b)	0.166mm 0.267mm 0.394mm	最小5m	高橋ほか（2011）	1% 2% 4%	○高橋ほか（2011）の手法により、粒形や浮遊砂上限濃度等を変えたパラメータスタディを実施し、陸上遡上域を含め、上限2%で地形変化を良好に再現している。
陸前高田市（広田湾） （2011年東北地方太平洋沖地震津波）	山下ほか (2015)	0.267mm	-	高橋ほか（2011）	可変	○高橋ほか（2011）の手法を用いて、地形変化量や海域における堆積土砂の分布傾向を良好に再現している。
北上川河口部 （2011年東北地方太平洋沖地震津波）	今井ほか (2015)	0.166mm 0.267mm 0.394mm	最小5m	高橋ほか（2011）	可変	○高橋ほか（2011）の手法を用いて、浮遊砂上限濃度を流速と水深に応じた関数で設定した解析モデルにより、地形変化を良好に再現している。

2. 4 高橋ほか(1999)の手法における浮遊砂濃度の影響評価

1. 基準津波による安全性評価(砂移動評価)	4
1. 1 取水口の砂移動評価	7
1. 2 取水ピットポンプ室の砂移動評価	17
2. 補足説明資料	25
2. 1 取水口の砂移動評価結果(データ集)	26
2. 2 取水ピットポンプ室の砂移動評価結果(データ集)	99
2. 3 高橋ほか(1999)の手法について	118
2. 4 高橋ほか(1999)の手法における浮遊砂濃度の影響評価	122
参考文献	125

2.4 高橋ほか(1999)の手法における浮遊砂濃度の影響評価

影響評価における浮遊砂上限濃度の設定(参考検討)

- 評価に用いる高橋ほか(1999)の砂移動評価に関する文献調査のうち、観測データが充実している2011年東北地方太平洋沖地震津波による宮古港(近藤ほか(2012))、気仙沼湾(森下・高橋(2014))の再現解析結果に基づき、浮遊砂上限濃度1%を基本とする。
- ただし、各検証箇所(各検証津波)(下表)を再現する浮遊砂上限濃度を上回る3%を影響評価用の設定値とした。

【備考:高橋ほか(1999)の手法における浮遊砂濃度1%の設定根拠(P12参照)】

○高橋ほか(1999)の浮遊砂上限濃度について、砂移動評価に関する論文を整理した。

- 1960年チリ地震津波による気仙沼湾(玉田ほか(2009))、八戸港(藤田ほか(2010))の再現解析結果から、浮遊砂上限濃度5%は過大評価になると考えられる。
- 上記事例に加え、2011年東北地方太平洋沖地震津波による宮古港(近藤ほか(2012))、気仙沼湾(森下・高橋(2014))の再現解析結果から、浮遊砂上限濃度1%は妥当な設定値であると考えられる。

《高橋ほか(1999)の砂移動評価に関する文献調査結果》

検証箇所 (検証津波)	文献	計算使用 砂粒径	計算格子 間隔	計算手法		浮遊砂上限濃度に関する評価
				砂移動モデル	浮遊砂上限濃度	
気仙沼湾 (1960年チリ地震津波)	玉田ほか (2009)	0.001~1mm	25m, 5m	高橋ほか(1999)	1%, 5%	○計算格子間隔が5mの場合、浮遊砂上限濃度5%では実績値より浸食深を過大に評価している。
八戸港 (1960年チリ地震津波)	藤田ほか (2010)	0.26mm	10.3m	高橋ほか(1999)	1%, 2%, 5%	○浮遊砂上限濃度5%は過大に評価している。 ○浮遊砂上限濃度1, 2%の場合の再現性は良好である。
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	高橋ほか(1999)	1%	○土砂移動の全体的な傾向は良く一致している。 ○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く一致している。
気仙沼湾 (2011年東北地方太平洋沖地震津波)	森下・高橋 (2014)	0.3mm	10m	高橋ほか(1999)	1% 可変※1	○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つを抽出した。 ○上記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している。 ○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している。

※1: 試行的に $C_{sat} = \alpha \times \sqrt{U^2 + V^2}$ と規定 (C_{sat} : 飽和浮遊砂濃度, U, V : 断面平均流速 (m/s), $\alpha = 0.01$)

- 以上より、高橋ほか(1999)の手法に基づく評価においては、観測データが充実している2011年東北地方太平洋沖地震津波による宮古港(近藤ほか(2012))、気仙沼湾(森下・高橋(2014))の再現解析結果に基づき、浮遊砂上限濃度1%を基本として評価を実施する。

2.4 高橋ほか(1999)の手法における浮遊砂濃度の影響評価

影響評価結果(参考検討)

○基準津波の18ケース(P6参照)を対象に、高橋ほか(1999)の手法(浮遊砂上限濃度3%)に基づき数値シミュレーションを実施し、取水口及び取水ビットポンプ室の砂の堆積厚さを算定した。

