

資料 2-1-2-3 入力津波の設定

目 次

	頁
1. 概要	T3-添2-1-2-3-1
2. 敷地の地形及び施設・設備並びに敷地周辺の人工構造物	T3-添2-1-2-3-2
2.1 敷地の地形及び施設・設備	T3-添2-1-2-3-2
2.2 敷地周辺の人工構造物	T3-添2-1-2-3-4
3. 取水路防潮ゲートの閉止判断基準の設定	T3-添2-1-2-3-6
4. 基準津波による敷地周辺の遡上・浸水域	T3-添2-1-2-3-45
4.1 考慮事項	T3-添2-1-2-3-45
4.2 取水路防潮ゲートの開閉条件	T3-添2-1-2-3-47
4.3 津波シミュレーションにおける解析モデル	T3-添2-1-2-3-48
4.4 津波シミュレーション結果	T3-添2-1-2-3-49
5. 入力津波の設定	T3-添2-1-2-3-62
5.1 敷地高さに近接する入力津波	T3-添2-1-2-3-62
5.2 施設に最も影響が大きい入力津波	T3-添2-1-2-3-67
6. 基準地震動 S_s との組合せで考慮する津波高さ	T3-添2-1-2-3-81
6.1 想定する津波	T3-添2-1-2-3-81

1. 概要

本資料は、入力津波の設定について説明するものである。

入力津波の設定においては、敷地及び敷地周辺における地形、施設・設備及び人工構造物等の位置等を把握し、遡上解析モデルを適切に設定した上で、遡上解析により、基準津波による敷地周辺の遡上・浸水域を評価する。

評価結果に基づき、遡上波の地上部からの到達、流入に伴う入力津波（以下「遡上波」という。）と取水路・放水路等の経路からの流入に伴う入力津波（以下「経路からの津波」という。）を設定する。

また、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備が設置された建物・構築物の耐震設計において基準地震動 S_s との組合せで考慮する津波を評価する。

2. 敷地の地形及び施設・設備並びに敷地周辺の人工構造物

2.1 敷地の地形及び施設・設備

高浜発電所の敷地は音海半島の根元部に位置する。敷地の地形は、北・西・南側を標高100～200m程度の山で囲まれており、中央部の平地は南西―北東方向に延び若狭湾に臨んでいる。

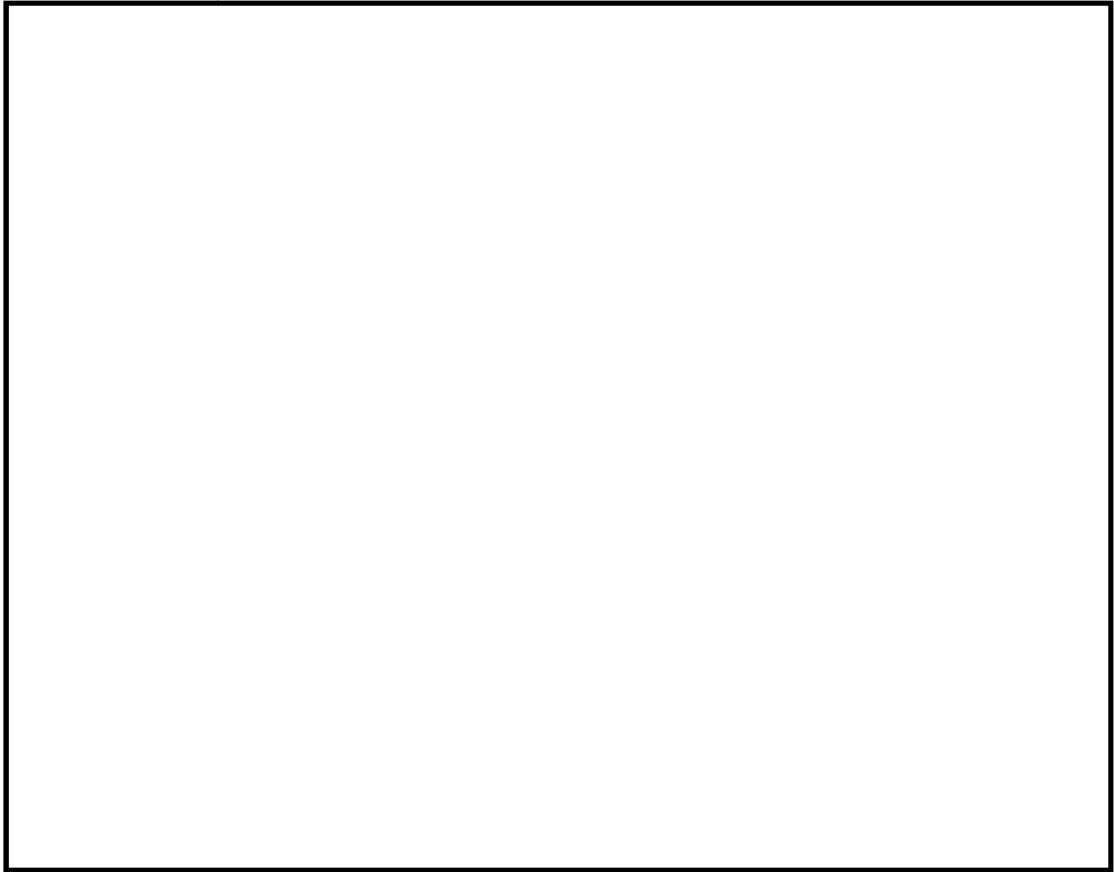
敷地周辺の地形は、標高150～200m程度の山なみが敷地の南側、北側を走り、東側は高浜湾に、西側は内浦湾に臨んでいる。

また、発電所付近の河川としては敷地の南方約5kmのところに二級河川の関屋川があり、また敷地西側境界に接して溪流（才谷川）がある。

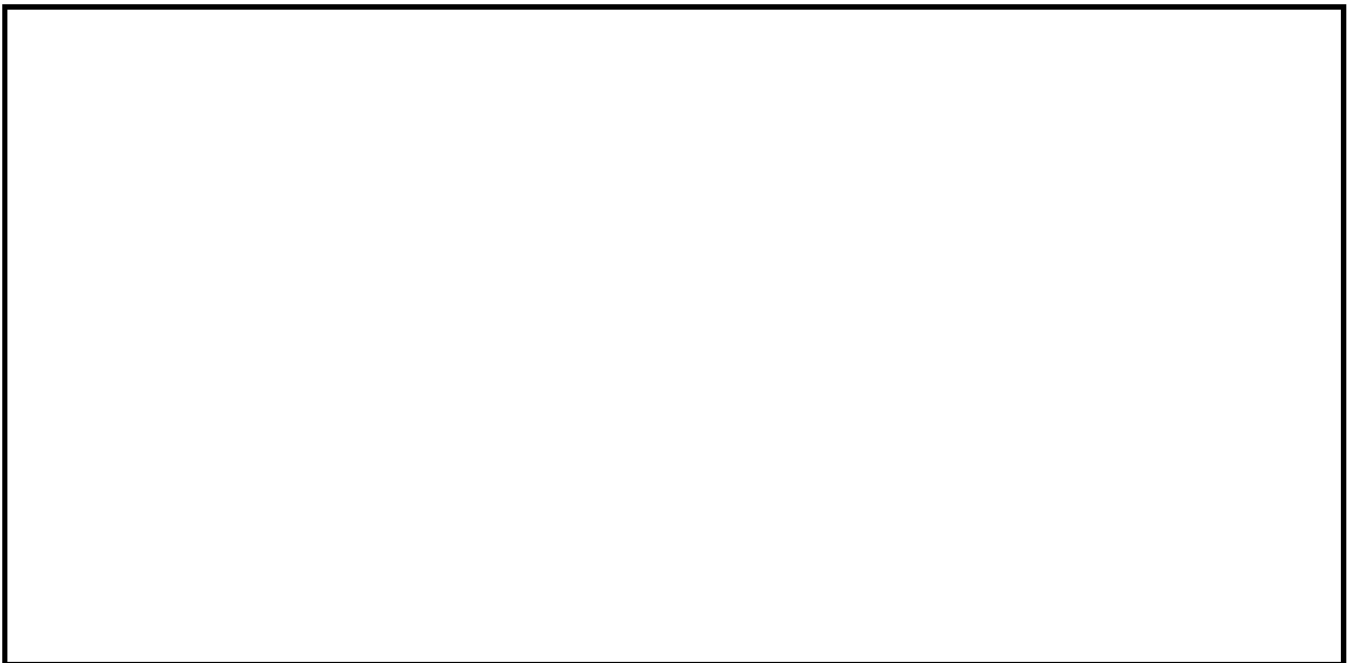
敷地は、主にT.P. []m、T.P. []m、T.P. []mの高さに分かれている。（T.P. []m=E.L. []m）

設計基準対象施設の津波防護対象設備等を内包する建屋及び区画として、T.P. []mの敷地に原子炉格納施設、原子炉補助建屋、制御建屋及び中間建屋があり、屋外設備としては、T.P. []mの敷地に海水ポンプ室（3・4号機共用（以下同じ。）、燃料油貯油そう、T.P. []mの高さに復水タンクがある。非常用取水設備として、海水取水トンネル（3・4号機共用（以下同じ。））及び海水ポンプ室を設置する。

津波防護施設として、取水路上に取水路防潮ゲート（4号機設備、1・2・3・4号機共用（以下同じ。））、放水口側の敷地に放水口側防潮堤（4号機設備、1・2・3・4号機共用（以下同じ。））及び防潮扉（4号機設備、1・2・3・4号機共用（以下同じ。））、放水路沿いの屋外排水路に屋外排水路逆流防止設備（4号機設備、1・2・3・4号機共用（以下同じ。））並びに放水ピットに1号及び2号機放水ピット止水板（4号機設備、1・2・3・4号機共用（以下同じ。））、1号及び2号機中央制御室並びに中央制御室に潮位観測システム（防護用）（4号機設備、1・2・3・4号機共用（計測制御系統施設の設備で兼用）（以下同じ。））を設置する。浸水防止設備として、海水ポンプ室床面T.P. []mに海水ポンプ室浸水防止蓋（3・4号機共用）を設置する。津波監視設備として、海水ポンプ室T.P. []mに潮位計（「3・4号機共用、3号機に設置（計測制御系統施設の設備で兼用）」（以下同じ。））、3号機原子炉格納施設壁面T.P. []m及び4号機原子炉補助建屋壁面T.P. []mに津波監視カメラ（1・2・3・4号機共用、3号機に設置（計測制御系統施設の設備で兼用）（以下同じ。））を設置する。敷地内の遡上域の建物・構築物等としては、T.P. []mの敷地に使用済燃料輸送容器保管建屋、協力会社事務所等がある。第2-1図に高浜発電所の敷地の概要を示す。



第2-1図(1/2) 敷地の地形及び施設・設備の概要

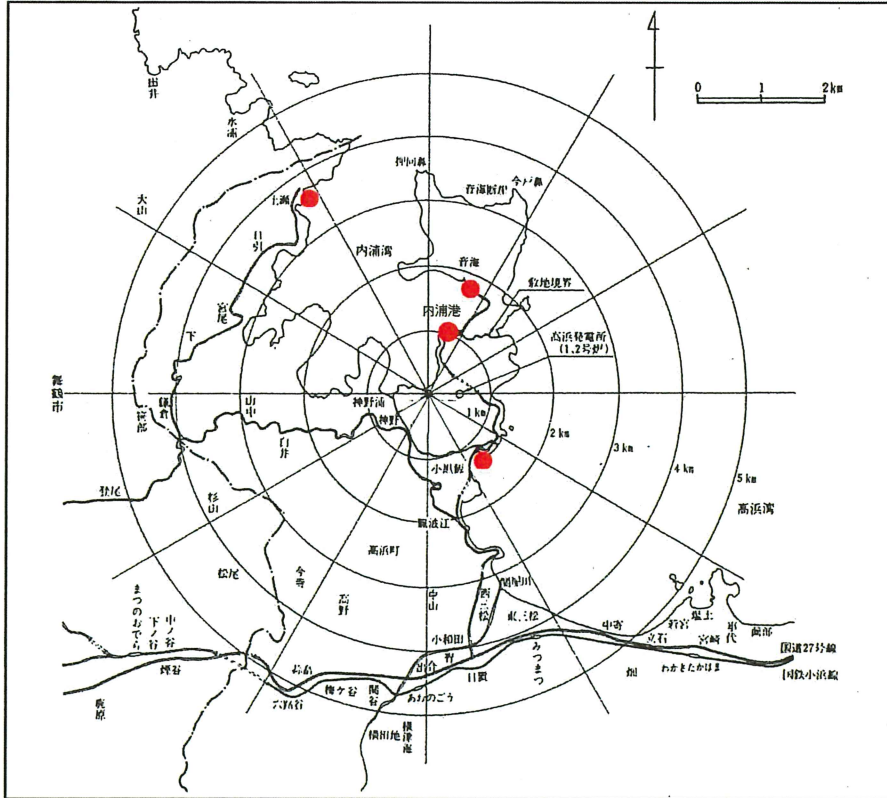


第2-1図(2/2) 敷地の地形及び施設・設備の概要(敷地内)

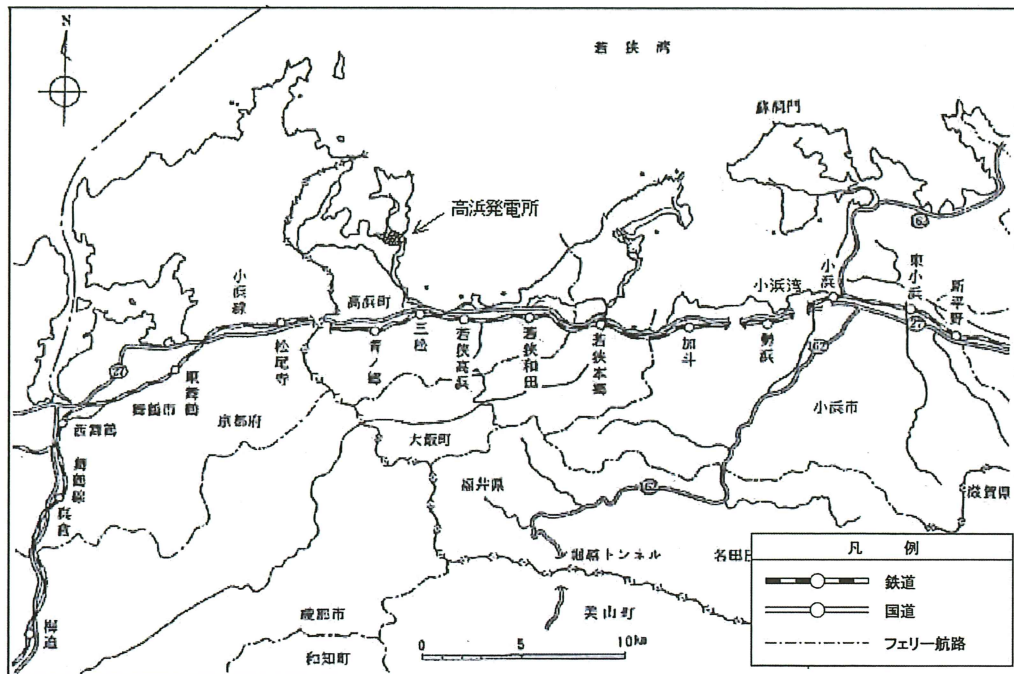
2.2 敷地周辺の人工構造物

港湾施設として、発電所構内に物揚岸壁があり、燃料等輸送船が不定期に停泊する。

発電所構外には、内浦湾内に内浦港があり、輸送船が不定期に停泊する。また、内浦湾内に漁港として音海、上瀬、高浜湾内に小黒飯があり、各々の漁港には防波堤が設置されている（第2-2図）。海上設置物としては、周辺の漁港に船舶・漁船が約140隻、浮き筏が約170床、発電所取水口にクラゲ防止網が設置されている。敷地周辺の状況としては、民家や倉庫等があり、海上交通としては、発電所沖合約14kmに舞鶴から小樽（北海道）へのフェリー航路がある（第2-3図）。漂流物の評価については、資料2-1-2-4「入力津波による津波防護対象設備への影響評価」に示す。



第2-2図 高浜発電所敷地付近地図（港湾施設及び漁港の位置）

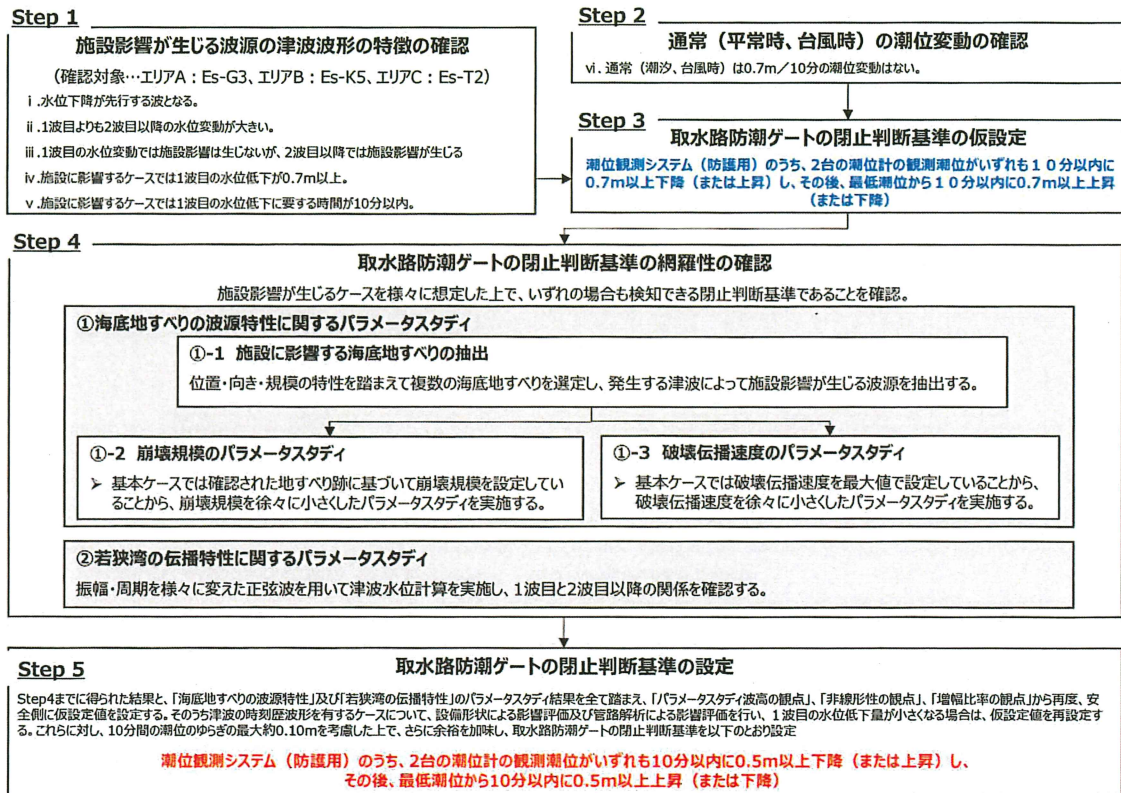


第2-3図 高浜発電所周辺の海上交通

3. 取水路防潮ゲートの閉止判断基準の設定

基準津波 3 及び基準津波 4 に対する取水路防潮ゲートの閉止判断基準は、基準津波 3 及び基準津波 4 の波源に関する「崩壊規模」及び「破壊伝播速度」並びに若狭湾における津波の伝播特性のパラメータスタディの結果を踏まえ、敷地への遡上及び水位の低下による海水ポンプへの影響のおそれがある津波を網羅的に確認したうえで、潮位のゆらぎ等を考慮して設定する。なお、設定に当たっては、平常時及び台風時の潮位変動の影響を受けないことも確認する。

具体的には、「潮位観測システム（防護用）のうち、2台の潮位計の観測潮位がいずれも10分以内に0.5m以上下降し、その後、最低潮位から10分以内に0.5m以上上昇すること、又は10分以内に0.5m以上上昇し、その後、最高潮位から10分以内に0.5m以上下降すること。」とする。第3-1図に設定フローを示す。

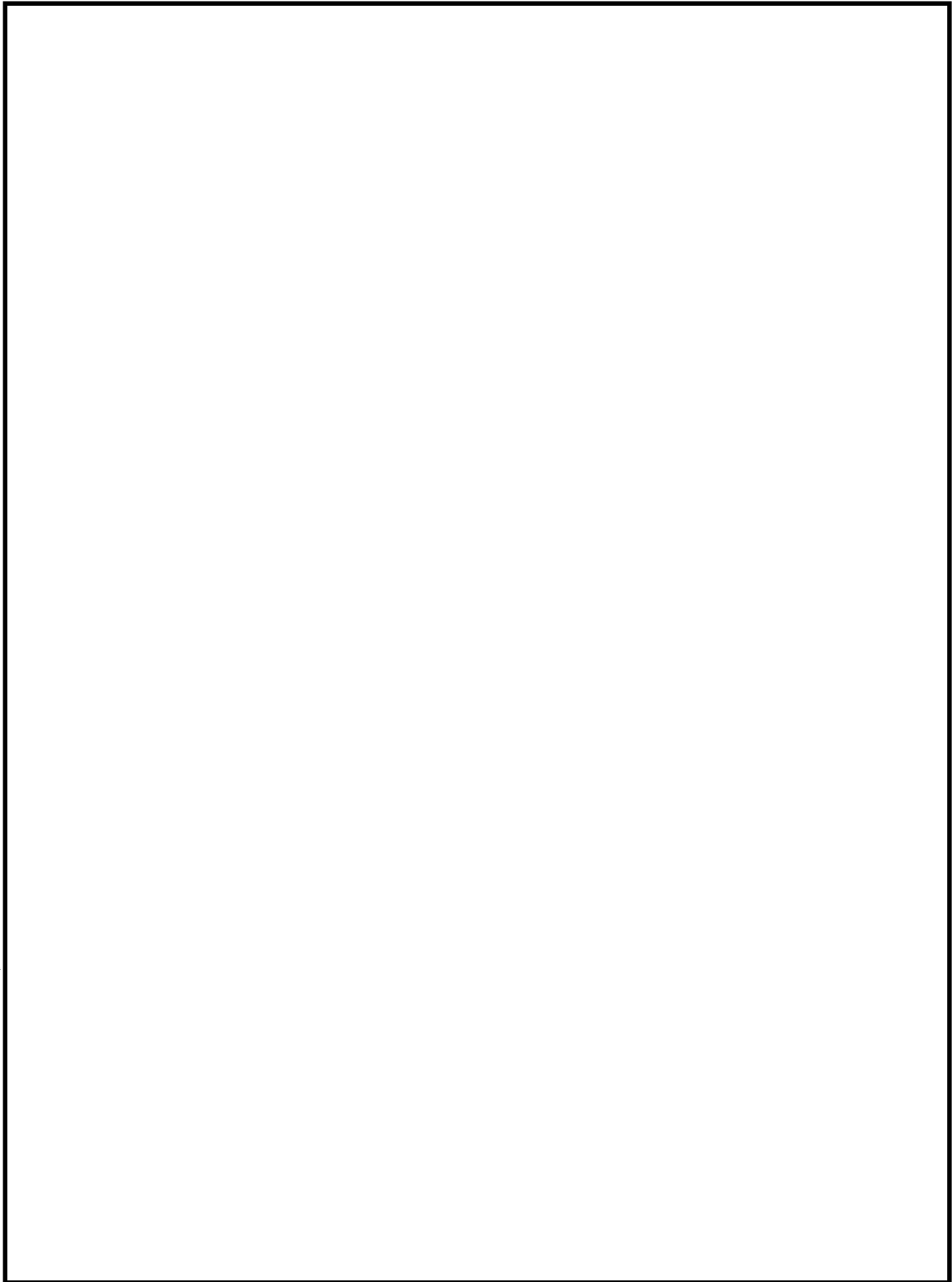


第3-1図 取水路防潮ゲートの閉止判断基準の設定フロー

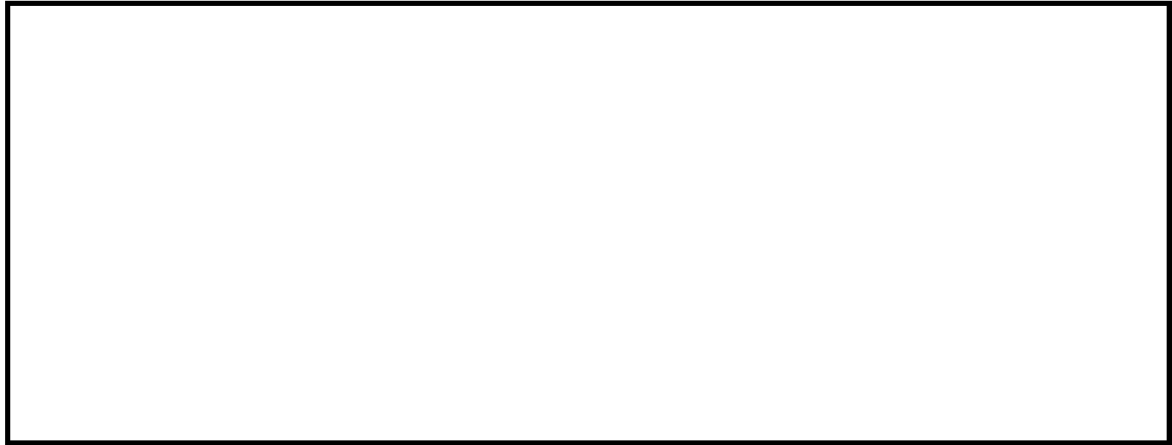
(1) 施設影響が生じる波源の津波波形の特徴の確認

施設影響が生じる波源であるエリアBのEs-K5（Kinematicモデル）とエリアCのEs-T2（Kinematicモデル）による津波の時刻歴波形を確認した結果、主な特徴として、「1波目より2波目以降のほうが水位変動量が大きい」、「1波目の水位変動量では施設影響は生じないが、2波目以降では施設影響が生じる」、「1波目の水位変動量は0.7m以

上」、「1波目の水位低下に要する時間は10分以内」ということが確認された。(第3-2図)



第3-2図(1/2) エリアBのEs-K5 (Kinematicモデル) とエリアCのEs-T2 (Kinematicモデル) の津波波形の特徴の確認



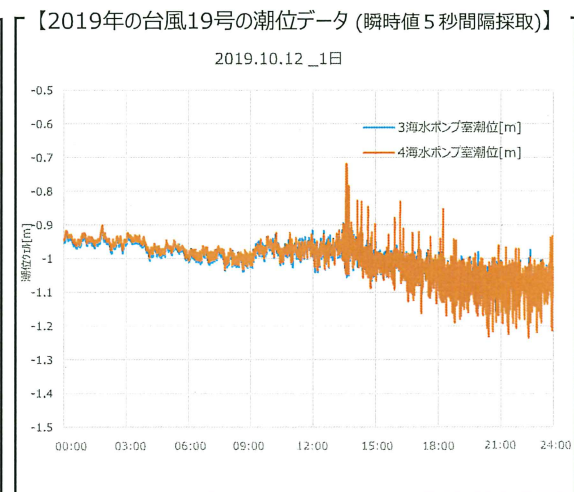
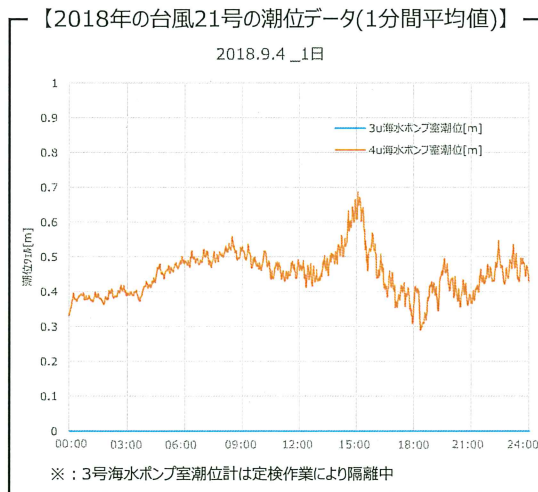
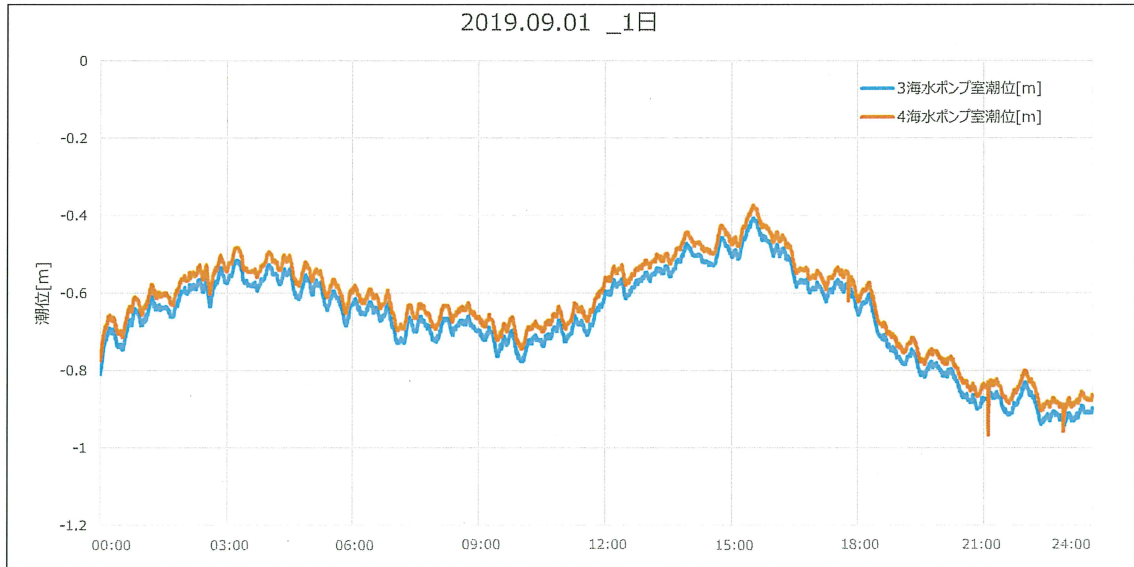
第 3-2 図(2/2) エリア B の Es-K5 (Kinematic モデル) とエリア C の Es-T2 (Kinematic モデル) の津波波形の特徴の確認

(2) 通常（平常時、台風時）の潮位変動の確認

潮位計で観測された潮位データについて、潮位変化をより細かくみるため瞬時値データ（瞬時値データの保存期間である過去 3 か月分を全て対象とした）を確認した結果、平常時では 10 分間の潮位変動は最大で 10cm 程度であり、台風時（2018 年台風 21 号、2019 年台風 19 号）では 10 分間の潮位変動は最大で 30cm 程度である（第 3-3 図）。

なお、潮位計で観測された過去 7 年分の潮位データ(1 分間データ)を確認した結果、作業及びクラゲ襲来時の取水路への排水が起因となったケースを除くと、2 台の潮位計において 10 分間に 0.7m 以上の潮位変動が生じたケースはなかった。（第 3-1 表）

通常時の潮汐の変動 ■ 2019年9月 (瞬時値 5 秒間隔採取) (3, 4号機プラント稼働中)



第 3-3 図 通常の潮位変動の確認 (上 : 平常時、下 : 台風時)

第 3-1 表 0.7m 以上の潮位変動の観測実績

【1 波目が下げ波の場合】

判断基準	10分以内に0.7m以上下降	10分以内に0.7m以上下降し、その後、最低潮位から10分以内に0.7m以上上昇
潮位計1台が変動	0件（64件）	0件（24件）
潮位計2台が変動	0件（6件）	0件（2件）

※（）内の潮位変化は、すべて作業によるものであった。

※作業による潮位変化のうち、2つの潮位計が同時に10分以内に0.7m以上低下し、その後、最低潮位から10分以内に0.7m以上上昇するケースが最も少なかった。

【1波目が上げ波の場合】

判断基準	10分以内に0.7m以上上昇	10分以内に0.7m以上上昇し、その後、最低潮位から10分以内に0.7m以上下降
潮位計1台が変動	96件（147件）	52件（74件）
潮位計2台が変動	0件（3件）	0件

※（）内の潮位変化は、作業によるものに加え、クラゲ襲来時の取水路への排水により、4号海水ポンプ室潮位計のみ、影響を受けるケースがあった。

※作業要因及び排水要因による潮位変化のうち、2つの潮位計が同時に10分以内に0.7m以上上昇し、その後、最高潮位から10分以内に0.7m以上下降するケースはなかった。

※潮位計1台が10分以内に0.7m以上上昇し、その後、最高潮位から10分以内に0.7m以上下降に該当するものが排水要因として52件あったが、潮位変化の特徴として、通常潮位から、一旦潮位上昇後、上昇前の潮位に戻る傾向であった。

(3) 取水路防潮ゲートの閉止判断基準の仮設定

(1)において、エリアBのEs-K5（Kinematicモデル）とエリアCのEs-T2（Kinematicモデル）による津波では、1波目よりも2波目以降の水位変動が大きく、1波目の水位変動では施設影響が生じないが、2波目以降の水位変動では施設影響を及ぼすことを確認した。これを踏まえ、1波目の水位変動によって津波を確認して取水路防潮ゲートを閉止することで、2波目以降で施設影響が生じることを防止する対策とする。

取水路防潮ゲートの閉止判断基準とする1波目の水位変動量は、(1)及び(2)の確認結果から、施設影響が生じる波源を確認でき、且つ通常の潮位変動を津波と誤判断しない変動量として、10分以内に0.7m以上の変動量とする。なお、誤判断を防止する観点から、津波襲来と判断するのは、潮位が10分以内に0.7m以上下降した後に、潮位が最低潮位から上昇に転じた時点から更に10分以内に0.7m以上の上昇が確認された場合とする。また、同様の観点で、津波襲来と判断するのは、2台以上の潮位計が上記を観測した場合とする。

なお、隠岐トラフの海底地すべりはほとんどが発電所から遠ざかる方向に崩壊する形状となっている中で、崩壊の方向が異なる海底地すべりとして、崩壊方向が発電所方向

に近いと想定されるエリアAのEs-G101、エリアCのEs-T13及びEs-T14を抽出し、津波波形を確認した。その結果、Watts他の予測式を用いた評価で上昇波先行の波形となっており、上昇波が先行する波源もあることを確認したものの、津波高さは小さく、(1)の考え方を変更する必要はなかった。しかし、施設影響が生じる波源から得られる波形は、全て津波の第1波が下降波であるものの、自然事象に対する不確実性をより広く取り入れる観点から、「1波目の水位が上昇し、その後、最高潮位から下降した場合」も取水路防潮ゲートの閉止判断基準として考慮することとする。

以上を踏まえ、以下のとおり、取水路防潮ゲートの閉止判断基準を仮設定する。

- ・ 潮位観測システム（防護用）のうち、2台の潮位計の観測潮位が10分以内に0.7m以上下降し、その後、最低潮位から10分以内に0.7m以上上昇する。

又は

- ・ 潮位観測システム（防護用）のうち、2台の潮位計の観測潮位が10分以内に0.7m以上上昇し、その後、最高潮位から10分以内に0.7m以上下降する。

(4) 取水路防潮ゲートの閉止判断基準の網羅性の確認

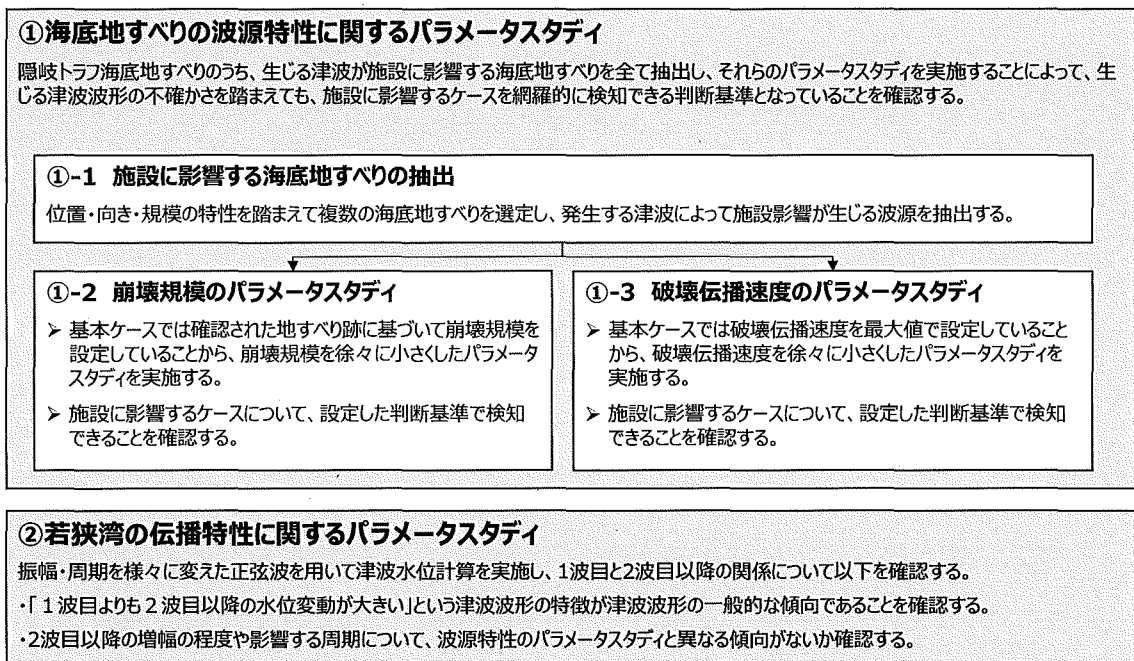
(3)で仮設定した取水路防潮ゲートの閉止判断基準が、施設影響が生じる波源の様々な津波波形に対していずれの場合も確認できることを確認する。

網羅性の確認においては、まず、隠岐トラフ付近に分布する38の海底地すべり跡を位置及び向きによってエリアA～Cに分けた上で、エリア毎に最大規模となる海底地すべり地形として、エリアAのEs-G3、エリアBのEs-K5及びエリアCのEs-T2を選定し、津波水位計算を実施した結果、エリアBのEs-K5及びエリアCのEs-T2が施設影響が生じる波源であることを確認しているため、各エリアで規模が2位以下の海底地すべりでも、施設影響が生じる波源があるかを確認する。

施設影響が生じる波源を抽出するため、影響検討（以下「パラメータスタディ」という。）を実施する。パラメータスタディは海底地すべりによる津波の津波高さに影響する因子を用いて行う。津波高さに影響する因子としては、海岸・海底地形、対象とする地すべり、潮位・水位、崩壊規模（Kinematicモデルにおいて設定する海底地形変化量分布）、破壊伝播速度・破壊継続時間（Kinematicモデルにおいて設定する海底地形変化の速度及び継続時間）が考えられるが、海岸・海底地形は変動させるものでないこと、潮位・水位は高潮裕度まですでに考慮していること、破壊継続時間は破壊伝播速度に従属する因子であることから対象とせず、パラメータスタディにおいては対象とする地すべり、崩壊規模、破壊伝播速度を用いる。施設影響が生じる波源を抽出するパラメータスタディとしては対象とする地すべりを用い、その際には崩壊規模及び破壊伝播

速度は保守的に最大値で実施する。具体的には、崩壊規模は判読した海底すべり地形の崩壊部が一度にすべて崩壊するものとして設定し、破壊伝播速度は Watts 他の予測式から求まる海底地すべりの速度の最大値 (U_{max}) を採用した。敷地に影響のある波源を抽出できたら、その波源を用いて、海底地すべりの波源特性のパラメータスタディを実施する。海底地すべりの波源特性のパラメータスタディについては、施設影響が生じる波源を抽出するパラメータスタディでは水位変動が最も大きくなるように保守的に最大値で設定していた崩壊規模及び破壊伝播速度をパラメータスタディの対象とすることで網羅的な確認を行う。さらに津波の初期の周期や振幅の特性によっては、伝播特性の影響を受けて評価位置での波形の特徴が変わる可能性があることから、若狭湾における津波の伝播特性に着目した津波の周期・振幅に関するパラメータスタディも行う。

以上より、波源特性の不確かさを考慮した場合の施設影響が生じる波源の様々な津波波形の検討として①海底地すべりの波源特性に関するパラメータスタディを、1波目より2波目以降のほうが大きいことに関する津波の伝播特性の観点での検討として②若狭湾における津波の伝播特性に関するパラメータスタディを、それぞれ実施する。(第3-4図)

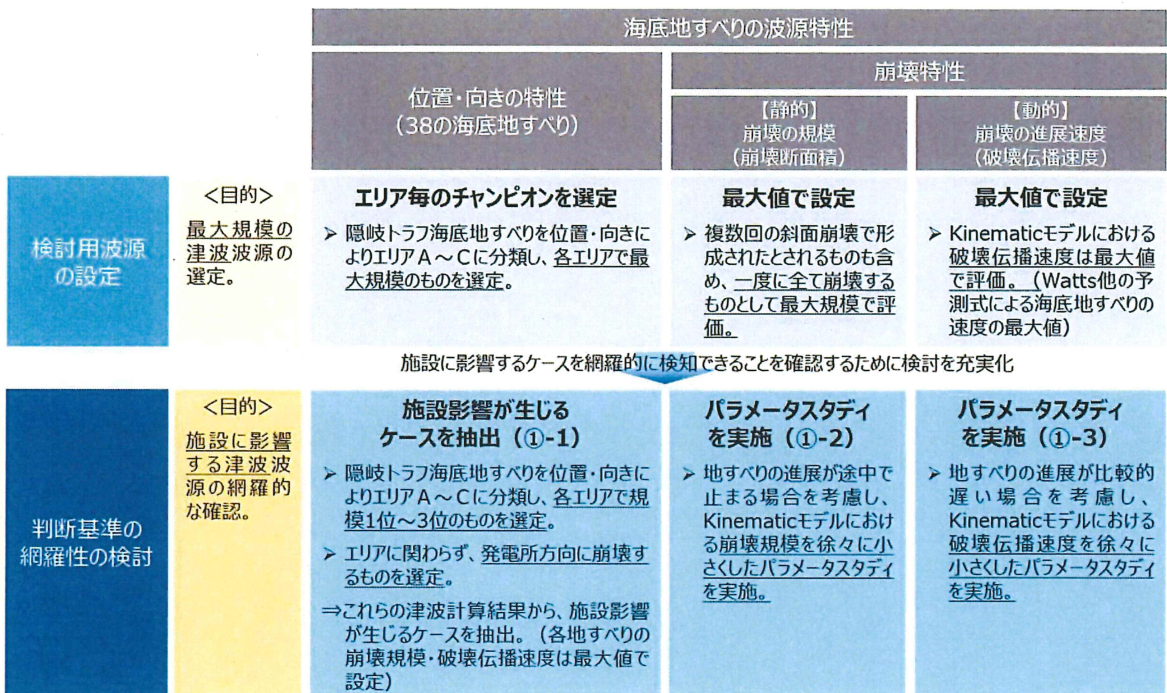


第3-4図 取水路防潮ゲートの閉止判断基準の網羅性確認の考え方

a. 海底地すべりの波源特性に関するパラメータスタディ

本検討においては、まず、隠岐トラフ海底地すべりのうち、生じる津波により施設影響が生じる海底地すべりを全て抽出し、それらに対し、パラメータスタディを実施することによって、生じる津波波形の不確かさを踏まえても、施設影響が生じるケースを網羅的に確認できる閉止判断基準になっていることを確認する。

まず、パラメータスタディに用いる地すべりとして、施設影響が生じる海底地すべりを検討用波源として全て抽出する。その上で、これらに対し、崩壊規模及び破壊伝播速度のパラメータスタディを実施することで、津波波形を複数作成し、それらのうち、施設影響が生じるケースが(3)で仮設定した取水路防潮ゲートの閉止判断基準で確認できるかを確認することで、津波波形の不確かさを考慮しても、施設影響が生じるケースを網羅的に確認できる取水路防潮ゲートの閉止判断基準となっているかを確認する。(第3-5図)



第3-5図 波源特性のパラメータスタディによる検討

(a) 施設に影響する海底地すべりの抽出

取水路防潮ゲート開状態での敷地影響の検討において、隠岐トラフ付近に分布する38の海底地すべり跡を位置及び向きによってエリアA～Cに分けた上で、各エリアの最大規模の海底地すべりとして、エリアAのEs-G3、エリアBのEs-K5及びエリアCのEs-T2を選定し、津波水位計算を実施した。その結果、施設影響が生じるケースと

して、海底地すべりエリア B (Es-K5, Kinematic モデル) と海底地すべりエリア C (Es-T2, Kinematic モデル) を抽出した。

このため、各エリアで規模が 2 位以下の海底地すべりも対象とした上で、津波警報等が発表されない場合において施設に影響する海底地すべりの抽出を行う。施設影響の確認においては、耐津波設計で考慮される潮位のばらつき (水位上昇側: +0.15m、水位下降側: -0.17m) と高潮の裕度 (水位上昇側: m) を津波水位計算結果に加味した値を、敷地高さ及び取水可能水位と比較する。

施設に影響する海底地すべりの抽出は、以下の (i)~(iii) の手順で実施する。

- (i) 隠岐トラフ海底地すべりを位置・向きによりエリア A~C に分類し、各エリアで規模が 1 位~3 位のものを選定する。
- (ii) 隠岐トラフ海底地すべりのうち、エリアに関わらず、発電所方向に崩壊するものを選定する。
- (iii) (i) 及び (ii) で選定した海底地すべりによる津波の計算結果から、施設影響が生じる波源を確認する。

上記 (i) 及び (ii) によって選定した海底地すべりを第 3-6 図に示す。

(i) では、断面積による規模評価結果を参照し、エリア A~C の最大規模の海底地すべりに加えて、エリア B で規模が 2 位及び 3 位の海底地すべりとして Es-K7 及び Es-K6 を、エリア C で規模が 2 位及び 3 位の海底地すべりとして Es-T8 及び Es-T13 を、それぞれ選定した。エリア A については、最大規模の Es-G3 による津波でも施設影響が生じないことから、規模が 2 位及び 3 位の海底地すべりは選定しない。

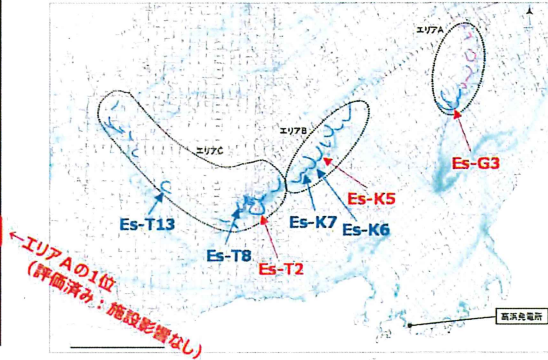
(ii) では、隠岐トラフの海底地すべりはほとんどが発電所から遠ざかる方向に崩壊する形状となっている中で、崩壊の傾向が異なる海底地すべりとして、崩壊方向が発電所方向に近いものを選定した。その結果、(ii) ではエリア A の Es-G101、エリア C の Es-T13 及び Es-T14 を選定した。(i) の各エリアで規模が 1 位~3 位の海底地すべり及び (ii) の発電所方向に崩壊する海底地すべりによる津波水位計算結果を第 3-2 表に示す。また、各波源の津波水位計算結果に潮位のばらつき及び高潮の裕度を加味した値と敷地高さ及び海水ポンプの取水可能水位を比較した結果を、第 3-7 図に示す。この結果より、施設影響が生じる波源は、水位上昇側ではエリア B の Es-K5

(Kinematic モデル) とエリア C の Es-T2 (Kinematic モデル)、水位下降側ではエリア B の Es-K5 (Kinematic モデル) であることを確認した。

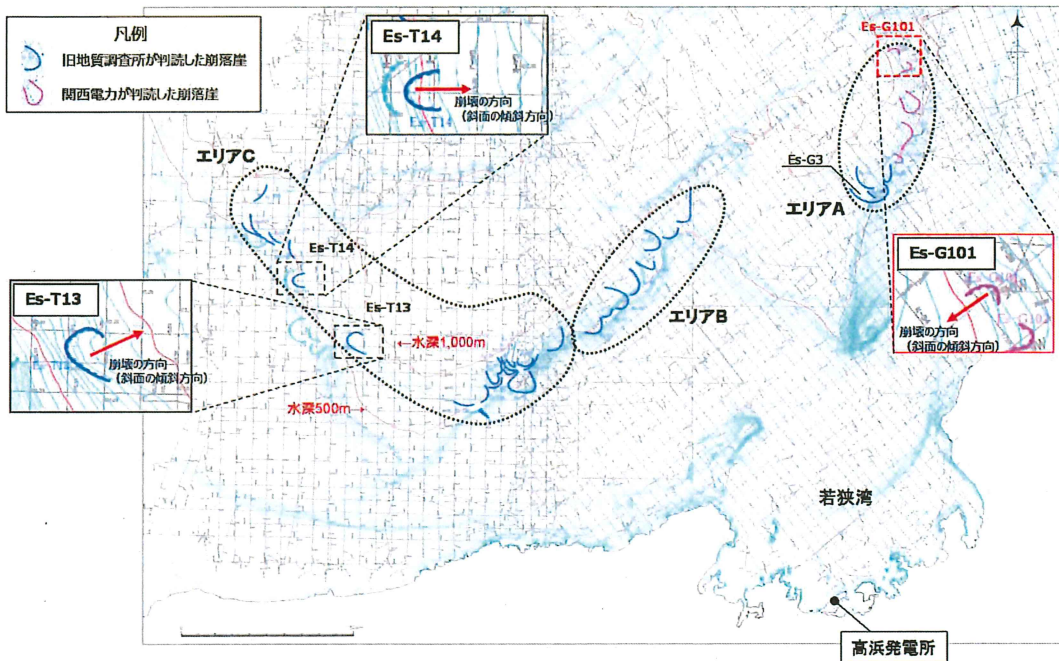
●地すべり地形の規模の算出結果（断面積上位20個）

規模の 順位	地すべり 地形	エリア	測線	地すべり 長さ(m)	地すべり 厚さ(m)	地すべり長さ ×厚さ(m ²)
1	Es-K5	B	K-120	7,135	128	913,324
2	Es-T2	C	GA-23	8,582	97	833,402
3	Es-T8	C	GA-22	4,374	150	656,141
4	Es-K7	B	K-119	3,818	160	578,850
5	Es-T13	C	GA-20	4,966	116	576,038
6	Es-K6	B	K-120	5,420	103	558,225
7	Es-T14	C	GA-15	8,970	61	547,200
8	Es-K8	B	K-119	6,557	78	498,312
9	Es-K4	B	K-120	4,418	81	357,855
10	Es-K3	B	K-121	7,596	45	341,839
11	Es-T6	C	GA-21	5,343	62	331,267
12	Es-T17	C	GA-11	1,979	158	312,678
13	Es-K2	B	K-120	4,482	67	298,932
14	Es-T15	C	GA-13	8,326	33	274,765
15	Es-K1	B	K-121	5,188	52	270,278
16	Es-G3	A	K-115	6,856	29	198,822
17	Es-G103	A	K-118	6,172	30	185,161
18	Es-T12	C	GA-T	6,284	29	182,237
19	Es-G104	A	K-51	3,584	46	164,876
20	Es-G102	A	K-118	4,413	36	158,864

←エリアBの1位（評価済み：施設影響あり）
 ←エリアCの1位（評価済み：施設影響あり）
 ←エリアCの2位（追加評価：施設影響の有無を確認する）
 ←エリアBの2位（追加評価：施設影響の有無を確認する）
 ←エリアCの3位（追加評価：施設影響の有無を確認する）
 ←エリアBの3位（追加評価：施設影響の有無を確認する）



(i) 各エリアで規模が1位～3位の海底地すべり



(ii) 発電所方向に崩壊する海底地すべり

第3-6図 施設影響が生じる可能性のある海底地すべりの選定

第 3-2 表 海底地すべりの津波評価結果（規模が 2 位以下の波源を含む）

A large empty rectangular box with a black border, intended for the content of Table 3-2.