ケース	評価手法	浮遊砂 上限濃度	取水口の 砂の堆積厚さ(m)	取水ビットポンプ室の 砂の堆積厚さ(m)	ケース	評価手法	浮遊砂 上限濃度	取水口の 砂の堆積厚さ(m)	取水ビットポンプ室の 砂の堆積厚さ(m)
基準津波A (健全地形モデル)	高橋ほか (1999)	3%	0.60	0.03	基準津波E (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル②)	高橋ほか (1999)	3%	0.86	0.04
基準津波B (健全地形モデル)	高橋ほか (1999)	3%	0.27	0.01	基準津波F (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル①)	高橋ほか (1999)	3%	1.24	0.11
基準津波B (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル③)	高橋ほか (1999)	3%	0.83	0.06	基準津波F (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル③)	高橋ほか (1999)	3%	0.90	0.08
基準津波C (健全地形モデル)	高橋ほか (1999)	3%	0.48	0.03	基準津波G (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル②)	高橋ほか (1999)	3%	0.80	0.03
基準津波D (健全地形モデル)	高橋ほか (1999)	3%	0.20	0.01	基準津波H (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル③)	高橋ほか (1999)	3%	0.79	0.06
基準津波D (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル①)	高橋ほか (1999)	3%	1.19	0.05	基準津波I (健全地形モデル)	高橋ほか (1999)	3%	0.10	0.01
基準津波D (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル②)	高橋ほか (1999)	3%	0.80	0.02	基準津波J (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル①)	高橋ほか (1999)	3%	1.03	0.07
基準津波D (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル③)	高橋ほか (1999)	3%	0.78	0.05	基準津波K (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル②)	高橋ほか (1999)	3%	0.87	0.03
基準津波E (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル①)	高橋ほか (1999)	3%	1.23	0.10	基準津波L (防波堤の損傷を考慮 した地形モデル③)	高橋ほか (1999)	3%	1.03	0.09

※1: ケースは、基準津波の18ケース(P6参照)を対象に、基準津波A～Lの順に並び替えを行った(□: 水位上昇側の基準津波、□: 水位下降側の基準津波)。

○浮遊砂上限濃度を3%にした場合においても、以下のとおり取水に影響が無いことを確認した。

- 取水口の砂の堆積厚さは、最大で1.24mとなり、取水口高さ(4.20m)※2に対して十分小さい。
- 取水ビットポンプ室の砂の堆積厚さは、最大で0.11mとなり、原子炉補機冷却海水ポンプの呑口高さ(2.50m)※3に対して十分小さい。

※2: 取水口高さ(4.20m)は、「取水口の上端:T.P.-3.80m」と「取水口の底版の上面:T.P.-8.00m」の差より設定した。

※3: 原子炉補機冷却海水ポンプの呑口高さ(2.50m)は、「原子炉補機冷却海水ポンプ呑口下端:T.P.-8.10m」と「取水ビットポンプ室の底版の上面:T.P.-10.60m」の差より設定した。

参考文献

1. 基準津波による安全性評価（砂移動評価）	4
1. 1 取水口の砂移動評価	7
1. 2 取水ピットポンプ室の砂移動評価	17
2. 補足説明資料	25
2. 1 取水口の砂移動評価結果（データ集）	26
2. 2 取水ピットポンプ室の砂移動評価結果（データ集）	99
2. 3 高橋ほか（1999）の手法について	118
2. 4 高橋ほか（1999）の手法における浮遊砂濃度の影響評価	122
参考文献	125

- ・ 後藤智明・小川由信 (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.
- ・ 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, p.376-380.
- ・ 高橋智幸・首藤伸夫・今村文彦・浅野大輔 (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, p.606-610.
- ・ 高橋智幸・黒川貴博・藤田将孝・島田広昭 (2011) : 津波による土砂移動の粒径依存性に関する水理実験, 土木学会論文集B2 (海岸工学), Vol.67, No.2, p.I_231-I_235.
- ・ 高橋智幸 (2012) : 津波による砂移動に関する数値シミュレーションの現状と課題, 堆積学研究, 第71巻, 第2号, pp.149-155.
- ・ 小谷美佐・今村文彦・首藤伸夫 (1998) : GISを利用した津波遡上計算と被害推定法, 海岸工学論文集, 第45巻, p.356-360.
- ・ 小林昭男・織田幸伸・東江隆夫・高尾誠・藤井直樹 (1996) : 津波による砂移動に関する研究, 海岸工学論文集, 第43巻, pp.691-695.
- ・ 玉田崇・田村保・高橋智幸・佐々木元 (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, p.301-305.
- ・ 藤田尚毅・稲垣和男・藤井直樹・高尾誠・金戸俊道 (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, 海洋開発論文集, 第26巻, p.213-216.
- ・ 近藤武司・森本徹・藤本典子・殿最浩司・志方建仁 (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, p.I_396-I_400.
- ・ 森下祐・高橋智幸 (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, p.I_491-I_495.
- ・ 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, pp828-833.
- ・ 千秋 (1967) : 発電水力演習, 学献社, pp.83-87.
- ・ 土木学会 (1999) : 水理公式集 (平成11年版), p.245, pp374-376.
- ・ Sugawara, D., T.Takahashi (2014a) : Numerical Simulation of Coastal Sediment Transport by the 2011 Tohoku-Oki Earthquake Tsunami, Advances in Natural and Technological Hazards Research, Vol.35, pp.99-112
- ・ Sugawara, D., T.Takahashi and F.Imamura (2014b) : Sediment transport due to the 2011 Tohoku-Oki Tsunami at Sendai: Result from numerical modeling, Marine Geology 358, <http://dx.doi.org/10.1016/j.margeo.2014.05.005>, pp.18-37.
- ・ 山下啓, 菅原大助, 高橋智幸, 今村文彦, 齋藤友一, 今任嘉幸, 甲斐恭, 上原均, 加藤季広, 中田一人, 坂良太郎, 西川朝雄 (2015) : 岩手県陸前高田市における2011年東北地方太平洋沖地震津波による大規模土砂移動の再現計算, 土木学会論文集B2 (海岸工学), Vol.71, No.2, p.I_499-I_504.
- ・ 今井健太郎・菅原大助・高橋智幸・岩間俊二・田中仁 (2015) : 2011年東北津波における北上川河口部の大規模洗掘・堆積に関する数値的検討, 土木学会論文集B2 (海岸工学), Vol.71, No.2, p.I_247-I_252.