第 3-7 図 施設影響が生じる波源の確認

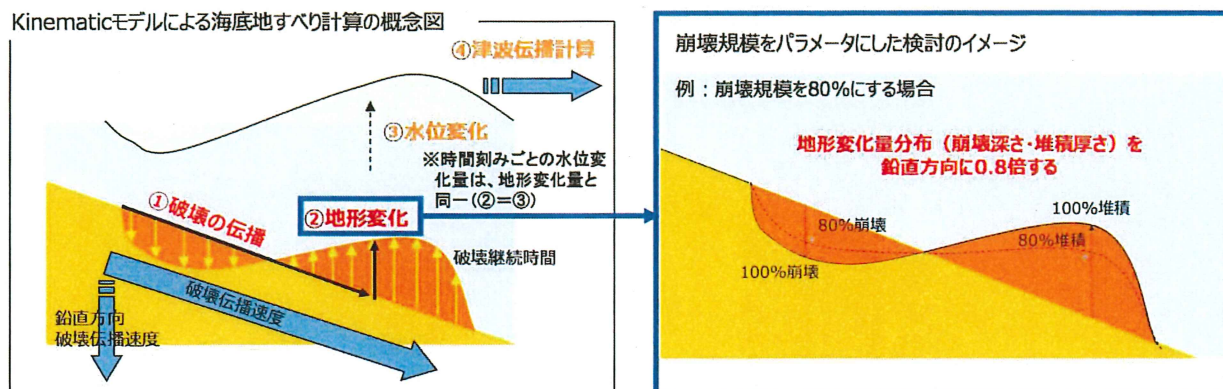
(b) 崩壊規模のパラメータスタディ

Kinematic モデルによって海底地すべりによる津波を計算する場合、検討用波源の設定においては複数の斜面崩壊で形成されたとされるものも含め、一度に全て崩壊するものとして崩壊規模を最大値（100%）で計算している。網羅性の確認においては、地すべりによって発生する津波の波形の不確かさを確認する観点から、Kinematic モデルにおいて地すべりの進展が途中で止まる場合を考慮し、エリアBのEs-K5（Kinematic モデル）とエリアCのEs-T2（Kinematic モデル）の崩壊規模を最大値から徐々に小さくしたパラメータスタディを実施した（第3-8図）。

崩壊規模のパラメータスタディの結果、崩壊規模が小さくなるほど水位変動が小さくなることが確認されたが（第3-9図）、いずれの場合でも施設影響が生じるケースは仮設定した取水路防潮ゲートの閉止判断基準で確認できることを確認した。（第3-10図、第3-11図）

なお、潮位のばらつき及び高潮の裕度を考慮した場合に、津波の第2波以降の潮位が、施設影響が生じる敷地高さである T.P. m に最近接するパラメータスタディ結果のうち、T.P. m をわずかに超えるケースとしては、海底地すべりエリアBのEs-K5（Kinematic モデル）の崩壊規模40%であり、この場合の最高水位は、m、第1波の水位低下量は、0.73mであることを確認した。また、T.P. m をわずかに下回るケースとしては、海底地すべりエリアCのEs-T2（Kinematic モデル）の崩壊規模40%であり、この場合の最高水位は、m、第1波の水位低下量は、0.69mであることを確認した。

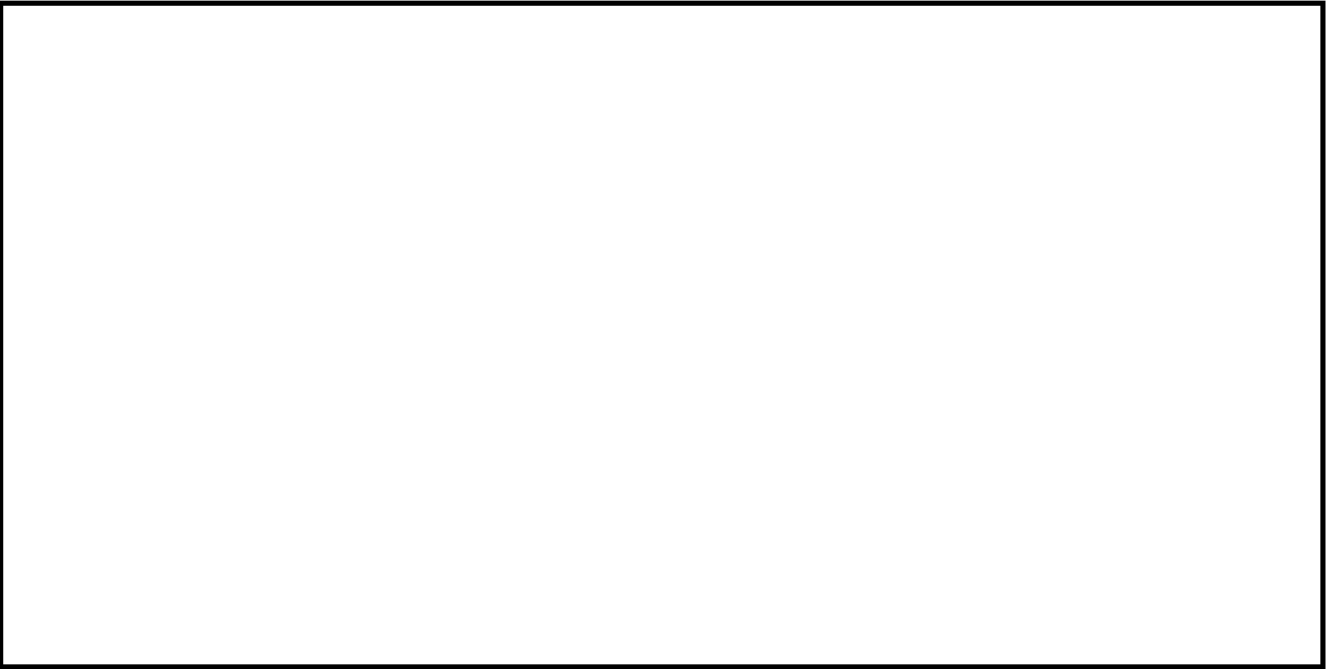
海底地すべり	崩壊規模のパラメータスタディケース	
	水位上昇側	水位下降側
Es-K5（エリアB）	100%（基本ケース）、80%、70%、60%、50%、40%	100%（基本ケース）、80%
Es-T2（エリアC）	100%（基本ケース）、80%、60%、50%、45%、40%	



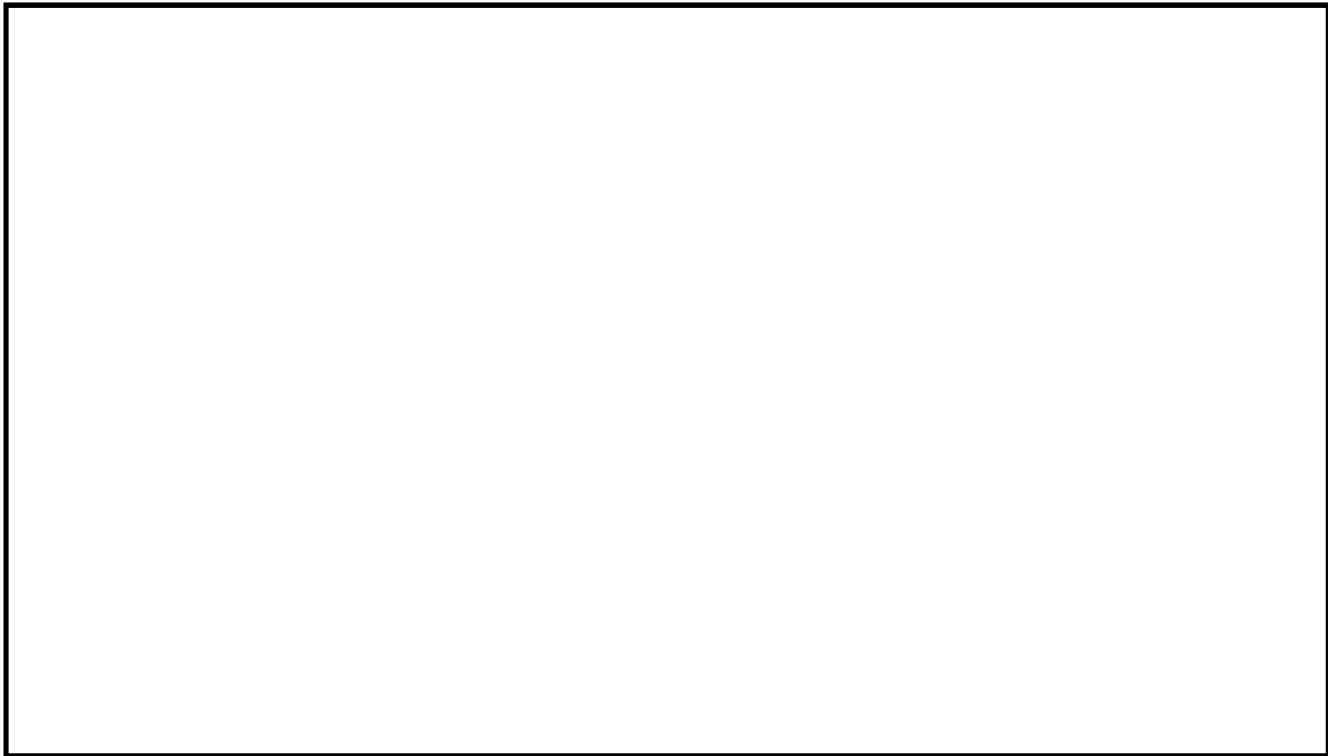
第3-8図 崩壊規模のパラメータスタディ方法



第 3-9 図 崩壊規模のパラメータスタディ結果（時刻歴波形）



第 3-10 図 崩壊規模のパラメータスタディ結果（施設影響の確認）



第 3-11 図 崩壊規模のパラメータスタディ結果
(取水路防潮ゲートの閉止判断基準による確認可否の確認)

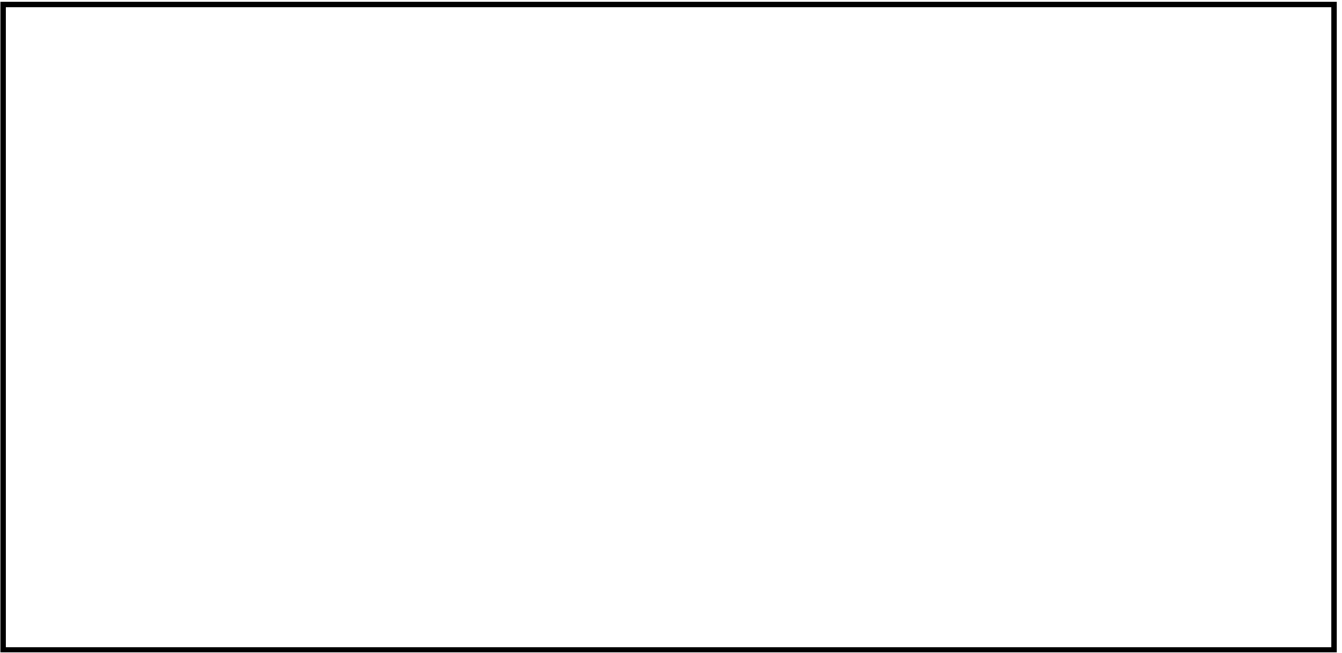
(c) 破壊伝播速度のパラメータスタディ

Kinematic モデルによって海底地すべりによる津波を計算する場合、検討用波源の設定においては、破壊伝播速度として Watts 他の予測式による海底地すべりの速度の最大値 U_{max} を採用している。網羅性の確認においては、地すべりによって発生する津波の波形の不確かさを確認する観点から、Kinematic モデルにおいて地すべりの進展が比較的遅い場合を考慮し、エリア B の Es-K5 (Kinematic モデル) とエリア C の Es-T2 (Kinematic モデル) の破壊伝播速度を最大値から徐々に小さくしたパラメータスタディを実施した (第 3-12 図)。

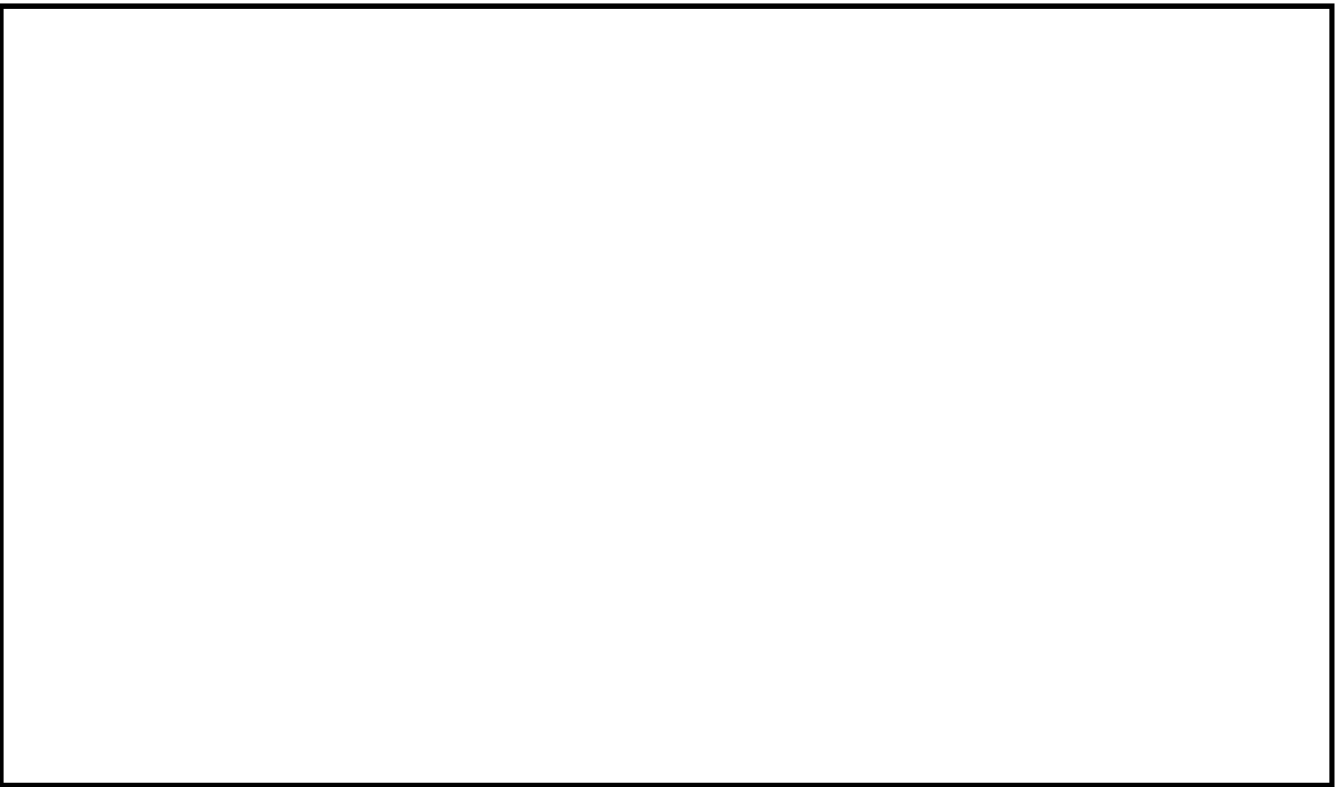
破壊伝播速度のパラメータスタディの結果、破壊伝播速度が小さくなるほど水位変動が小さくなり、周期は長くなることが確認されたが (第 3-13 図)、いずれの場合でも施設影響が生じるケースは仮設定した取水路防潮ゲートの閉止判断基準で確認できることを確認した。(第 3-14 図、第 3-15 図)

なお、パラメータスタディ結果のうち、エリア B の Es-K5 (Kinematic モデル) による津波水位計算 (上昇側) の破壊伝播速度 $0.5\text{m/s} \sim 0.6\text{m/s}$ の間では、1 波目の水位低下量の大小が破壊伝播速度の大小と整合していない。この間での 1 波目の水位低下量は概ね同程度で 0.8m 程度であるところ、取水路周辺の詳細地形の影響等で水位変動がやや増減しているものと考えられるが、施設影響が生じない破壊伝播速度 0.5m/s のケースも含めていずれも水位低下量が 0.70m 以上であり、確認可能であることを確認している。

津波の 1 波目の水位低下量の大小が破壊伝播速度の大小と整合していない非線形性領域については、①第 1 波の非線形性が見られる区間は、破壊伝播速度 $0.50\text{m/s} \sim 0.60\text{m/s}$ であること、及び②破壊伝播速度 $0.40\text{m/s} \sim 1.00\text{m/s}$ 全体を通しては、線形性があることから、①の区間の 1 波目の水位低下量を下回る、破壊伝播速度 0.40m/s のケースにおいて、非線形区間よりも低い水位で線形性が回復することを確認した。なお、破壊伝播速度 0.40m/s の場合の潮位のばらつき及び高潮の裕度を考慮した最高水位は m、第 1 波の水位低下量は、 0.67m である。(第 3-16 図)



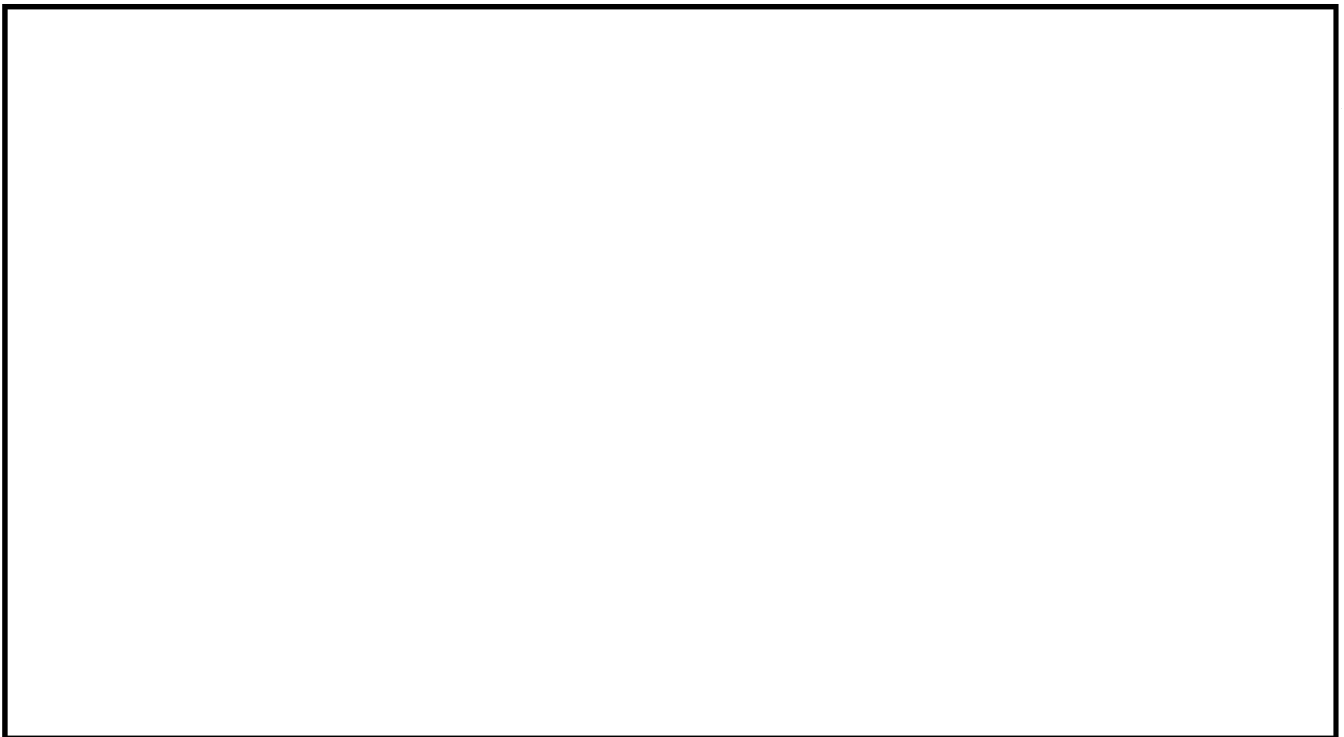
第 3-12 図 破壊伝播速度のパラメータスタディ方法



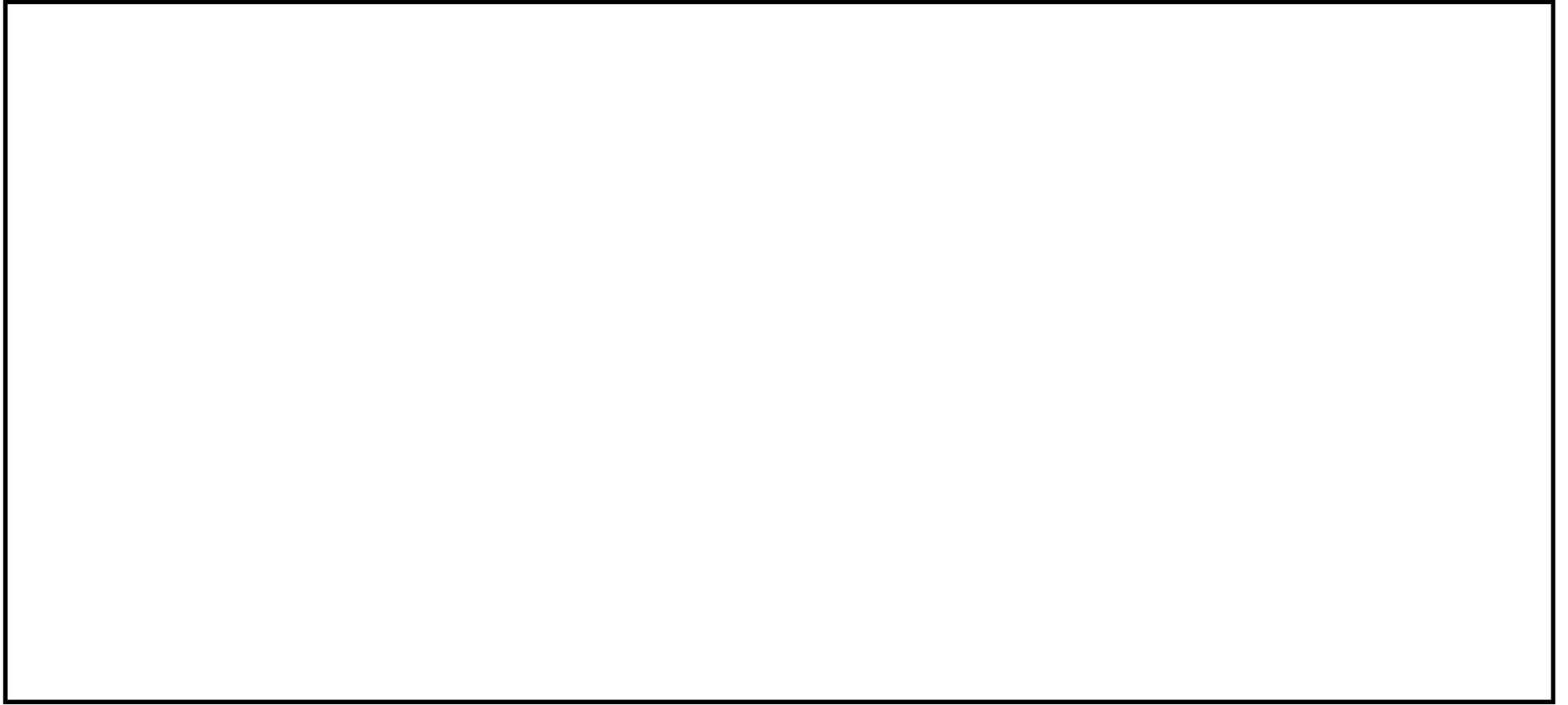
第 3-13 図 崩壊規模のパラメータスタディ結果（時刻歴波形）



第 3-14 図 破壊伝播速度のパラメータスタディ結果（施設影響の確認）



第 3-15 図 破壊伝播速度のパラメータスタディ結果
（取水路防潮ゲートの閉止判断基準による確認可否の確認）



第 3-16 図 破壊伝播速度パラメータスタディにおける 1 波目の非線形性

b. 若狭湾における津波の伝播特性に関するパラメータスタディ

仮設定した取水路防潮ゲートの閉止判断基準では、「1波目よりも2波目以降の水位変動が大きい」という前提に基づき、1波目の水位変動を確認することとしている。よって、この伝播特性の妥当性について検証する。

まず、海底地すべりによる津波の計算結果では、いずれのケースでも、基準津波定義位置の時刻歴波形では2波目以降の水位変動が1波目と同程度以下なのに対して、取水口前の時刻歴波形では2波目以降の水位変動の増幅が見られるが、これは1波目では波源からの直達波のみが到達するのに対して、2波目以降では大島半島等からの反射波との重畳が生じているためと考えられる。(第3-17図)

つぎに、波源特性に関するパラメータスタディでは、パラメータの変動に応じて生成される振幅・周期が異なる様々な津波波形においていずれの場合も取水口位置で2波目以降が増幅することが確認されているが、これは2波目以降の増幅は若狭湾における津波の伝播特性に起因する高浜発電所位置の津波波形の一般的な傾向であると考えられる。

この傾向をより網羅的に確認し、特に「波源のパラメータスタディ結果とは異なるような特異的に大きな増幅傾向がないこと」及び「1波目の水位低下が10分を超えるような周期の長い波(周期40分以上)では大きな増幅はしないこと」を確認するため、振幅・周期を様々に変えた正弦波を用いて津波水位計算を実施し、1波目と2波目以降の関係を確認した。計算条件を第3-18図に示す。この検討では1波目と2波目以降の振幅の比(以下「増幅比率」という。)を指標として確認を行った。

正弦波によるパラメータスタディの結果、増幅比率は入力波の周期が10分~20分程度の場合で特に大きく、周期40分以上では1に近づくことを確認した。また、増幅比率は、入力波の振幅を変えてもほとんど変化しない。(第3-19図)

正弦波の検討による2波目以降の増幅の程度や影響する周期の傾向は、波源特性のパラメータスタディ結果と同じであり、仮設定した取水路防潮ゲートの閉止判断基準の10分以内に0.7mの水位変動では確認できないような特異な増幅傾向はなく、1波目の水位低下が10分を超えるような周期の長い波では増幅が小さいことを確認した(第3-20図)。なお、破壊伝播速度のパラメータスタディにおける各ポンプ室での増幅比率の増幅率の最大値は□であったが、このケースでも設定した取水路防潮ゲートの閉止判断基準で確認できることを確認している。

上記の確認結果より、正弦波によるパラメータスタディの結果、増幅比率は入力波の周期が10分~20分程度の場合で特に大きく、周期40分以上では1に近づくことを確認している。各ポンプ室での第1波と第2波以降の最大の増幅比率は、海底地すべりエリアB(Es-K5)の破壊伝播速度0.60mのケースにおける□倍であるが、これが、第2波

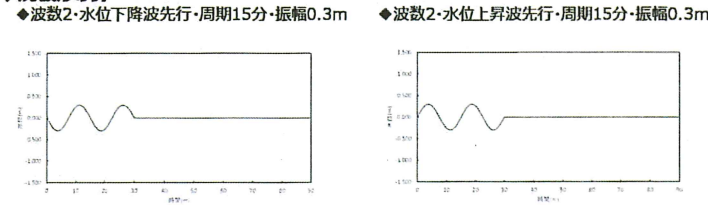
以降が敷地高さ T.P. m をわずかに超えるケースに生じたと仮定すると、その第 1 波の水位低下量は 0.64m となる。



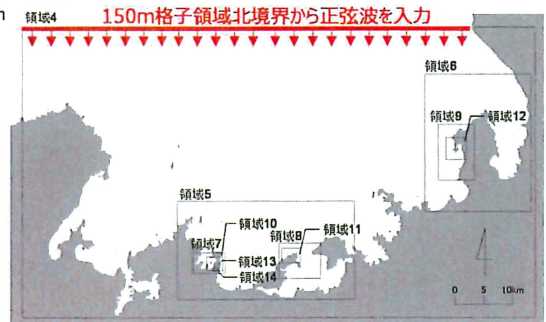
第 3-17 図 海底地すべりエリア B (Es-K5、Kinematic モデル) の計算結果
(津波波形、スナップショット)

正弦波のパラメータ	設定	考え方
波数	2波	海底地すべりによる津波の基準津波定義位置の波形及びスナップショットから、入力波として明瞭な振幅が存在する波数として2波とする。
初動方向	・水位下降波先行 ・水位上昇波先行	隠岐トラフでは地形的にほとんどの地すべりが発電所とは逆方向に崩壊していることから水位下降波先行と考えられるが、発電所方向に崩壊する一部の地すべりではわずかに水位上昇波が先行する計算結果となることから、両パターンを設定する。
振幅	0.3~0.6m	・取水口位置での1波目の振幅が各周期で概ね0.7m程度となる振幅として0.3mとする。 ・周期10分・15分・40分については、施設影響が大きくなる場合の確認として0.3~0.6mのパラメータスタディを行う。
周期	5~50分	海底地すべりによる津波の周期を踏まえ、5~50分とする。

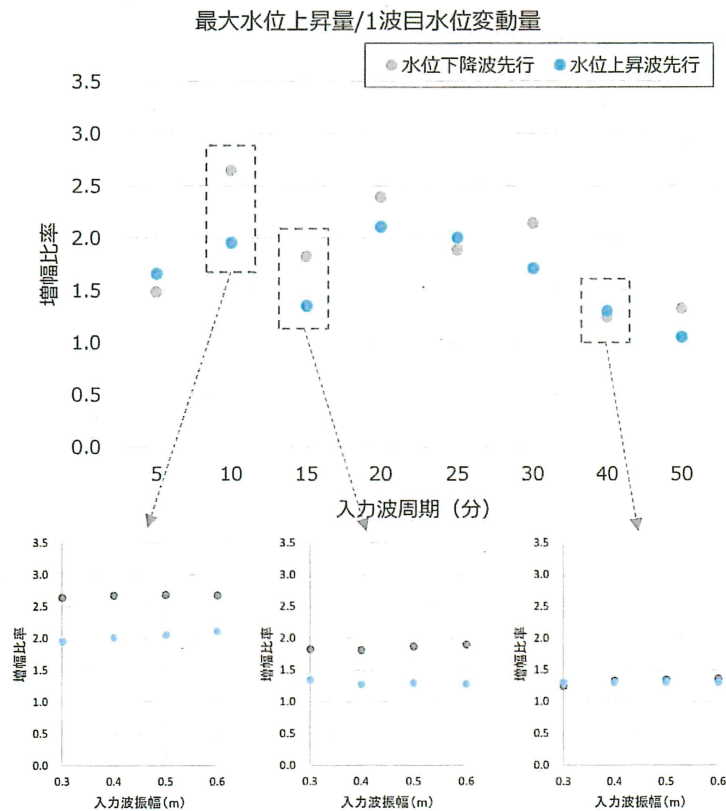
入力波形の例



正弦波の入力位置

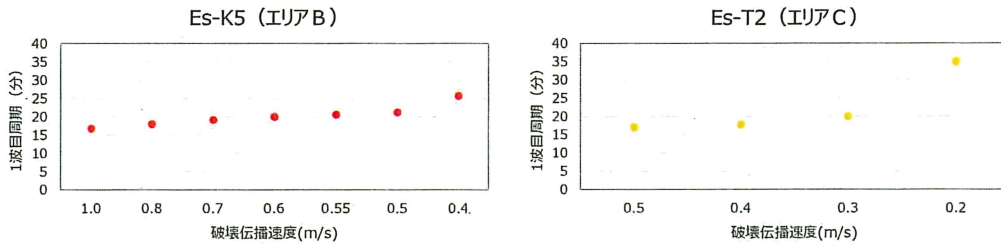


第 3-18 図 正弦波によるパラメータスタディの計算条件

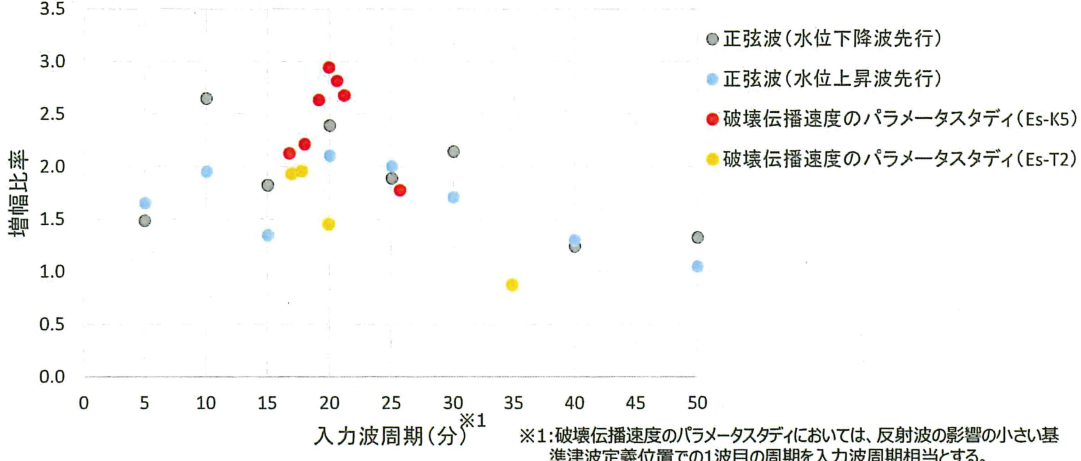


第 3-19 図 正弦波によるパラメータスタディ結果（取水口前面）

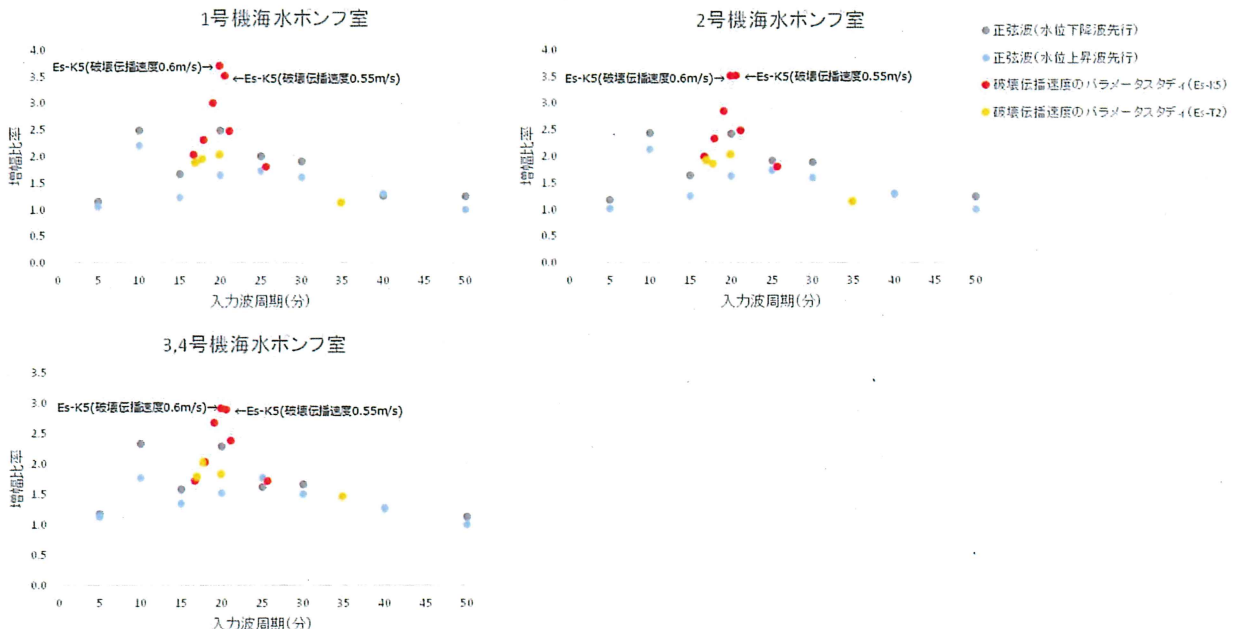
●破壊伝播速度と1波目の周期（基準津波定義位置）の関係



●正弦波及び破壊伝播速度のパラメータスタディによる増幅比率



第 3-20 図(1/2) 正弦波と海底地すべりによる津波の増幅比率の比較（取水口前面）



第 3-20 図(2/2) 正弦波と海底地すべりによる津波の増幅比率の比較（各ポンプ室）

これまでの検討結果から、海底地すべりによる津波及び正弦波のいずれの場合でも、2波目以降が増幅し、その増幅比率は周期によって異なる傾向が見られたことを踏まえ、取水口位置での2波目以降の波形に対する大島半島からの反射波の影響について、波の重畳及び波の励起の観点で確認を行った。

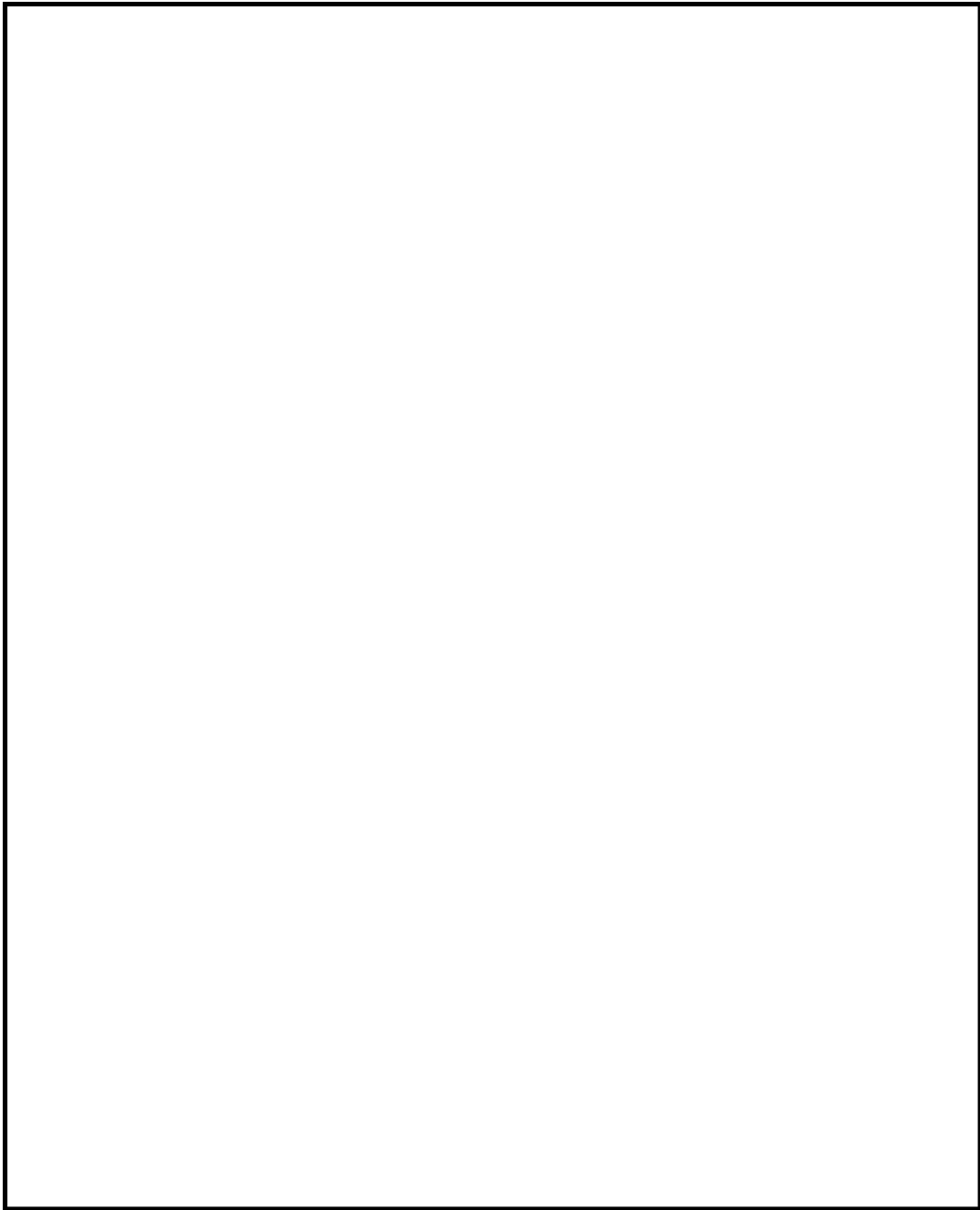
第3-21図に海底地すべりによる津波（Es-K5, Kinematic モデル）及び正弦波（入力波周期 15 分）の計算における若狭湾内のスナップショットと取水口位置の時刻歴波形を示す。それぞれの津波の伝播状況から、波源からの1波目及び2波目は南向きに進行すること、大島半島からの反射波は西向きに進行すること、取水口位置では大島半島からの1波目の反射波と波源からの2波目が重畳すること、大島半島で反射した波が取水口に到達するまでの時間は10～12分程度と考えられること、が確認された。

これを踏まえ、第3-22図のように取水口位置までの津波の伝播経路を①～③に分類した上で、波が重畳する条件を検討した。

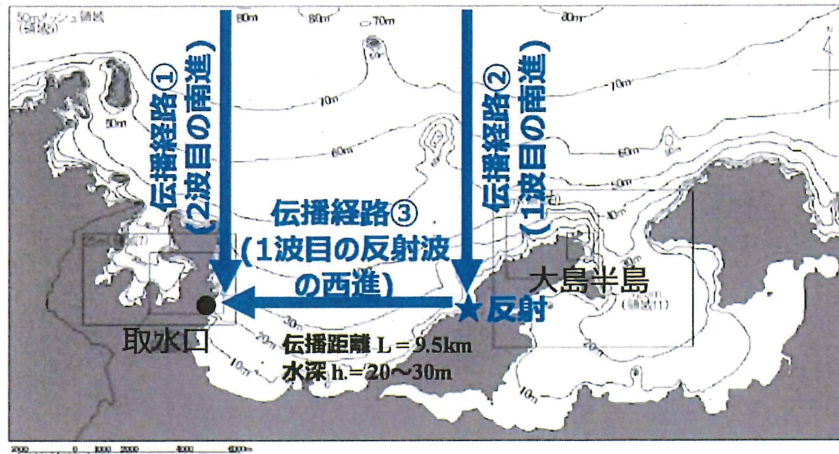
伝播経路①と伝播経路②が同じように津波を伝播させると仮定すると、伝播経路③の進行に要する伝播時間と津波の周期が一致する場合において、伝播経路②及び伝播経路③を通じて到達する1波目のピークと伝播経路①を通じて到達する2波目のピークが取水口前で重畳する。伝播経路③の進行に要する伝播時間は、スナップショット及び時刻歴波形の確認結果から10～12分程度と考えられる。これは伝播距離及び波速に基づく次式の試算とも概ね一致する。

$$\begin{aligned} \text{伝播時間} &= \text{伝播距離 } L / \text{波速 } c \\ &= L / \sqrt{gh} \\ &= 9500 / \sqrt{9.8 \times 20 \text{ or } 30} \\ &\doteq 554 \sim 678 \text{ [sec]} \Rightarrow 9.2 \sim 11.3 \text{ [min]} \end{aligned}$$

従って、周期10～15分程度の波において他の周期よりも2波目以降の増幅比率が高くなる傾向は、大島半島から10～12分程度で取水口前に到達する反射波との重畳が影響していると考えられる。一方、周期が10～15分よりも大幅に長い場合に増幅比率が低くなるのは、伝播経路①を通じて2波目のピークが到達する前に大島半島からの反射波が到達してしまうことで、ピーク同士の重畳が生じないためと考えられる。



第 3-21 図 大島半島からの反射波との重畳（海底地すべりによる津波、正弦波）



第 3-22 図 取水口位置までの津波の伝播経路

また、高浜湾における固有振動（セイシュ）によって大島半島からの反射波の振幅が励起される可能性についても検討を行った。

第 3-22 図において、伝播経路③を西進した 1 波目の反射波が取水口位置で反射する際に、波の周期が高浜湾の固有周期と一致する場合において、波の固有振動（セイシュ）によって振幅が励起される。両端が岸（腹）となるセイシュが発生する固有周期 T_n は、伝播距離 L と水深 h から、 $T_n = 2L / \sqrt{gh}$ の式で求められる。高浜湾の伝播経路③の場合、 $L=9500\text{m}$ 、 $h=20\sim 30\text{m}$ とすると、1 次固有周期が 18～23 分程度、2 次固有周期が 9～11 分程度となる。

第 3-23 図に正弦波と海底地すべりによる津波の取水口位置の増幅比率と周期の関係を示す。

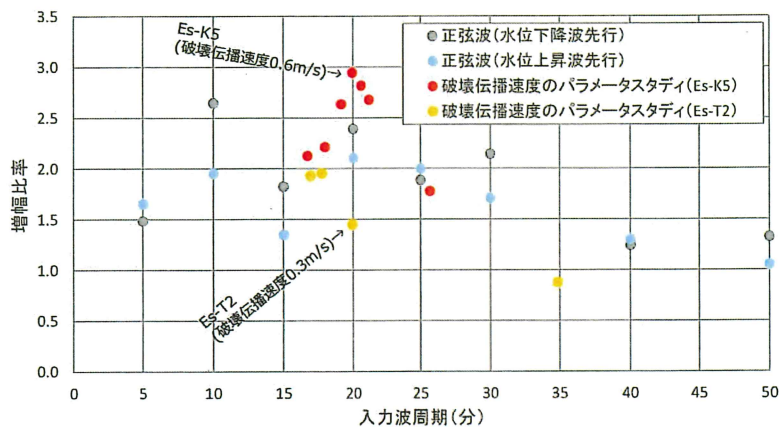
正弦波による検討結果では、特に周期 10 分と周期 20 分において他の周期よりも増幅比率が大きい。これらは伝播経路③の 1 次・2 次の固有周期に近い波である。

一方、海底地すべりによる津波では、周期 20 分程度のケースで高い増幅比率となっている傾向がみられる。ただし、Es-K5（破壊伝播速度 0.6m/s）と Es-T2（破壊伝播速度 0.3m/s）はともに、1 波目の周期が 20 分程度であるが、Es-T2 では増幅比率が 1.5 程度と比較的小さい。第 3-23 図で示す周期は、海底地すべりによる津波の基準津波定義位置の時刻歴波形から求めた周期であるが、正弦波の入力位置と異なっており、周期を正確に捉えられていない可能性がある。このため、海底地すべりによる津波について、正弦波の入力位置と同じ位置の時刻歴波形を用いて FFT 解析を実施した（第 3-24 図）。その結果、Es-K5 は周期 18 分程度が卓越する波、Es-T2 は周期 26 分程度が卓越する波であった。従って、実際に含まれている波が湾の固有周期に近い Es-K5 では増幅

比率が大きく、湾の固有周期とは異なる周期の Es-T2 では増幅比率が小さい結果となっている。

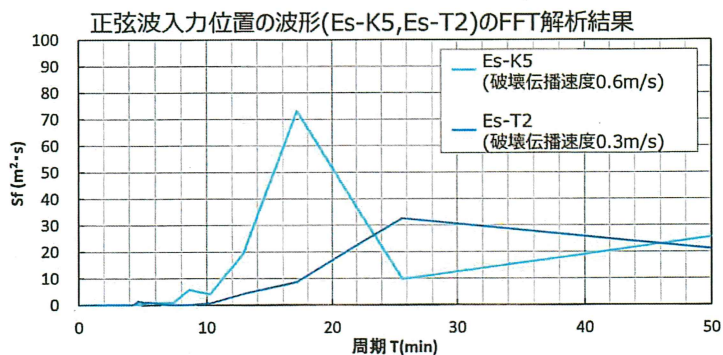
従って、取水口位置における 2 波目以降の増幅には、大島半島から反射して到達する波の振幅がセイシュによって励起されることが影響している可能性がある。

以上の検討結果から、取水口位置での 2 波目以降の振幅の増幅には、大島半島からの反射波と波源からの 1 波目の重畳及び、高浜湾の固有振動による大島半島からの反射波の励起が影響している可能性がある。ただし、いずれの場合も 2 波目以降が増幅しやすい周期は 10~20 分程度であるため、これよりも周期が大幅に長い波の場合には 2 波目以降の増幅は生じにくいと考えられる。



※1 破壊伝播速度のパラメータスタディにおいては、反射波の影響の小さい基準津波定義位置での 1 波目の周期を入力波周期相当とする。

第 3-23 図 増幅比率と周期の関係 (注：第 3-20 図(1/2)の下側の図の再掲)



第 3-24 図 正弦波入力位置の波形 (Es-K5, Es-T2) の FFT 解析結果

(5) 取水路防潮ゲートの閉止判断基準の設定

(4)におけるエリアBのEs-K5 (Kinematic モデル) とエリアCのEs-T2 (Kinematic モデル) に関する隠岐トラフ海底地すべりの波源特性及び若狭湾における津波の伝播特性のパラメータスタディの結果より、以下のことが確認できた。

- ・ (b) 崩壊規模のパラメータスタディ結果においては、施設影響が生じる敷地高さである T.P. m に最近接するパラメータスタディ結果のうち、T.P. m をわずかに超えるケースとしては、海底地すべりエリアBのEs-K5 (Kinematic モデル) の崩壊規模 40%であり、この場合の最高水位は、T.P. m、第1波の水位低下量は、0.73mであることを確認した。また、T.P. m をわずかに下回るケースとしては、海底地すべり津波エリアCのEs-T2 (Kinematic モデル) の崩壊規模 40%であり、この場合の最高水位は m、第1波の10分間の水位低下量は0.69mであることを確認した。
- ・ (c) 破壊伝播速度のパラメータスタディ結果においては、津波の1波目の水位低下量の大小が破壊伝播速度の大小と整合していない非線形性領域が海底地すべりエリアBのEs-K5 (Kinematic モデル) の破壊伝播速度のパラメータスタディから確認された。具体的には、①第1波の非線形性が見られる区間は、破壊伝播速度 0.50m/s～0.60m/s であること、及び②破壊伝播速度 0.40m/s～1.00m/s 全体を通しては、線形性があることから、①の区間の1波目の水位低下量を下回る、破壊伝播速度 0.40m/s のケースにおいて、非線形区間よりも低い水位で線形性が回復することを確認した。なお、破壊伝播速度 0.40m/s の場合の潮位のばらつき及び高潮の裕度を考慮した最高水位は m、第1波の水位低下量は、0.67m である。ただし、破壊伝播速度 0.40m/s の場合に第1波が 0.67m 水位低下するのに要する時間は10分をわずかに超えており、10分間の水位低下量については0.65m となる。
- ・ b. 若狭湾における津波の伝播特性のパラメータスタディ結果においては、正弦波により、増幅比率は入力波の周期が10分～20分程度の場合で特に大きく、周期40分以上では1に近づくことを確認している。また、各ポンプ室での第1波と第2波以降の最大の増幅比率は、海底地すべりエリアB (Es-K5) の破壊伝播速度 0.60m のケースにおける 倍であるが、これが、第2波以降が敷地高さ T.P. m をわずかに超えるケースに生じたと仮定すると、その第1波の水位低下量は0.64m となる。

以上の結果を踏まえ、崩壊規模のパラメータスタディから得られた「パラメータスタディ波高の観点」、破壊伝播速度のパラメータスタディから得られた「非線形性の観点」及び若狭湾における津波の伝播特性のパラメータスタディから得られた「増幅比率

の観点」から求めた1波目の水位低下量を仮設定値として設定する。次に、「パラメータスタディ波高の観点」、「非線形性の観点」及び「増幅比率の観点」で抽出した仮設定値3ケースのうち、津波の時刻歴波形を有するケースについて、設備形状による影響評価及び管路解析による影響評価を行い、仮設定値を再設定する。

設定した仮設定値に対して、不確かさとして潮位のゆらぎを考慮の上、さらに余裕を考慮し、取水路防潮ゲートの閉止判断基準を設定する。詳細を以下に示す。

a. 3つの観点での仮設定値

(a) パラメータスタディ波高の観点

パラメータスタディにおいて、1波目の水位低下量と2波目以降の津波水位は相関関係にあることを踏まえ、敷地に影響を及ぼす波を漏れなく確認できる観点から、安全側の設定として、高潮の裕度を津波水位計算結果に考慮した条件での最高水位が敷地高さ（T.P. m）を下回り、施設影響が生じないケースの中で、2波目以降の最高水位が敷地高さ（T.P. m）に最近接するケースの1波目の水位低下量を「パラメータスタディ波高の観点」での仮設定値とする。具体的には、隠岐トラフ海底地すべりエリアC（Es-T2）の崩壊規模40%のケースでは潮位のばらつきと高潮の裕度を考慮した最高水位がT.P. mとなることから、隠岐トラフ海底地すべりエリアC（Es-T2）の崩壊規模40%のケースの1波目の10分間の水位低下量である0.69mを仮設定値①とする。仮設定値①（エリアC（Es-T2）の崩壊規模40%のケース）は津波の時刻歴波形を有することから、b.において設備形状による影響評価及び管路解析による影響評価を行う。

(b) 非線形性の観点

パラメータスタディでの非線形性の傾向を踏まえ、敷地に影響を及ぼす波を漏れなく確認できる観点から、安全側の設定として、敷地影響はないが、1波目の水位低下量の傾向に非線形性が見られる破壊伝播速度0.5m/s～0.6m/sの区間の水位に対して、その影響を受けず、非線形性が回復する範囲内にある、破壊伝播速度0.4m/sのケース（潮位のばらつきと高潮の裕度を考慮した最高水位がT.P. m）の1波目の10分間の水位低下量である0.65mを仮設定値②とする。仮設定値②（エリアB（Es-K5）の破壊伝播速度0.4m/sのケース）は津波の時刻歴波形を有することから、b.において設備形状による影響評価及び管路解析による影響評価を行う。

(c) 増幅比率の観点

隠岐トラフ海底地すべりの破壊伝播速度のパラメータスタディにおける各ポンプ室での増幅比率の最大値は[]であることを踏まえ、実際のパラメータスタディで発生している結果ではないものの、施設影響が生じる T.P. []m を第 2 波目以降の最高水位と仮定（朔望平均満潮位 T.P. []m を初期水位として潮位のばらつき (0.15m) と高潮の裕度 []m を考慮した最高水位を T.P. []m と仮定することから、水位低下量は []m ([]) となる。) し、最大の増幅比率 ([] 倍) を用いて逆算した第 1 波の水位低下量として 0.64m ([]) を仮設定値③とする。なお、上記のとおり、実際のパラメータスタディで発生している結果ではないことから、時刻歴波形は存在しないため、設備形状による影響及び管路解析による影響の評価対象としない。

「パラメータスタディ波高の観点」、「非線形性の観点」及び「増幅比率の観点」で設定した仮設定値を第 3-3 表に示す。

第 3-3 表 3つの観点での仮設定値

		パラメータスタディから得られた仮設定値
仮設定① パラメータスタディ波高の観点	数値(m)	0.69
	考え方	パラメータスタディにおいて、施設影響が生じるケースは、第1波の水位変動量10分以内0.70mで検知できることを確認。 さらに、施設影響が生じないケースも含め、安全側にT.P. []mに最近接するケース(海底地すべりエリアCのEs-T2の崩壊規模40%、最高水位T.P. []m)における第1波の10分間の水位低下量を、第1波の水位変動量として設定。
仮設定② 非線形性の観点	数値(m)	0.65
	考え方	海底地すべりエリアBのEs-K5の破壊伝播速度のパラメータスタディから、 ①第1波の水位変動量の非線形性が見られる区間は、0.50m/s~0.60m/sの間であること。 ②0.4~1.0m/sを通し全体的な傾向は線形傾向があること。 から、区間①を下回る、破壊伝播速度0.40m/s (最高水位T.P. []m) の第1波の10分間の水位低下量を、非線形性の観点での最低値に設定。
仮設定③ 増幅比率の観点	数値(m)	0.64
	考え方	崩壊規模および破壊伝播速度のパラメータスタディから得られた第2波以降/第1波の最大の増幅比率([]倍)を、施設影響が生じるT.P. []mから逆算したものを第一波の波高として仮定し、設定。

b. 設備形状による影響評価及び管路解析による影響評価

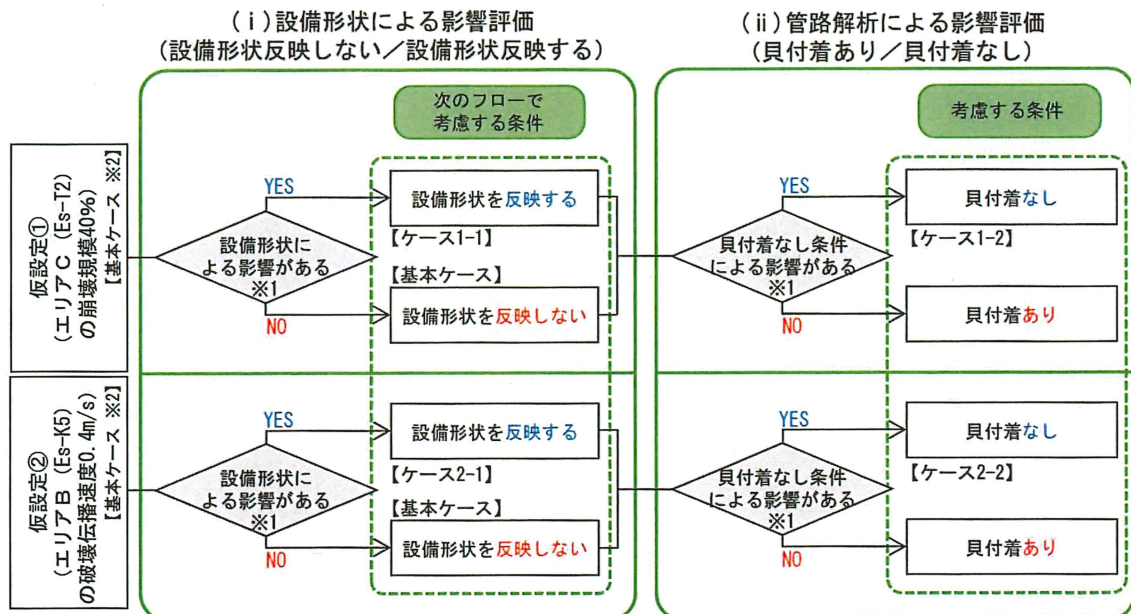
(a) 評価方法

a. に示す「パラメータスタディ波高の観点」、「非線形性の観点」及び「増幅比率の観点」で抽出した仮設定①~③の3ケースのうち、津波の時刻歴波形を有する「パラメータスタディ波高の観点」、「非線形性の観点」で抽出した仮設定①(エリアC (Es-T2) の崩壊規模 40%のケース) 及び仮設定②(エリアB (Es-K5) の破壊伝播速

度 0.4m/s のケース) の 2 ケースを対象とする。ここで、仮設定③については、津波の時刻歴波形を有するケースではなく、隠岐トラフ海底地すべりの崩壊規模及び破壊伝播速度のパラメータスタディ並びに振幅又は周期を変えた正弦波によるパラメータスタディから得られた第 1 波と第 2 波以降の水位増幅比率の最大値を用いて仮設定を行っていることから、実在する時刻歴波形が無い場合、評価対象としない。

また、解析モデルに関しては、取水路防潮ゲート開状態での検討においては既許可(2016.4.20 許可)の基準津波の策定で実施した計算手法及び計算条件と同じとしていたが、津波による影響を適切に評価するため、設備形状による影響を踏まえたうえで、管路解析による影響も考慮し、津波シミュレーションを実施する。

設備形状による影響評価及び管路解析による影響評価のフローを第 3-25 図に示す。(i)設備形状による影響評価及び(ii)管路解析による影響評価は、いずれも取水口～取水路(非常用取水路)～海水ポンプ室に至る経路上の条件であることから、これらの組合せを考慮する。組合せに当たっては、管路解析の条件(貝付着なし)については、非常用取水路清掃後の一時的な期間で発生する条件であることを踏まえ、まずは設備形状による影響評価を行い、次に、管路解析による影響評価を行う。影響評価の各フローでは、各フローの条件を考慮した方が、1 波目の水位低下量が小さくなる場合、次のフローの影響評価において、津波シミュレーションのモデルに考慮する。



※1 各条件を考慮した方が 1 波目の水位低下量が小さくなる場合に影響があるとして次のフローでの解析に考慮する。
 ※2 基本ケースは「設備形状反映しない」+「貝付着あり」を指す。

第 3-25 図 影響評価フロー

(i) 設備形状による影響評価

既許可（2016.4.20 許可）の基準津波検討における津波シミュレーションモデルでは、取水路防潮ゲートについては、取水口側からの津波の流入を保守的に評価する観点から取水路防潮ゲートの開口幅を実寸より広く設定したことに加え、取水口については、取水口ケーソン重量コンクリートを考慮していない。このため、設備形状による影響評価においては、取水路防潮ゲートの開口幅を実寸で設定し、取水口ケーソン重量コンクリートを考慮する条件としたモデルで1波目の水位低下量に及ぼす影響も評価することとした。設備形状による影響評価の条件を第3-4表に示す。

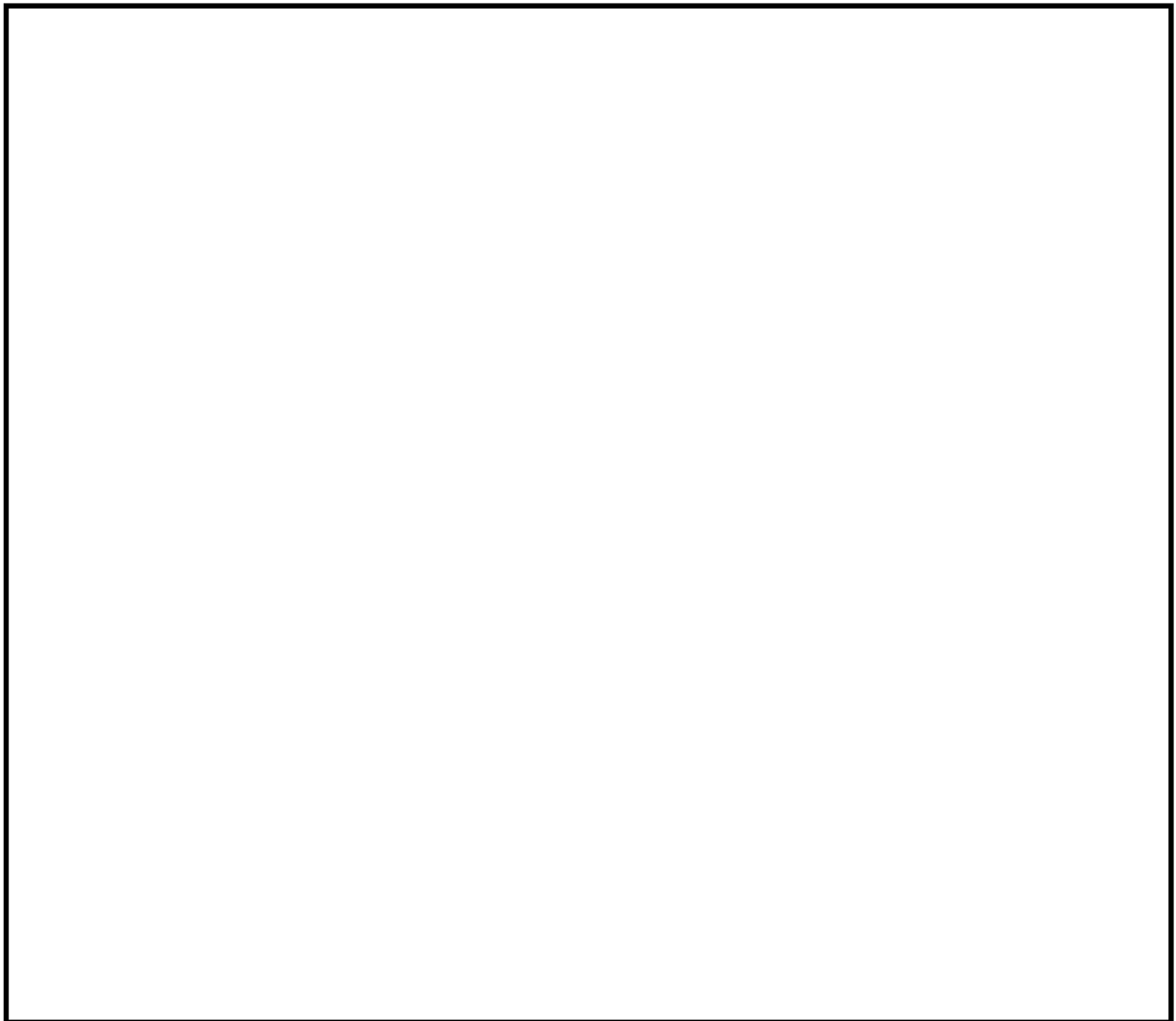
第3-4表 設備形状による影響評価の条件

--

(ii) 管路解析による影響評価

既許可（2016. 4. 20 許可）の基準津波検討における津波シミュレーションモデルでは、海水ポンプ室内の水位に影響を与える管路部分について、第 3-26 図に示す施設状況を考慮し、第 3-5 表に示す条件を設定している。

本項では、管路部分について、【火力・原子力発電所土木構造の設計】（電力土木技術協会（1995）） p. 788 表 17-3-1 を参考に、貝付着を考慮した条件として粗度係数を 0.02 と設定しているが、実際には定期的に除貝作業を実施していることから、貝付着を考慮しない条件として粗度係数を 0.015 としたケースについても津波シミュレーションモデルに反映し、1 波目の水位低下量に及ぼす影響も評価する。



第 3-26 図 取水路断面図

第 3-5 表 津波計算条件設定について

計算条件		条件設定
①	スクリーン損失	・海水ポンプ室内のロータリースクリーンについては、津波影響軽減施設等ではないことから、スクリーン損失を考慮しない条件とする。
②	貝付着	・一般に設計に用いられる粗度係数(粗度係数:n=0.02)を採用する。
③	海水ポンプの運転条件	・海水ポンプ室内の水位が評価上厳しくなる条件とする。 すなわち、 ○水位上昇側:海水ポンプの取水なし ○水位下降側:海水ポンプの取水あり として解析を実施する。

(b) 評価結果

(i) 設備形状による影響評価

設備形状による影響評価における 1 波目水位低下量を第 3-6 表に示す。

仮設定①のエリア C (Es-T2) の崩壊規模 40% のケースでは、設備形状を反映することで、各海水ポンプ室の 1 波目の水位低下量が増加する結果が得られた。

仮設定②のエリア B (Es-K5) の破壊伝播速度 0.4m/s のケースでは、設備形状を反映することで 3, 4 号機海水ポンプ室前面の 1 波目の水位低下量はわずかに減少するものの、各海水ポンプ室の中で最小となる 1 号機海水ポンプ室の 1 波目の水位低下量は増加する結果が得られた。

以上より、設備形状を反映した場合、1 波目の水位低下量は増加する傾向にあることから、次の管路解析による影響評価においては設備形状を反映しない。

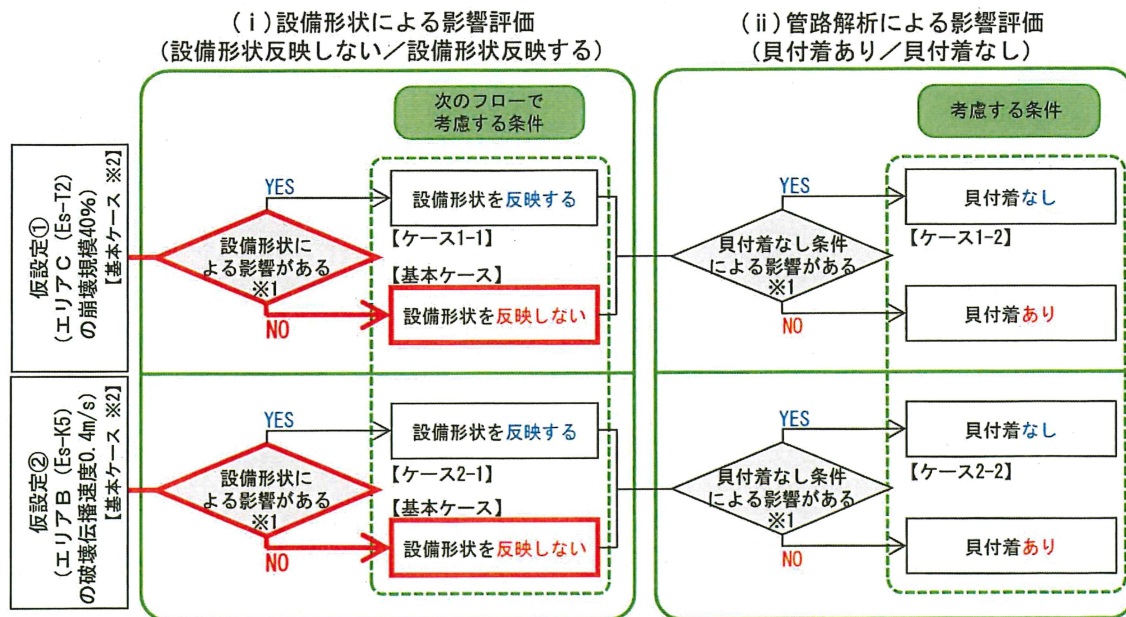
設備形状による影響評価結果を第 3-27 図に示す。

第 3-6 表 設備形状による影響評価における 1 波目水位低下量の比較

赤字:設備形状を考慮した場合に水位低下量が減少したケース

海底地すべり(警報なし)	取水路 防潮ゲート ※1	ケース	1波目の水位低下量(10分間) (m)		
			1号機海水 ポンプ室前面	2号機海水 ポンプ室前面	3,4号機海水 ポンプ室前面
仮設定①	開	【基本ケース】 設備形状を反映しない	0.69	0.70	0.78
		【ケース1-1】 設備形状を反映する	0.86	0.91	0.97
仮設定②	開	【基本ケース】 設備形状を反映しない	0.65	0.67	0.73
		【ケース2-1】 設備形状を反映する	0.69	0.70	0.72

※1 開:ゲートが開いた状態であるがT.P. []はカーテンウォールあり



第3-27 図 設備形状による影響評価結果

(ii) 管路解析による影響評価

管路解析による影響評価における1波目水位低下量を第3-7表に示す。

仮設定①のエリアC (Es-T2) の崩壊規模40%のケースでは、貝付着なしとした場合でも、各海水ポンプ室の1波目の水位低下量は概ね同等となる結果が得られた。

仮設定②のエリアB (Es-K5) の破壊伝播速度0.4m/sのケースでは、貝付着なしとすることで、1波目の水位低下量が減少する結果が得られた。

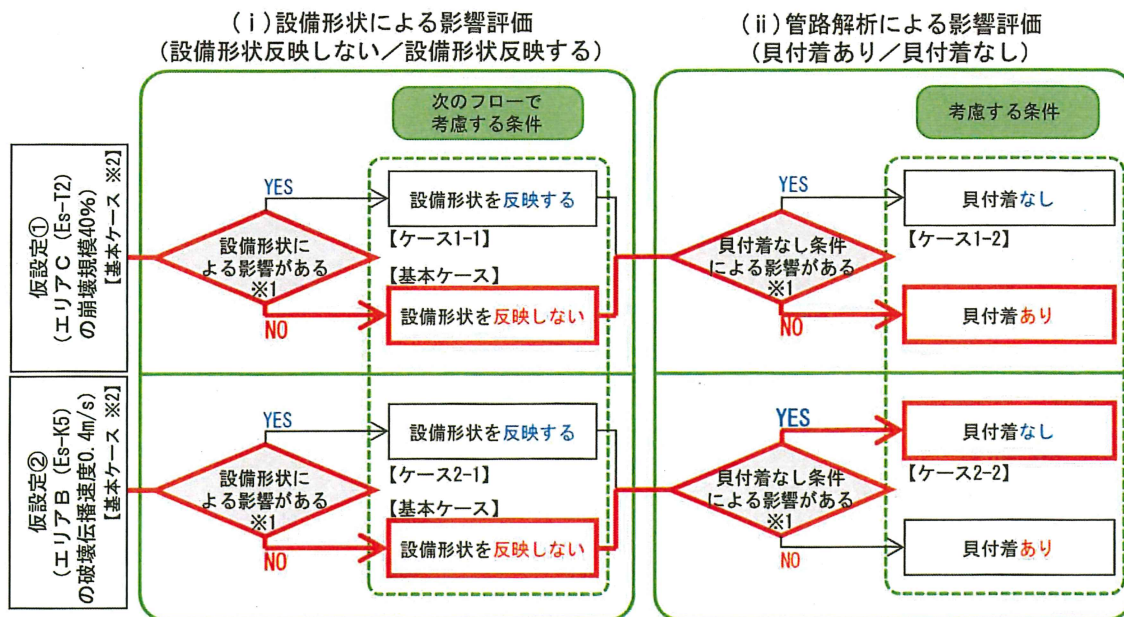
管路解析による影響評価結果を第3-28図に示す。

第3-7表 管路解析による影響評価における1波目水位低下量の比較

赤字:設備形状を考慮した場合に水位低下量が減少したケース

海底地すべり(警報なし)		取水路 防潮ゲート ※1	ケース		1波目の水位低下量(10分間) (m)		
					1号機海水 ポンプ室前面	2号機海水 ポンプ室前面	3,4号機海水 ポンプ室前面
仮設定①	エリアC (Es-T2) Kinematicモデル による方法 崩壊規模40%	開	設備形状を 反映しない	【基本ケース】 貝付着あり	0.69	0.70	0.78
				【ケース1-2】 貝付着なし	0.69	0.71	0.78
仮設定②	エリアB (Es-K5) Kinematicモデル による方法 破壊伝播速度0.4m/s	開	設備形状を 反映しない	【基本ケース】 貝付着あり	0.65	0.67	0.73
				【ケース1-2】 貝付着なし	0.63	0.66	0.68

※1 開:ゲートが開いた状態であるがT.P. はカーテンウォールあり



※1 各条件を考慮した方が1波目の水位低下量が小さくなる場合に影響があるとして次のフローでの解析に考慮する。
 ※2 基本ケースは「設備形状反映しない」+「貝付着あり」を指す。

第 3-28 図 管路解析による影響評価結果

(iii) 評価結果のまとめ

第 3-6 表に示す設備形状による影響評価結果及び第 3-7 表に示す管路解析による影響評価結果のまとめを第 3-8 表に示す。

仮設定①のエリア C (Es-T2) の崩壊規模 40% のケースは、設備形状による影響評価及び管路解析による影響評価の結果を踏まえても 1 波目の水位低下量に影響はなく、1 波目の水位低下量の最小値は 0.69m である。

仮設定②のエリア B (Es-K5) の破壊伝播速度 0.4m/s のケースは、設備形状による影響評価及び管路解析による影響評価の結果、1 波目の水位低下量の最小値は 0.63m となる。

以上より、「非線形性の観点」である仮設定②の仮設定値を、0.63m として再設定する。

第 3-8 表 評価結果のまとめ

赤字: 各仮設定の1波目の水位低下量最小値

		1波目の水位低下量 (10分間) (m)		
		a. に示す仮設定値 (基本ケース)	設備形状による 影響評価	管路解析による 影響評価
仮設定①	エリア C (Es-T2) Kinematicモデルによる方法 崩壊規模40%	0.69	0.86	0.69
仮設定②	エリア B (Es-K5) Kinematicモデルによる方法 破壊伝播速度0.4m/s	0.65	0.69	0.63

c. 取水路防潮ゲートの閉止判断基準の設定

a. では、「パラメータスタディ波高の観点」、「非線形性の観点」及び「増幅比率の観点」で仮設定値（仮設定①：0.69m、仮設定②：0.65m、仮設定③：0.64m）を設定した。b. では、「パラメータスタディ波高の観点」及び「非線形性の観点」で抽出した仮設定①及び仮設定②の2ケースに対して設備形状による影響評価及び管路解析による影響評価を行い、「非線形性の観点」で抽出した仮設定②については、仮設定値を0.65mから0.63mに再設定した。時刻歴波形を有する仮設定値のうち、1波目の水位低下量が最小（0.63m）となるケース（仮設定②のエリアB（Es-K5）の破壊伝播速度0.4m/sに対して管路解析による影響評価として貝付着なしを考慮したケース）の時刻歴波形を第3-29図に示す。

これらの仮設定値に対して、不確かさとして潮位のゆらぎを考慮の上、さらに余裕を考慮し、取水路防潮ゲートの閉止判断基準を設定する。

不確かさとして考慮する潮位のゆらぎは、10分間の潮位の変動と取水路内の水面変動を含んでおり、第3-30図のとおり、平常時における10分間の潮位のゆらぎが、潮位観測データから10分間の差分の中央値+標準偏差として0.04mと見積もられることから、保守的に0.10mとする。また、潮位のゆらぎの具体的な算出方法を第3-31図に示す。

以上より、「パラメータスタディ波高の観点」、「非線形性の観点」及び「増幅比率の観点」で設定した仮設定値の0.69m、0.63m、0.64mに潮位のゆらぎ0.10mを考慮した場合、0.59m、0.53m、0.54mとなることから（第3-9表）、さらに余裕を加味して取水路防潮ゲートの閉止判断基準を以下のとおり設定する。また、取水路防潮ゲートの閉止判断基準の概念図を第3-32図に示す。

- ・潮位観測システム（防護用）のうち、2台の潮位計の観測潮位が10分以内に0.5m以上下降し、その後、最低潮位から10分以内に0.5m以上上昇する。

又は

- ・潮位観測システム（防護用）のうち、2台の潮位計の観測潮位が10分以内に0.5m以上上昇し、その後、最高潮位から10分以内に0.5m以上下降する。

以上の検討により、取水路防潮ゲートの閉止判断基準については、(1)～(4)で施設影響が生じるケースを網羅的に確認できることを確認した。また、(5)において取水路防潮ゲートの閉止判断基準をさらに安全側に仮設定し、設備形状による影響評価及び管路解析による影響評価を踏まえた上で、不確かさとして潮位のゆらぎや工学的余裕を適切に考慮し、取水路防潮ゲートの閉止判断基準を設定している。



第 3-29 図 1 波目の水位低下量が最小 (0.63m) となるケースの時刻歴波形

平常時における短時間の潮位のゆらぎの考え方を以下に示す。

- 検討用波源の設定にて考慮する「朔望平均潮位」及び入力津波評価にて考慮する「潮位のばらつき」は、それぞれ過去の潮位データから平均値、標準偏差として算出。
- これに倣い、過去6ヶ月分の夏季/冬季の潮位データ観測から、統計的なばらつきを考慮した波高は下表の結果から0.04mと見積もられる。
- これを踏まえつつ、**10分間の潮位のゆらぎについては、より保守的に、過去観測のデータの3σの値よりも大きい0.10mを適用。**

	2019.8.1~10.31 (3か月)		
	3号海水ポンプ	4号海水ポンプ	全体
中央値	0.012	0.012	0.012
標準偏差	0.013	0.015	0.014
潮位のゆらぎ	0.025	0.027	0.026

●夏期における10分間の潮位のゆらぎ(m)

	2020.1.1~3.31 (3か月)		
	3号海水ポンプ	4号海水ポンプ	全体
中央値	0.008	0.017	0.012
標準偏差	0.010	0.019	0.014
潮位のゆらぎ	0.018	0.036	0.026

●冬期における10分間の潮位のゆらぎ(m)

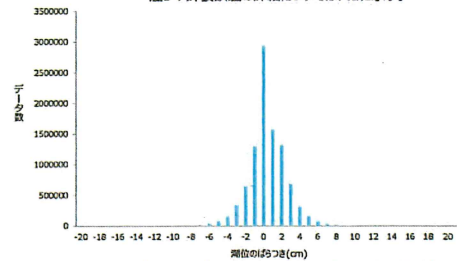
	2019.8.1~10.31及び2020.1.1~3.31(6か月)		
	3号海水ポンプ	4号海水ポンプ	全体
中央値	0.010	0.015	0.012
標準偏差	0.011	0.017	0.014
潮位のゆらぎ	0.021	0.032	0.026

●夏期と冬期の6ヶ月データによる10分間の潮位のゆらぎ(m)



●津波襲来の判断基準（トリガー）の概念図

注2：仮設定値①/仮設定値②/仮設定値③の場合を示す。
注3：計装誤差の詳細については7.1に示す。

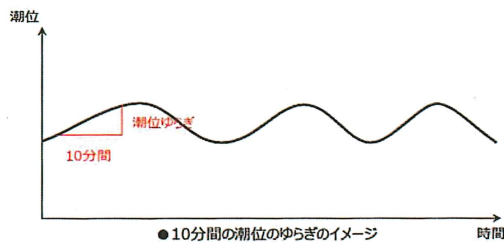


●10分間の潮位のゆらぎのばらつき（過去データ6ヶ月分）

第 3-30 図 潮位計の平常時における 10 分間の潮位のゆらぎ

平常時における短時間の潮位のゆらぎの具体的な算定方法を以下に示す。

- 10分前の瞬間潮位値と現在時刻の潮位値の差を取る。（例：2019/9/1 0時10分05秒と2019/9/1 0時20分05秒の差を取り、10分差を-0.008mと算定する。）
- 変動差のばらつきを見るため上記差の絶対値を算定する。
- 夏期、冬期、全体の期間における10分間潮位のばらつきの絶対値を統計的に処理し、中央値と標準偏差を算出する。潮位のゆらぎは中央値と標準偏差の和とする。
- これを踏まえつつ、10分間の潮位のゆらぎについては、より保守的に、過去観測のデータの3σと中央値の和よりも大きい0.10mを適用する。



●10分間の潮位のゆらぎのイメージ

	夏期	冬期	全体
	2019.8.1~2019.10.31	2019.1.1~2019.3.31	
データ数	1571832	1512228	3084060
中央値	0.012	0.012	0.012
標準偏差	0.014	0.014	0.014
潮位のゆらぎ	0.026	0.026	0.026

●夏期と冬期の6ヶ月データによる10分間の潮位のゆらぎ(m)

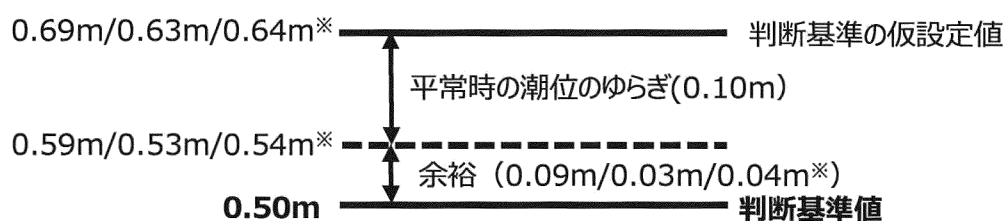
●観測データを用いた10分差及び絶対値の例

日時	観測時刻値		10分差絶対値	
	3号海水ポンプ 観測値(m)	4号海水ポンプ 観測値(m)	3号海水ポンプ 観測値(m)	4号海水ポンプ 観測値(m)
2019年09月01日 00時10分05秒	-0.724	-0.678	0.095	0.094
2019年09月01日 00時10分10秒	-0.721	-0.676	0.095	0.094
2019年09月01日 00時10分15秒	-0.707	-0.675	0.095	0.092
2019年09月01日 00時10分20秒	-0.707	-0.676	0.095	0.092
2019年09月01日 00時10分25秒	-0.707	-0.675	0.095	0.093
2019年09月01日 00時10分30秒	-0.705	-0.671	0.095	0.095
2019年09月01日 00時10分35秒	-0.702	-0.673	0.095	0.092
2019年09月01日 00時10分40秒	-0.702	-0.67	0.095	0.095
2019年09月01日 00時10分45秒	-0.702	-0.67	0.095	0.095
2019年09月01日 00時10分50秒	-0.697	-0.668	0.098	0.097
2019年09月01日 00時10分55秒	-0.697	-0.668	0.098	0.095
2019年09月01日 00時19分00秒	-0.7	-0.67	0.015	0.013
2019年09月01日 00時19分05秒	-0.7	-0.67	0.012	0.012
2019年09月01日 00時19分10秒	-0.7	-0.668	0.012	0.014
2019年09月01日 00時19分15秒	-0.697	-0.668	0.015	0.014
2019年09月01日 00時19分20秒	-0.697	-0.665	0.015	0.015
2019年09月01日 00時19分25秒	-0.697	-0.665	0.015	0.015
2019年09月01日 00時19分30秒	-0.697	-0.665	0.015	0.015
2019年09月01日 00時19分35秒	-0.697	-0.665	0.015	0.015
2019年09月01日 00時19分40秒	-0.697	-0.665	0.013	0.013
2019年09月01日 00時19分45秒	-0.697	-0.665	0.013	0.013
2019年09月01日 00時19分50秒	-0.7	-0.668	0.01	0.011
2019年09月01日 00時19分55秒	-0.7	-0.668	0.01	0.012
2019年09月01日 00時20分00秒	-0.7	-0.668	0.01	0.01
2019年09月01日 00時20分05秒	-0.702	-0.67	0.098	0.098
2019年09月01日 00時20分10秒	-0.702	-0.673	0.098	0.095
2019年09月01日 00時20分15秒	-0.705	-0.673	0.092	0.092
2019年09月01日 00時20分20秒	-0.707	-0.673	0.092	0.092
2019年09月01日 00時20分25秒	-0.707	-0.675	0.092	0.092

第 3-31 図 平常時における潮位のゆらぎの具体的な算定方法について

第 3-9 表 不確かさを考慮した再設定値

		仮設定値		不確かさを考慮 (10分間の潮位のゆらぎ)	不確かさを考慮した 再設定値
		パラメータスタディから得られた仮設定値	設備形状による影響評価及び管路解析による影響評価による仮設定値		
仮設定① パラメータスタディ波高の観点	数値 (m)	0.69	0.69	0.10m ・検討用波源の設定にて考慮する「朔望平均潮位」及び入力津波評価にて考慮する「潮位のばらつき」は、それぞれ過去の潮位データから平均値、標準偏差として算出。 ・これに倣い、夏季/冬季の潮位データ観測から、統計的なばらつきを考慮した波高は0.04mと見積もられる。 ・これを踏まえつつ、 10分間の潮位のゆらぎについては、より保守的に、過去観測の最大約0.10mを適用。	0.69-0.10 = 0.59
仮設定② 非線形性の観点	数値 (m)	0.65	0.63		0.63-0.10 = 0.53
仮設定③ 増幅比率の観点	数値 (m)	0.64	—		0.64-0.10 = 0.54



※：仮設定値①/仮設定値②/仮設定値③場合を示す。

第 3-32 図 取水路防潮ゲートの閉止判断基準の概念図

4. 基準津波による敷地周辺の遡上・浸水域

4.1 考慮事項

津波シミュレーションにおいては、遡上及び流下経路上の地盤並びにその周辺の地盤について、地震による液状化、流動化又はすべり、標高変化を考慮した遡上解析を実施し、遡上波の敷地への到達（回り込みによるものを含む。）の可能性について確認する。

敷地の周辺斜面が、遡上波の敷地への到達に対して障壁となっている箇所はない。また、敷地西側に才谷川が存在するが、発電所と才谷川は標高約 100m の山を隔てており、敷地への遡上波に影響することはない。

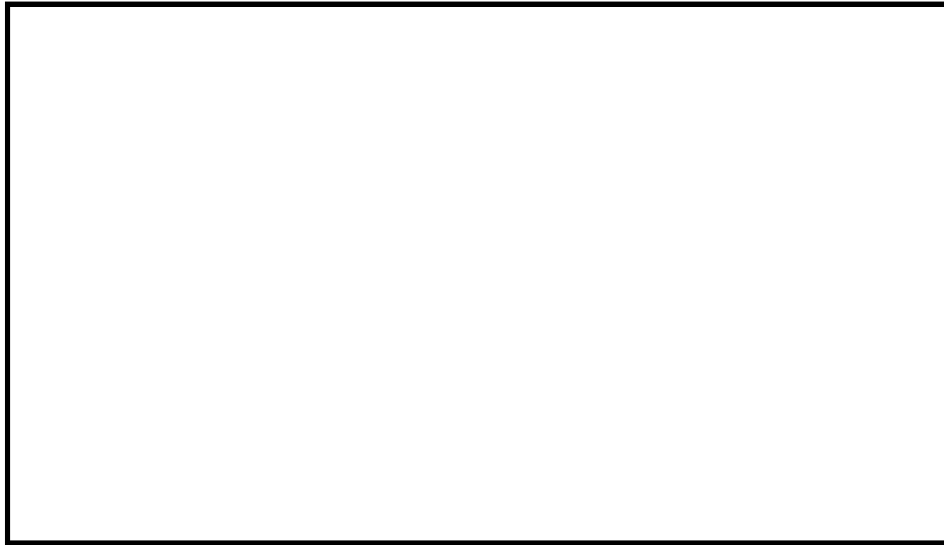
遡上波の敷地への到達の可能性に係る検討に当たっては、基準地震動 S_s に伴う地形変化、標高変化が生じる可能性について検討し、放水口側及び取水口側のそれぞれについて、津波水位に及ぼす影響を評価する。

放水口側の影響評価として、放水口付近は埋立層及び沖積層が分布し、基準地震動 S_s が作用した場合、地盤が液状化により沈下するおそれがあることから、有効応力解析結果により第 4-1 図に示す沈下量を設定し、沈下後の敷地高さを津波シミュレーションの条件として考慮する。なお、放水口付近には遡上経路に影響を及ぼす斜面は存在しない。

取水口側の影響評価として、取水口側の流入経路の大半は岩盤であり取水口についても地盤改良を行っていることから、基準地震動 S_s が作用した場合においても沈下はほとんど生じることはなく、取水口及び取水路周辺斜面についても、基準地震動 S_s により津波シミュレーションに影響するすべりは生じないことを確認していることから、津波シミュレーションの条件として沈下及びすべりを考慮しない。基準津波の津波シミュレーションモデルでは、取水路防潮ゲートについては、取水口側からの津波の流入を保守的に評価する観点から取水路防潮ゲートの開口幅を実寸より広く設定し、取水口については取水口ケーソン重量コンクリートを考慮していないことを踏まえ、現状の設備形状を津波シミュレーションの条件として考慮する。また、海水ポンプ室内の水位に影響を与える管路部分については、貝付着を考慮しない条件を津波シミュレーションの条件として考慮する。さらに、津波水位を保守的に評価するため、これらの条件の組合せを考慮する。

初期潮位は朔望平均満潮位 T.P. m とし、潮位のバラツキ 0.15m については津波シミュレーションより求めた津波水位に加えることで考慮する。

津波による洗掘については、一般に、堤体等の構造物の前面又は背面で越流時に発生するが、敷地内の遡上域は平坦であり、洗掘を促すような堤体等の構造物が認められないこと等から、遡上経路に影響を及ぼす規模の地形変化は発生しない。



第4-1図 津波シミュレーションにおける沈下考慮範囲

4.2 取水路防潮ゲートの開閉条件

経路からの津波には、基準津波ごとに特性を考慮して、取水路防潮ゲートの開閉条件を設定する。

基準津波1については、地震発生後、発電所に津波が到達するまでに取水路防潮ゲートを閉止することができること、並びに「遡上波の地上部からの到達、流入及び取水路、放水路等の経路からの流入」（以下「敷地への遡上」という。）及び水位の低下による海水ポンプへの影響を防ぐため、発電所を含む地域に大津波警報が発表された場合、原則、循環水ポンプを停止（プラント停止）し、取水路防潮ゲートを閉止することから、取水路防潮ゲート閉止を前提として入力津波を評価する。

基準津波2については、地震発生後、取水路防潮ゲートを閉止するまでに津波が襲来することや、敷地への遡上及び水位の低下による海水ポンプへの影響のおそれがない津波であることから、取水路防潮ゲート開を前提として入力津波を評価する。

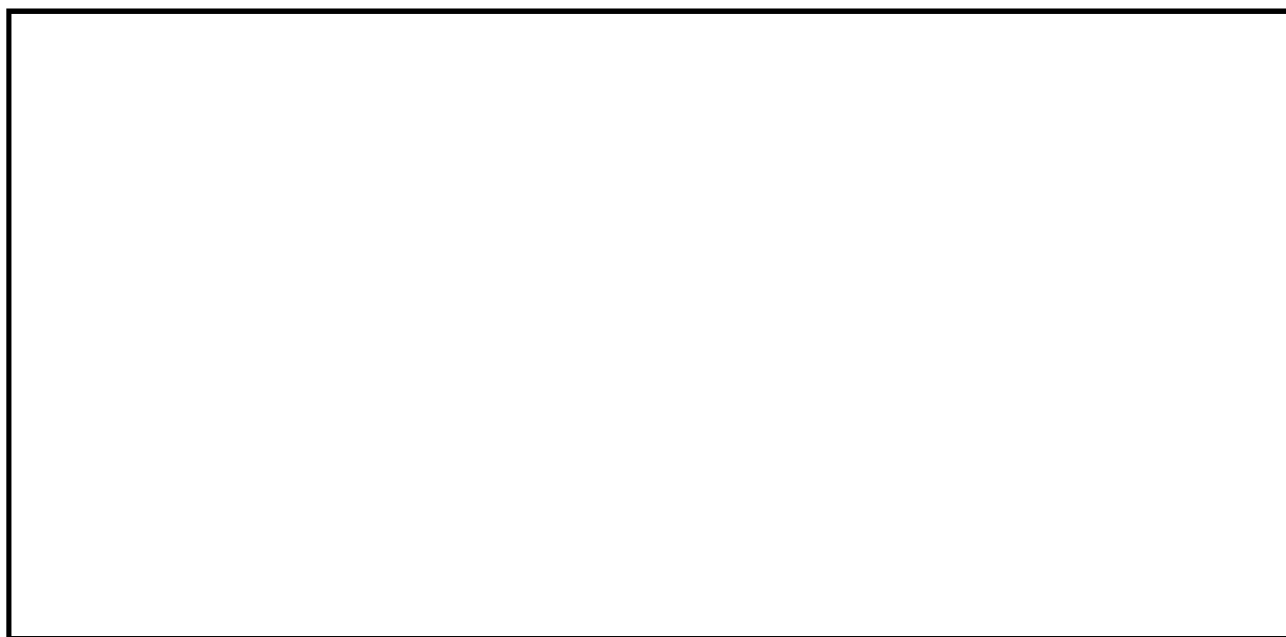
基準津波3及び基準津波4については、取水路防潮ゲートが開の状態、潮位観測システム（防護用）で観測された津波の第1波の水位変動量により津波襲来を確認した場合に、取水路防潮ゲートを閉止することを前提として入力津波を評価する。

4.3 津波シミュレーションにおける解析モデル

津波シミュレーションにおける解析モデルについては、遡上解析上影響を及ぼす斜面や道路、取・放水路等（取水路及び非常用海水路等）の地形とその標高及び伝播経路上の人工構造物の設置状況を考慮し、遡上域のメッシュサイズ（最小3.125m）に合わせた形状にモデル化する。

敷地沿岸域及び海底地形は、海上保安庁等による海底地形図、海上音波探査結果及び取水口付近の深淺測量結果を使用する。また、取・放水路（取水路及び非常用海水路等）の諸元、敷地標高については、発電所の竣工図を使用する。

伝播経路上の人工構造物については、津波シミュレーションの解析上影響を及ぼす津波防護施設を考慮し、遡上・伝播経路の状態に応じた解析モデル、解析条件が適切に設定された遡上域のモデルを作成する。なお、遡上域における施設・設備においては、一定の津波影響軽減効果が期待できるものの、取水路防潮ゲート、放水口側防潮堤及び防潮扉以外の施設・設備については、安全側にモデル化しない。第4-2図に津波シミュレーションモデルへ反映した施設・設備の位置、標高及びモデル図を示す。



第4-2図 津波シミュレーションにおける解析モデル

4.4 津波シミュレーション結果

4.4.1 日本海における大規模地震に関する調査検討会モデルの補足検討

検討会においては、日本海における最大クラスの津波断層モデル等の設定に関する検討を行っており、想定波源として、当社の基準津波2に関係するFO-A～FO-B～熊川断層が取り上げられる。

FO-A～FO-B～熊川断層のすべり角については、海上音波探査の結果や周辺の活断層と同等の活動度を想定した場合、5度～10度と推定される。

津波評価技術（土木学会(2002)）によると、広域応力場のばらつきを考慮することが定められているため、津波水位評価に当たっては、土木学会の手法に則って広域応力場のばらつきを考慮し、広域応力場のばらつきとして、90度～120度の間でパラメータスタディを実施した結果、FO-A～FO-B～熊川断層においては、広域応力場90度のケースが最も厳しい結果となり、その場合のすべり角として算出された、北側のセグメントから30度、0度、0度を津波水位評価におけるFO-A～FO-B～熊川断層のすべり角として採用した。

一方、検討会では、横ずれ断層に対して上下方向の断層変位を与える方法として、すべり角を35度としたケースを検討していることから、FO-A～FO-B～熊川断層について、これまでの一様すべりモデルのすべり角を35度とし、断層上端深さを0km、1kmとした2つのケースについて補足検討を実施した。

津波水位評価の結果、検討会モデルに対して、すべり角35度、断層上端深さ1kmとしたケースがほぼ同等であり、すべり角35度、断層上端深さ0kmとすると水位が上乘せされる結果となった（第4-1表）。

第4-1表 日本海における大規模地震に関する調査検討会モデルの補足検討結果

--

4.4.2 放水口側の影響評価

放水口側については、液状化に伴う地盤変状による影響評価を行う。なお、放水口周辺には遡上経路に影響を及ぼす斜面は存在しない。放水口側評価点の津波水位は基準津波1で包絡できることから、放水口側の影響評価は基準津波1のみで検討する。

第4-1図に示す敷地の沈下量を津波シミュレーションに反映し、地盤変状（沈下）を考慮した津波水位を評価した（第4-2表）。

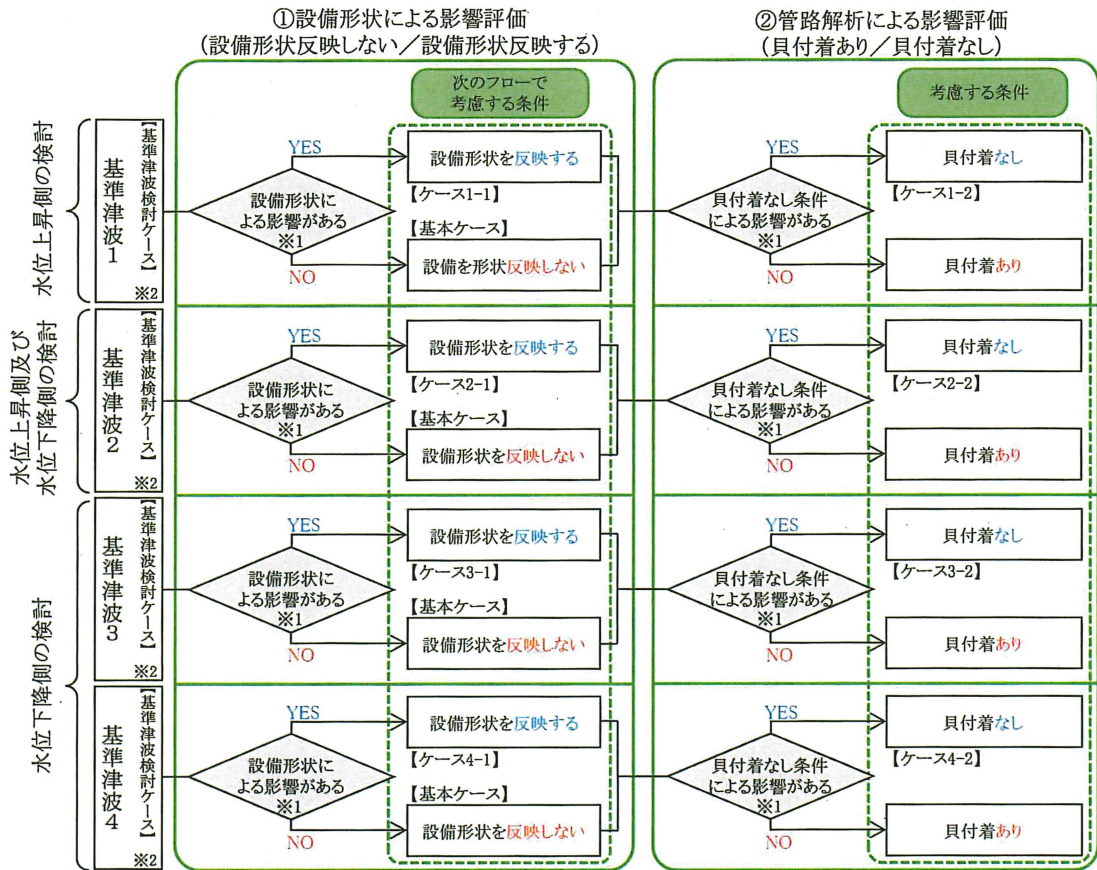
第4-2表 地盤変状を考慮した津波水位結果

--

4.4.3 取水口側の影響評価

取水口側については、①設備形状による影響評価及び②管路解析による影響評価を行う。なお、取水口周辺斜面及び取水路防潮ゲート周辺斜面については、基準地震動によりすべりが生じないことを確認している。また、取水口側の流入経路の大半は岩盤であり、取水口についても地盤改良を行い沈下は殆どないことから、取水口側の液状化に伴う地盤変状は考慮しない。取水口側の影響評価は、基準津波1、基準津波2、基準津波3及び基準津波4で検討する。

影響評価の検討フローを第4-3図に示す。①設備形状による影響評価及び②管路解析による影響評価は、いずれも取水口～取水路（非常用取水路）～海水ポンプ室に至る経路上の条件であることから、第4-3図のフローに従いこれらの組合せを考慮する。管路解析の条件（貝付着なし）については、非常用取水路清掃後の一時的な期間で発生する条件であることを踏まえ、まずは設備形状による影響評価を行い、次に、管路解析による影響評価を行う。影響評価の各フローでは、各フローの条件を考慮した方が津波水位がより保守的となる場合（水位上昇側の検討で最高水位が上昇、水位下降側の検討で最低水位が低下）、次のフローの影響評価において、津波シミュレーションのモデルに考慮する。



第4-3図 影響評価検討フロー

① 設備形状による影響評価

基準津波の津波シミュレーションモデルでは、取水路防潮ゲートについては、取水口側からの津波の流入を保守的に評価する観点から取水路防潮ゲートの開口幅を実寸より広く設定し、取水口については、取水口ケーソン重量コンクリートを考慮していないことを踏まえ、現状の設備形状（ゲート開口幅を実寸に設定、取水口ケーソン重量コンクリートの形状を反映）を津波シミュレーションモデルに考慮し、津波水位に及ぼす影響を評価した。設備形状による影響評価の条件を第4-3表に示す。

第4-3表 設備形状による影響評価の条件

--

基準津波1（取水路防潮ゲート【閉】条件）では、設備形状を反映することで、水位上昇側の検討における各評価点の最高水位は概ね同等または0.1m程度低下する傾向にあるが、2号機海水ポンプ室前面においては、0.1m程度上昇する結果が得られた。

基準津波2（取水路防潮ゲート【開】条件）では、設備形状を反映することで、水位上昇側の検討における各評価点の最高水位は同等または0.1m～0.3m程度低下する結果が得られた。また、水位下降側の検討における各評価点の最低水位は、0.1m～0.2m程度上昇する結果が得られた。

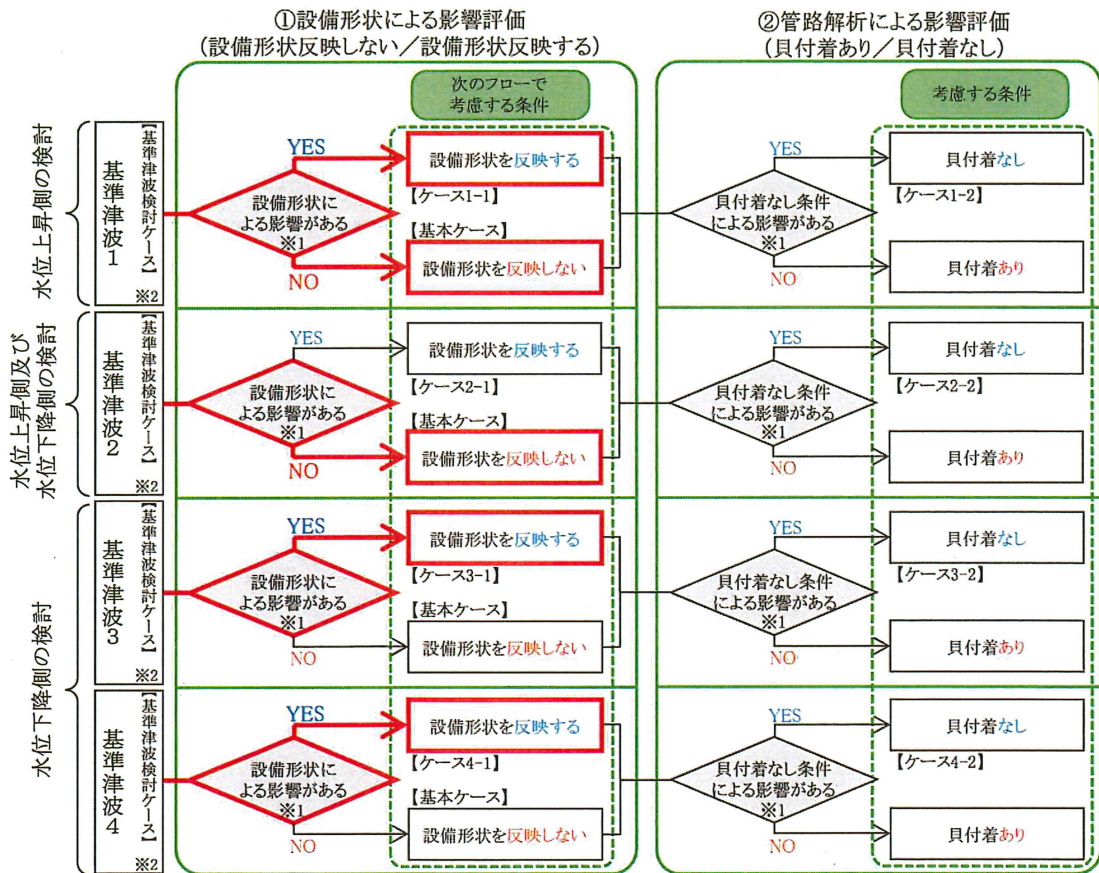
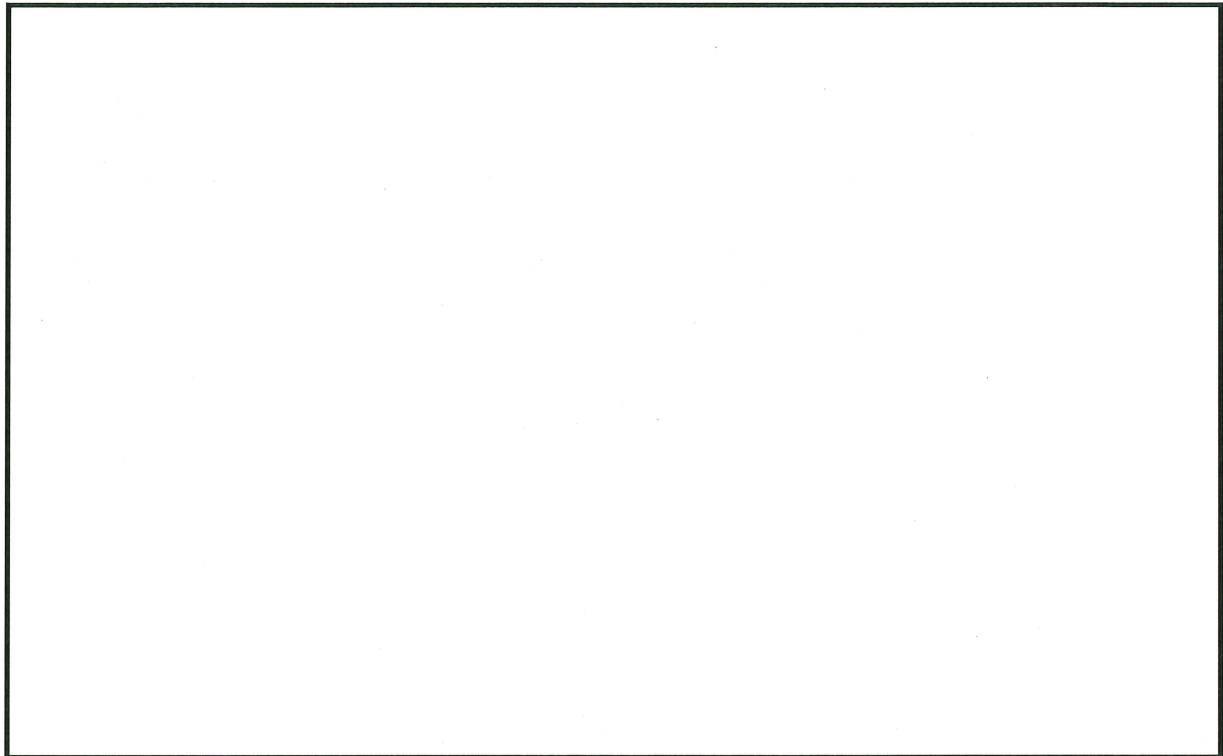
基準津波3（取水路防潮ゲート【開→閉】条件）では、設備形状を反映することで、水位下降側の検討における各評価点の最低水位は0.2m程度低下する結果が得られた。

基準津波4（取水路防潮ゲート【開→閉】条件）では、設備形状を反映することで、水位下降側の検討における各評価点の最低水位は0.3m程度低下する結果が得られた。

以上より、基準津波1による評価においては、評価点によって設備形状を反映した場合の津波水位の傾向に違いがあることを踏まえ、②の検討において、設備形状を反映する場合と反映しない場合の両方を考慮する。基準津波2による評価においては、設備形状を反映した場合、水位上昇側の各評価点の最高水位は低下し、水位下降側の各評価点の最低水位は上昇することから、②の検討においては設備形状を反映しない。基準津波3及び基準津波4による評価においては、設備形状を反映した場合、水位下降側の各評価点の最低水位は低下することから、②の検討においては設備形状を反映する。

設備形状による影響評価における津波水位の比較を第4-4表に、設備形状による影響評価結果を第4-4図に示す。

第4-4表 設備形状による影響評価における津波水位の比較



第4-4図 設備形状による影響評価結果

② 管路解析による影響評価

海水ポンプ室内の水位に影響を与える管路部分の条件については、施設条件を考慮し、以下の考えにより設定している（第4-5図、第4-5表）。この中で管路部分の貝付着を考慮した粗度係数については、【火力・原子力発電所土木構造物の設計】（電力土木技術協会(1995)）p.788表17-3-1を参考に $n=0.02$ を設定しているが、定期的に除貝作業を実施していることから、貝付着を考慮しない条件（粗度係数： $n=0.015$ ）を津波シミュレーションのモデルに考慮し、津波水位に及ぼす影響を評価した。



第4-5図 取水路断面図

第4-5表 津波計算条件設定について

計算条件		条件設定
①	スクリーン損失	・海水ポンプ室内のロータリースクリーンについては、津波影響軽減施設等ではないことから、スクリーン損失を考慮しない条件とする。
②	貝付着	・一般に設計に用いられる粗度係数(粗度係数: $n=0.02$)を採用する。
③	海水ポンプの運転条件	・海水ポンプ室内の水位が評価上厳しくなる条件とする。 すなわち、 ○水位上昇側:海水ポンプの取水なし ○水位下降側:海水ポンプの取水あり として解析を実施する。

基準津波 1（取水路防潮ゲート【閉】条件）においては、貝付着なしとすることで、水位上昇側の検討における 1 号機海水ポンプ室前面、2 号機海水ポンプ室前面、3、4 号機循環水ポンプ室前面及び 3、4 号機海水ポンプ室前面の最高水位が 0.1～0.2m 程度上昇する結果が得られた。

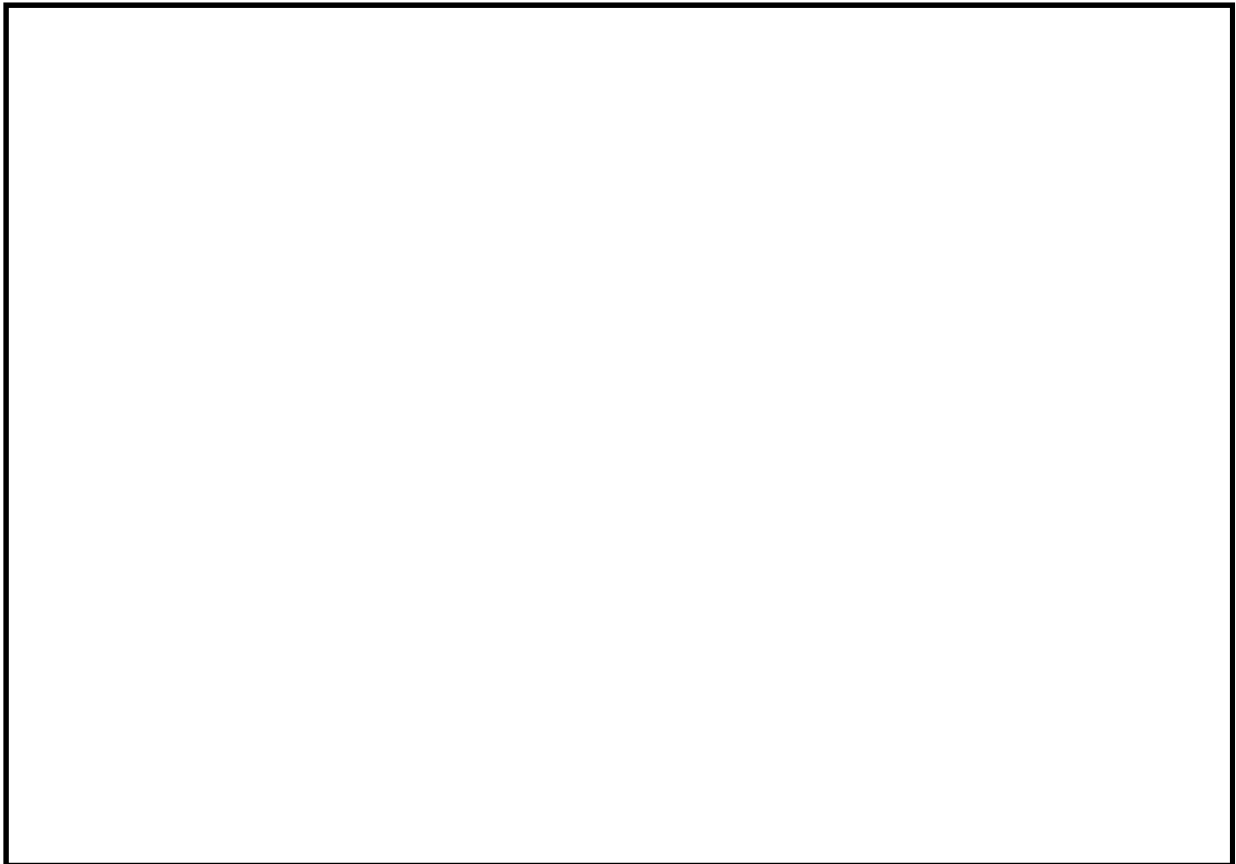
基準津波 2（取水路防潮ゲート【開】条件）においては、貝付着なしとすることで、水位上昇側の検討における 3、4 号機海水ポンプ室前面の最高水位が 0.2m 程度上昇する結果が得られた。また、水位下降側の検討における 3、4 号機海水ポンプ室前面の最低水位が 0.1m 程度低下する結果が得られた。

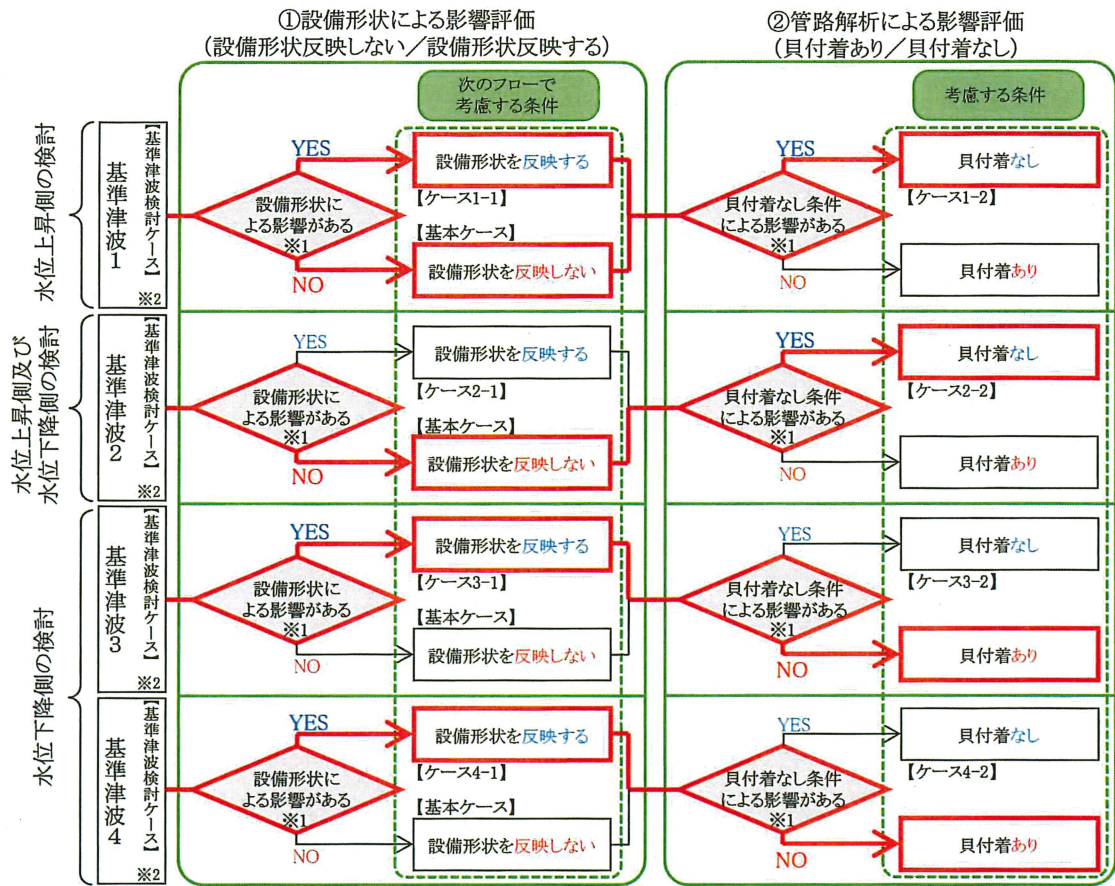
基準津波 3（取水路防潮ゲート【開→閉】条件）においては、貝付着なしとした場合でも、水位下降側の検討における最低水位は同等となる結果が得られた。

基準津波 4（取水路防潮ゲート【開→閉】条件）においては、貝付着なしとすることで、水位下降側の検討における最低水位は概ね同等又は 0.1m 程度上昇する結果が得られた。

管路解析による影響評価における津波水位の比較を第 4-6 表に、設備形状による影響評価結果を第 4-6 図に示す。

第 4-6 表 管路解析による影響評価における津波水位の比較



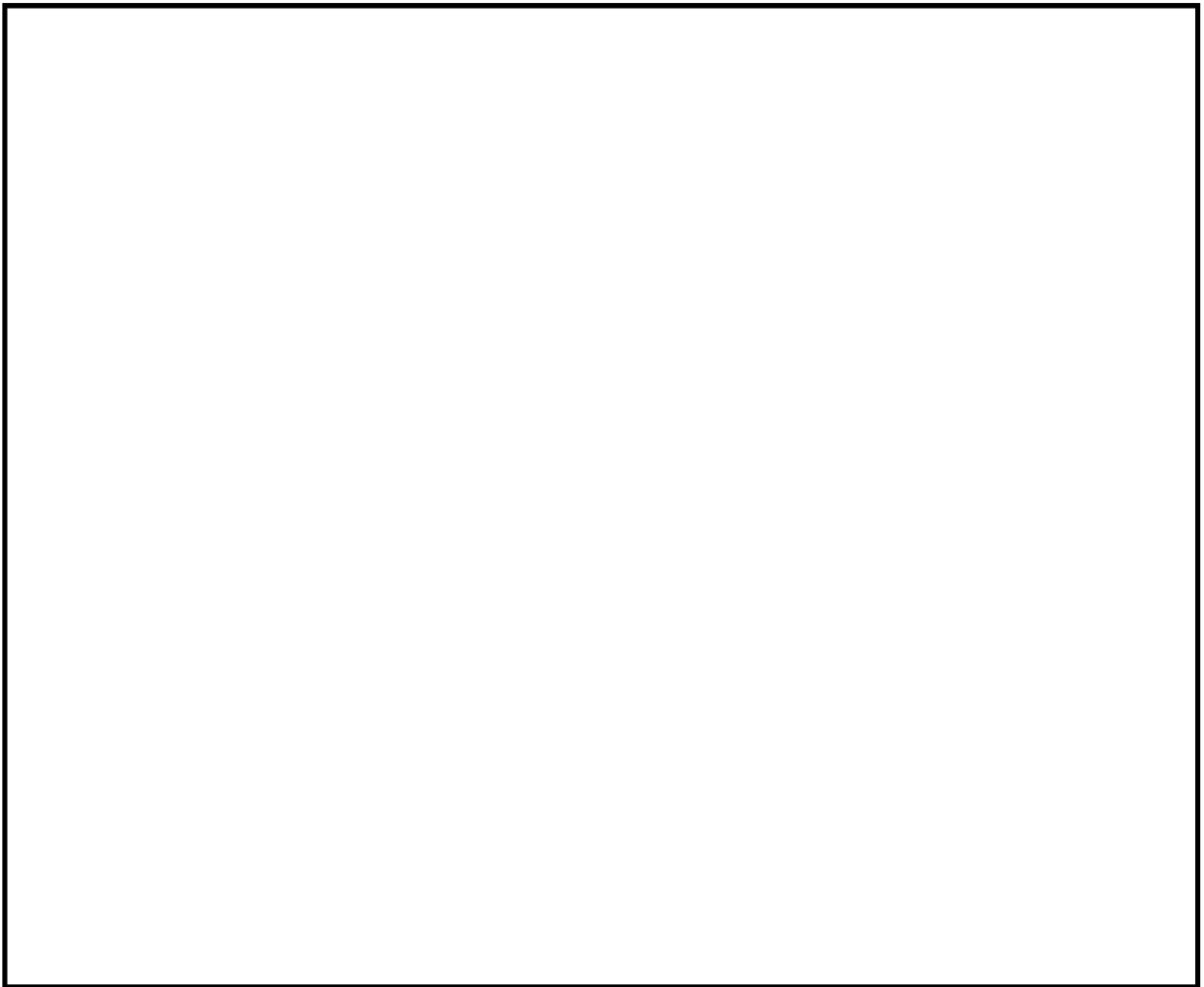


※1 水位上昇側では各条件を考慮した方が津波水位が上昇する場合に、また、水位下降側では各条件を考慮した方が津波水位が低下する場合に影響があるとして次のフローでの解析に考慮する。
 ※2 基準津波検討ケースは「設備形状を反映しない」+「貝付着あり」を指す。

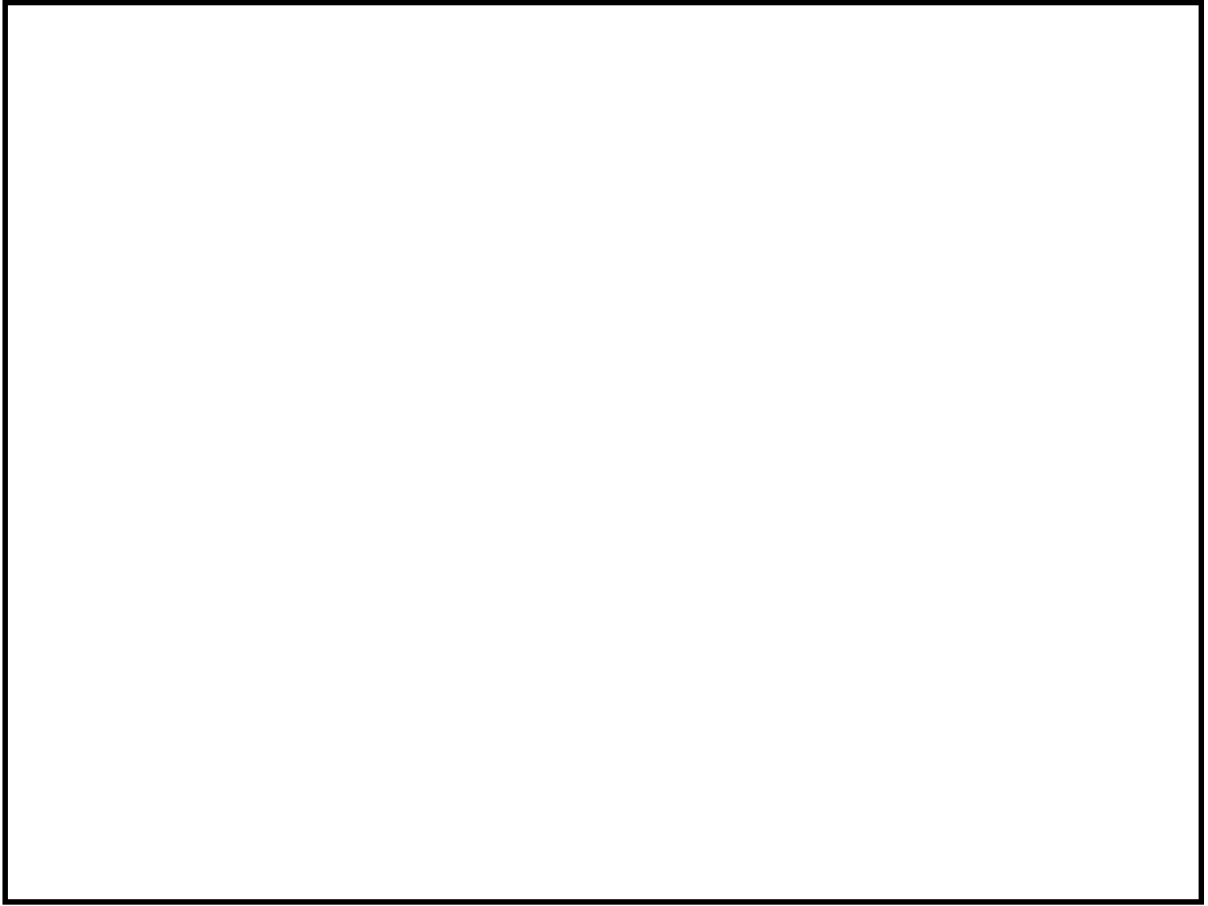
第4-6図 管路解析による影響評価結果

基準津波 1 及び基準津波 2 による津波シミュレーション結果として、第4-7図に最高水位分布を、第4-8図に流速ベクトル分布を示す。

津波は主に取水口及び放水口の物揚岸壁付近から敷地に遡上し、取水路防潮ゲート、放水口側防潮堤、防潮扉、屋外排水路逆流防止設備及び1号及び2号機放水ピット止水板で防護される。遡上高さの最高水位は、大部分においてT.P. m以下となっている。また、取・放水口付近の流速は約3.0m/s以下である。なお、第4-7図の最高水位分布に関して、取水口及び放水口内外最高水位や傾向に大きな差異はなく、取水口及び放水口近傍で局所的な海面の励起は生じていない。

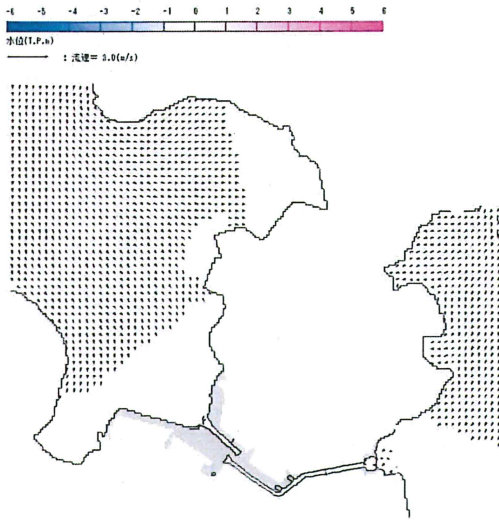


第 4-7 図 (1/2) 基準津波 1 による最高水位分布

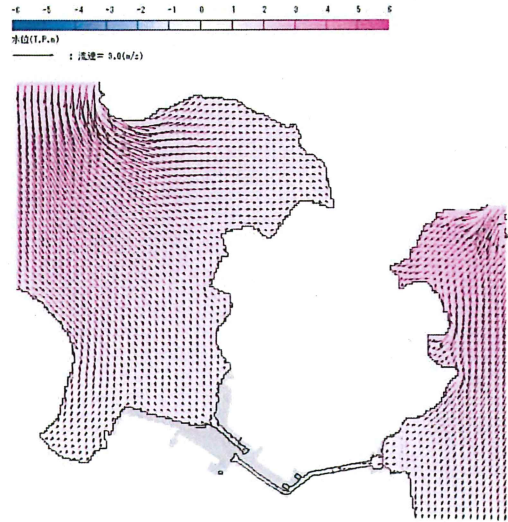


第 4-7 図 (2/2) 基準津波 2 による最高水位分布

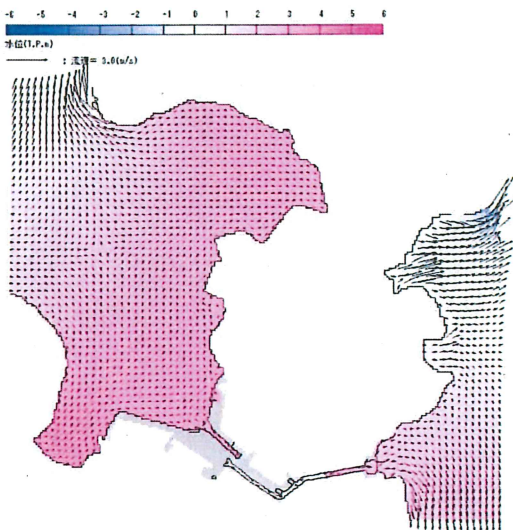
<地震発生40分後>



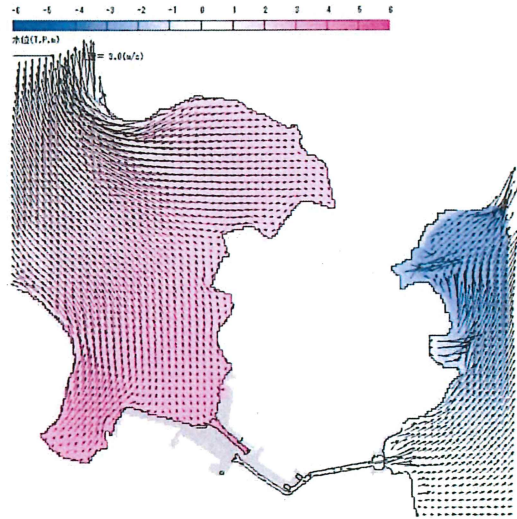
<地震発生43分後>



<地震発生45分後>

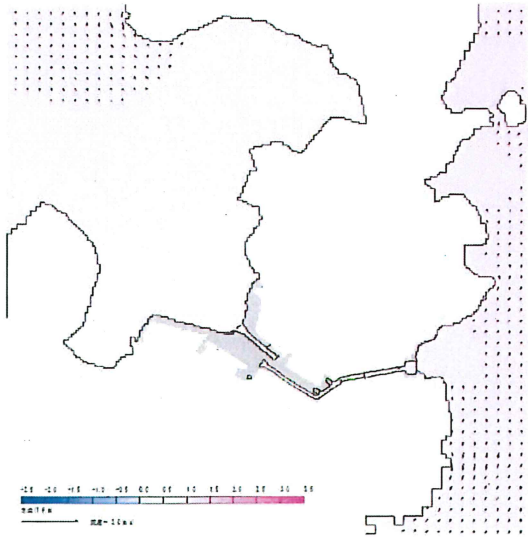


<地震発生47分後>

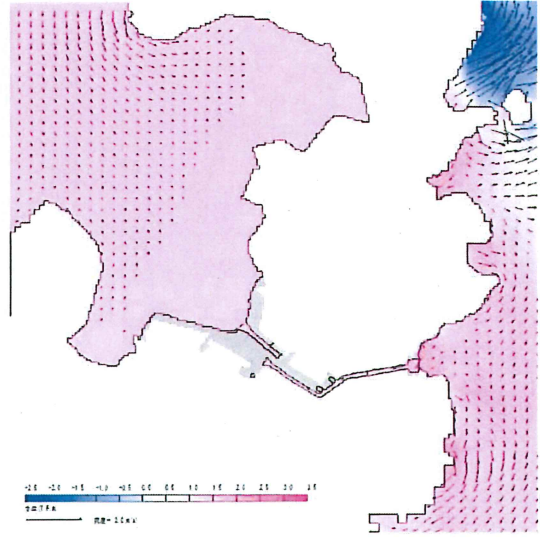


第4-8図(1/2) 基準津波1による流速ベクトル

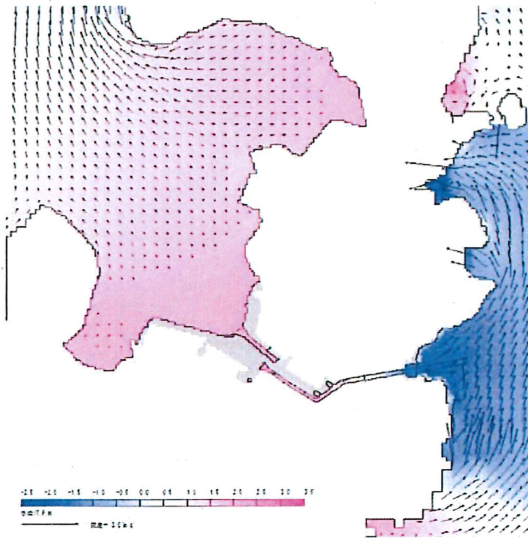
<地震発生5分後>



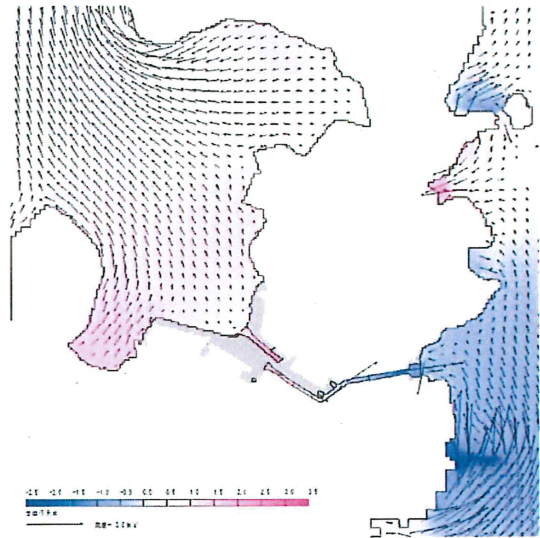
<地震発生9分後>



<地震発生11分後>



<地震発生12分後>



第4-8図(2/2) 基準津波2による流速ベクトル

5. 入力津波の設定

5.1 敷地高さに近接する入力津波

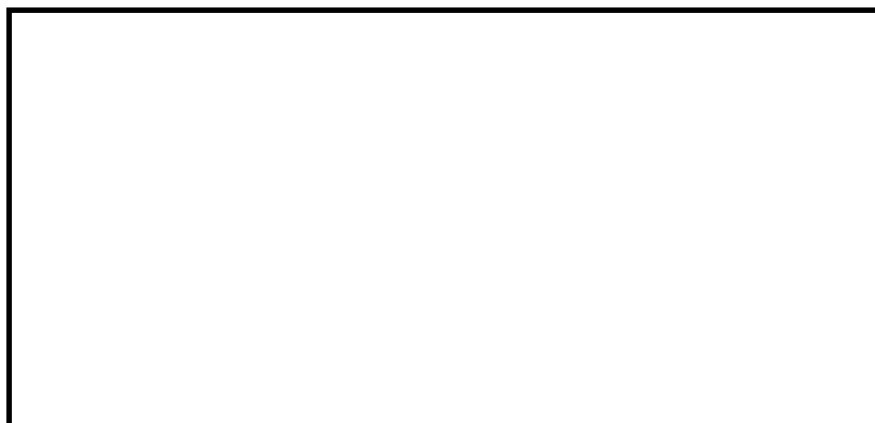
基本設計では、「施設に最も影響が大きい入力津波」を耐津波設計に用いるために設定するが、それだけではなく、津波高さとしては小さくても施設に対して影響を及ぼす津波についても、その津波の第1波の水位変動量を、基本設計で設定した取水路防潮ゲートの閉止判断基準で確認できることが必要となる。その際、基本設計では評価することができない計装誤差を考慮することから、詳細設計の条件下において、「敷地高さに近接する入力津波」を設定する。

具体的には「崩壊規模」及び「破壊伝播速度」並びに「設備形状の影響評価及び管路解析の影響評価」を考慮して津波シミュレーションを行う。津波シミュレーションの結果より、最高水位が敷地高さT.P. mに近接し、かつ第1波の水位低下量が最も小さいケースを「敷地高さに近接する入力津波」として設定する。

5.1.1 津波シミュレーションの検討ケース

(1) 「崩壊規模」及び「破壊伝播速度」のパラメータスタディ

津波シミュレーションの検討ケースの選定に当たり、「3.(4) 取水路防潮ゲートの閉止判断基準の網羅性の確認」及び「3.(5) 取水路防潮ゲートの閉止判断基準の設定」に示す、「崩壊規模」及び「破壊伝播速度」のパラメータスタディ結果より、最高水位と第1波の水位低下量の関係について確認した。第5-1図に最高水位と第1波の水位低下量の関係を示す。同図より、「崩壊規模」及び「破壊伝播速度」のパラメータスタディにおいては、「崩壊規模」の方が、第1波の水位低下量が小さい傾向となることを確認した。従って、津波シミュレーションの検討ケースとしては、「破壊伝播速度」のパラメータスタディを省略し、「崩壊規模」のパラメータスタディを代表とする。



第 5-1 図 崩壊規模及び破壊伝播速度の第 1 波の水位低下量

(2) 「設備形状の影響評価及び管路解析の影響評価」

(1)で検討した「崩壊規模」のパラメータスタディ結果を基に、「設備形状の影響評価及び管路解析の影響評価」について検討する。「4.4.3 取水口側の影響評価」においては、「設備形状の影響評価」及び「管路解析の影響評価」をそれぞれ検討し、津波水位への影響を確認した上で、影響がある場合のみ「設備形状の影響評価」及び「管路解析の影響評価」を組み合わせて検討している。

一方、「敷地高さに近接する入力津波」を設定する上では、最高水位が敷地高さT.P. mに近接することが目的であるため、「設備形状の影響評価」、「管路解析の影響評価」並びに「設備形状の影響評価及び管路解析の影響評価の組合せ」について、それぞれ検討を行うこととする。なお、(1)及び(2)の検討における解析モデルや考慮事項等については、「4. 基準津波による敷地周辺の遡上・浸水域」に記載のとおりとする。

5.1.2 津波シミュレーション結果

第5-1表に津波シミュレーション結果を示す。同表より、「設備形状の影響評価」として、海底地すべりエリアBのEs-K5 (Kinematicモデル) の崩壊規模を48%とし、設備形状を反映したケース①で、最高水位がT.P. mとなり、第1波の水位低下量は0.99mとなることを確認した。また、「管路解析の影響評価」として、海底地すべりエリアCのEs-T2 (Kinematicモデル) の崩壊規模を40%とし、貝付着なしを反映したケース②で、最高水位がT.P. mとなり、第1波の水位低下量は0.69mとなることを確認した。さらに、「設備形状の影響評価及び管路解析の影響評価の組合せ」として、海底地すべりエリアCのEs-T2 (Kinematicモデル) の崩壊規模を68%とし、設備形状及び貝付着なしを反映したケース③で、最高水位がT.P. mとなり、第1波の水位低下量は1.18mとなることを確認した。

以上より、ケース①～ケース③のうち、第1波の水位低下量が最も小さくなるのはケース②であることから、ケース②「海底地すべりエリアCのEs-T2 (Kinematicモデル) の崩壊規模を40%とし、貝付着なしを反映したケース」を「敷地高さに近接する入力津波」として設定する。第5-2図に「敷地高さに近接する入力津波」の時刻歴波形を示す。



5.1.3 取水路防潮ゲートの閉止判断基準での確認


「5.1.2 津波シミュレーション結果」にて設定した「敷地高さに近接する入力津波」を用いて、取水路防潮ゲートの閉止判断基準で確認できることを示す。「敷地高さに近接する入力津波」の第1波の水位低下量 (0.69m) に対して、潮位のゆらぎ

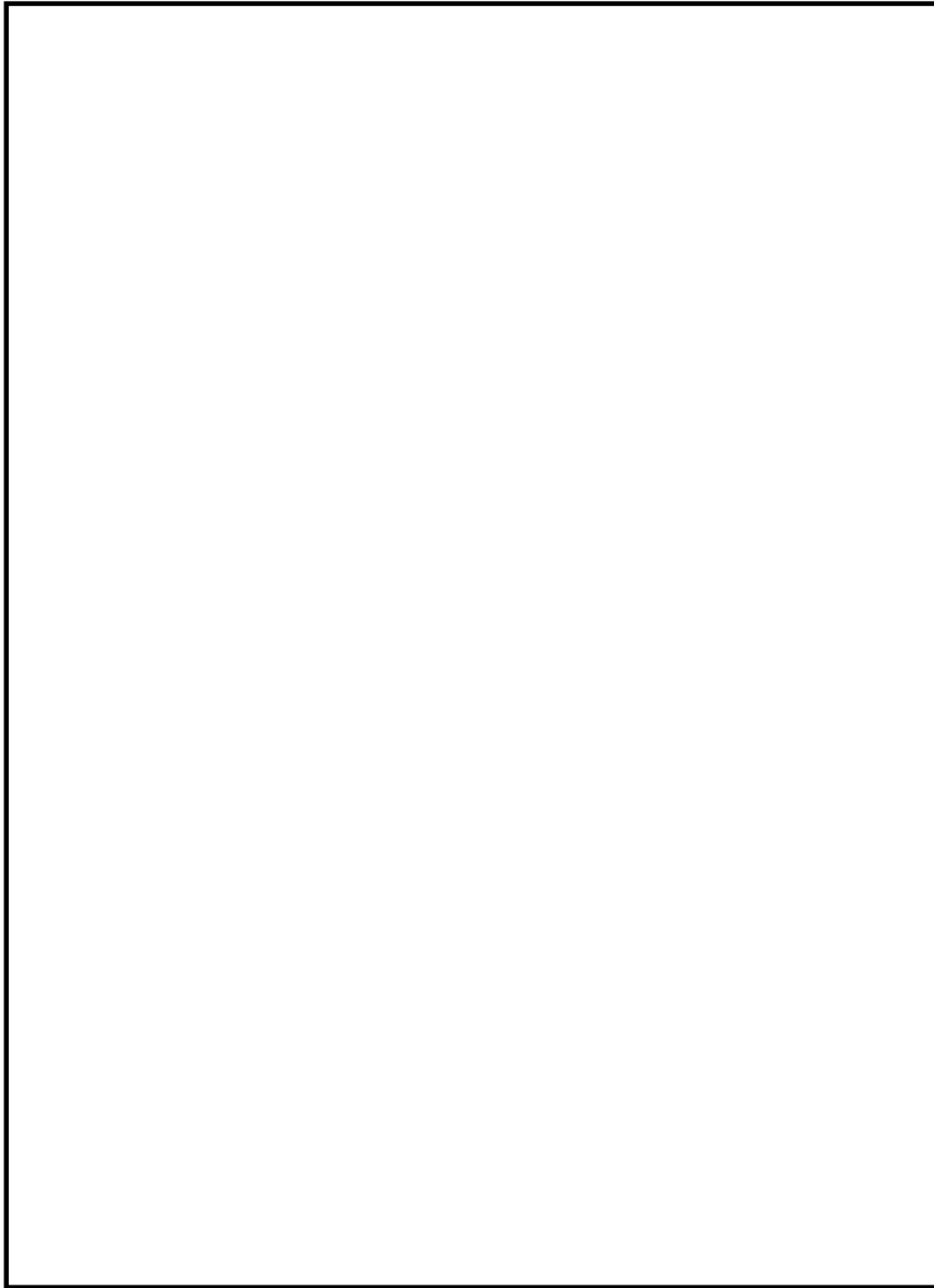
(0.10m) 及び計装誤差 (0.05m) を考慮した場合でも、取水路防潮ゲートの閉止判断基準 (0.50m) で確認できた (第5-3図)。

第5-1表 津波シミュレーションの結果

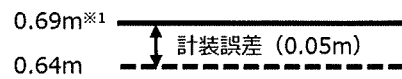
赤字: 設備形状を考慮した場合に水位低下量が減少したケース

	取水路 防潮ゲート ※1	ケース	最高水位 T.P.+m	1波目の水位低下量(10分間) (m)			
				1号機海水 ポンプ室前面	2号機海水 ポンプ室前面	3,4号機海水 ポンプ室前面	
Es-K5(エリアB) Kinematicモデル による方法	崩壊規模 48%	開	ケース① 設備形状を 反映する 貝付着あり		1.00	0.99	1.26
Es-T2(エリアC) Kinematicモデル による方法	崩壊規模 40%	開	ケース② 設備形状を 反映しない 貝付着なし		0.69	0.71	0.78
	崩壊規模 68%	開	ケース③ 設備形状を 反映する 貝付着なし		1.18	1.20	1.26

※1 開: ゲートが開いた状態であるがT.P.  はカーテンウォールあり



第5-2図 「敷地高さに近接する入力津波」の時刻歴波形



0.50m ————— 取水路防潮ゲートの閉止判断基準

※1：「敷地高さに近接する入力津波」の第1波の水位低下量

第5-3図 取水路防潮ゲートの閉止判断基準と第1波の水位低下量の比較

5.2 施設に最も影響が大きい入力津波

「4.5 津波シミュレーション結果」に基づき、各施設・設備の設計又は評価に用いる、「施設に最も影響が大きい入力津波」として、遡上波及び経路からの津波を安全側に設定する。

遡上波を各施設・設備の設計又は評価に用いる入力津波として設定する場合、施設周辺の最高水位に基づき、潮位、地殻変動等を考慮し、安全側に設定する。

経路からの津波を各施設・設備の設計又は評価に用いる入力津波として設定する場合、水理特性を考慮した管路解析を行い、潮位、地殻変動等を考慮し、安全側に設定する。

5.2.1 考慮事項

(1) 水位変動

設計又は評価に用いる「施設に最も影響が大きい入力津波」の設定においては、潮位変動として、上昇側の水位変動に対しては朔望平均満潮位 T.P. m 及び潮位のばらつき 0.15m を考慮し、下降側の水位変動に対しては朔望平均干潮位 T.P.
m 及び潮位のばらつき 0.17m を考慮し、安全側に設定する。朔望平均潮位及び潮位のばらつきは敷地周辺の観測地点舞鶴検潮所における 2007 年 1 月～2011 年 12 月の潮位観測記録に基づき評価する。第 5-2 表に考慮する潮位のばらつきを示す。

なお、観測地点舞鶴検潮所は敷地近傍にあり、発電所と同様に若狭湾に面した海に設置されているため潮位に関する気象・海象的な傾向は似ている。

潮汐以外の要因による潮位変動については、資料 2-1-2-4 「入力津波による津波防護対象設備への影響評価」の「3. 入力津波による津波防護設備への影響評価」による。

第5-2表 考慮する潮位のばらつき

--

(2) 地殻変動

地震による地殻変動についても安全側の評価を実施する。広域的な地殻変動を評価すべき波源は、基準津波1の若狭海丘列付近断層と基準津波2のFO-A～FO-B～熊川断層である。基準津波3及び基準津波4の隠岐トラフ海底地すべりについては考慮対象外である。高浜発電所は若狭湾（日本海側）に位置しており、プレート間地震は考慮対象外である。

入力津波については、「日本海における大規模地震に関する調査検討会」の波源モデルを踏まえて、Mansinha and Smylie(1971)の方法により算定した敷地地盤の地殻変動量は、基準津波1の若狭海丘列付近断層で±0m、基準津波2のFO-A～FO-B～熊川断層で0.30mの隆起が想定されるため、下降側の水位変動に対して安全評価を実施する際には0.30mの隆起を考慮する。また、上昇側の水位変動に対して安全評価する際には、隆起しないものと仮定して、対象物の高さと同側評価水位を直接比較する。第5-3表に考慮する地殻変動量を示す。

また、基準地震動Ss評価における震源において最近地震は発生していないことから広域的な余効変動も生じていない。

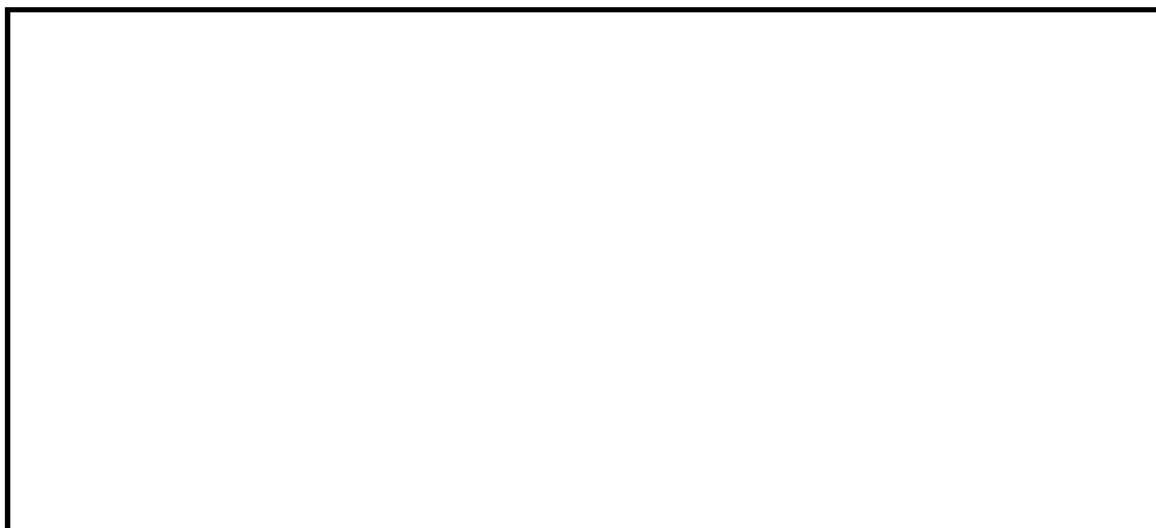
第5-3表 考慮する地殻変動量

波源		評価に考慮する変動量
水位上昇側	基準津波1	— (地殻変動の影響は受けない)
	基準津波2	保守的に隆起を考慮しない
水位下降側	基準津波2	0.30mの隆起を考慮

5.2.2 遡上波

遡上波については、設計又は評価に用いる遡上による津波高さとして、潮位、地殻変動等を考慮する。第5-4図に遡上波の時刻歴波形、第5-4表に設計又は評価に用いる遡上波による津波高さを示す。

資料2-1-2-1「耐津波設計の基本方針」の「2.1 基本方針」に示す津波と同様な潮位の変動事象である高潮の影響については、第5-4図に示すとおり、防潮扉前面における遡上波の津波高さがT.P. []mであり、観測地点「舞鶴」検潮所での観測記録（1969～2011年）による過去最高潮位のT.P. []m（1998年9月22日：台風8号）を上回ることから、遡上波の津波高さによる影響に包絡されることを確認した。



第 5-4 図 遡上波の時刻歴波形（防潮扉前面）

第5-4表 遡上波による津波高さ

--

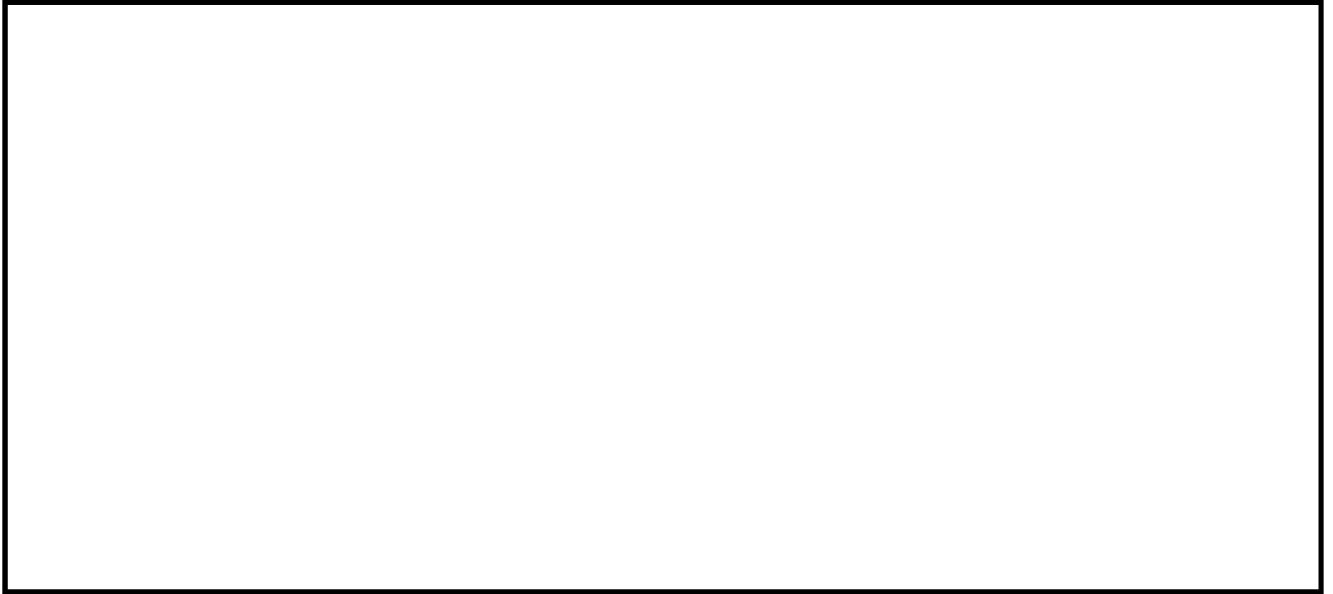
5.2.3 経路からの津波

経路からの津波については、設計又は評価に用いる経路からの流入による津波高さとして、潮位、地殻変動等を考慮する。評価地点の位置図を第5-5図に示す。第5-6図に経路からの津波の時刻歴波形、第5-5表に各地点における津波高さの選定、第5-6表に経路からの津波による津波高さを示す。

また、「5.1 敷地高さに近接する入力津波」で設定した入力津波の第1波の水位低下量を、取水路防潮ゲートの閉止判断基準で確認した後に、取水路防潮ゲートを閉止した場合の津波高さを第5-7表に示す。第5-6表及び第5-7表より、取水路防潮ゲートの閉止判断基準で確認することにより、敷地に影響を及ぼすことは無く、また「施設に最も影響が大きい入力津波」の津波高さを十分に下回ることを確認した（第5-8表）。

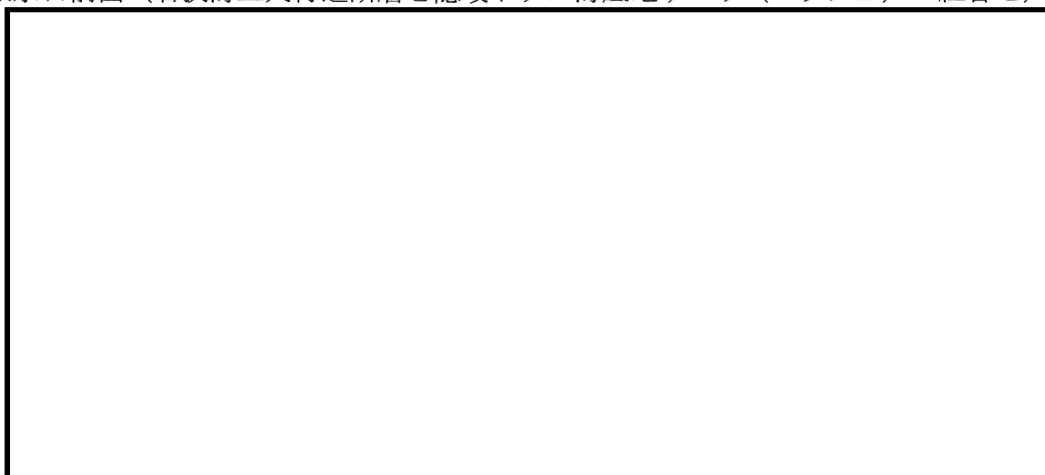
第5-5表 各地点における津波高さの選定

--



第5-5図 評価位置図

取水口前面（若狭海丘列付近断層と隠岐トラフ海底地すべり（エリアB）の組合せ）



取水路防潮ゲート前面（若狭海丘列付近断層と隠岐トラフ海底地すべり（エリアB）の組合せ）



1号機海水ポンプ室前面（FO-A～FO-B～熊川断層と陸上地すべりNo.14の組合せ）

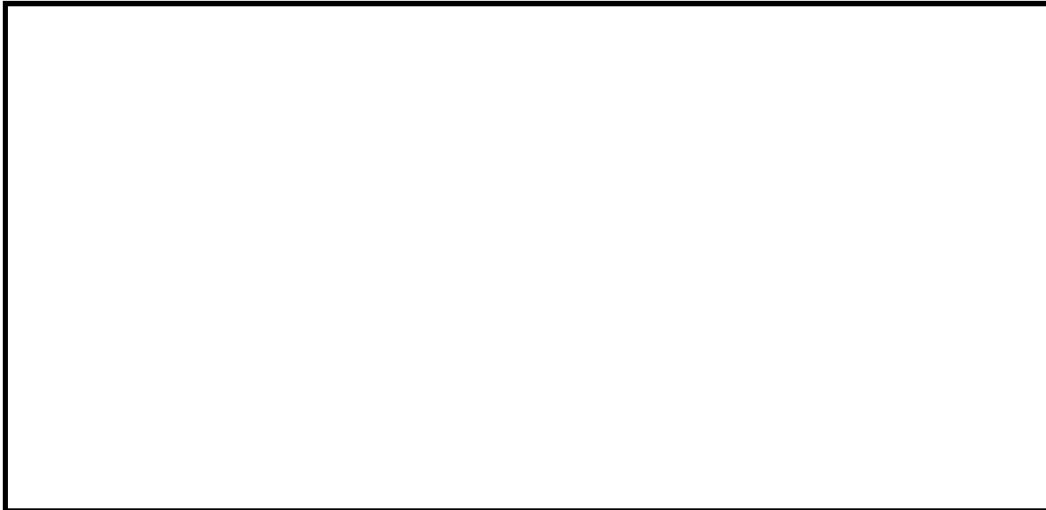


第5-6図(1/5) 経路からの津波の時刻歴波形

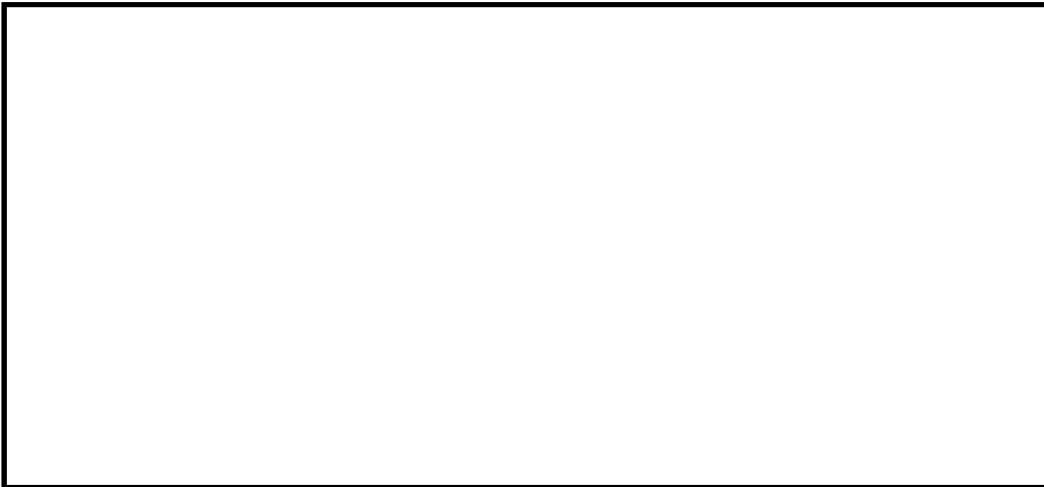
2号機海水ポンプ室前面（FO-A～FO-B～熊川断層と陸上地すべりNo. 14の組合せ）



3, 4号機循環水ポンプ室前面（FO-A～FO-B～熊川断層と陸上地すべりNo. 14の組合せ）

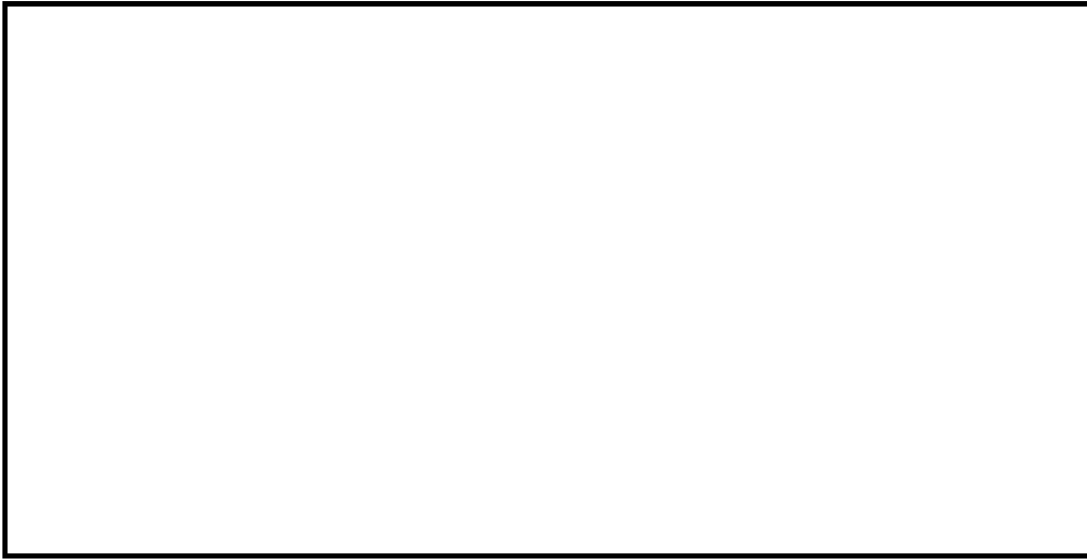


3, 4号機海水ポンプ室前面（FO-A～FO-B～熊川断層と陸上地すべりNo. 14の組合せ）



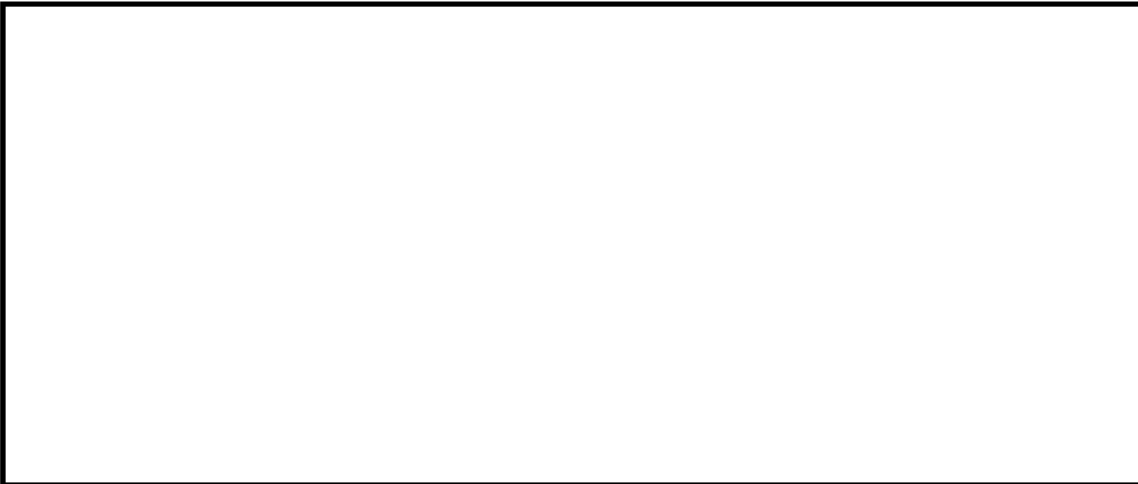
第5-6図(2/5) 経路からの津波の時刻歴波形

1号及び2号機放水口前面



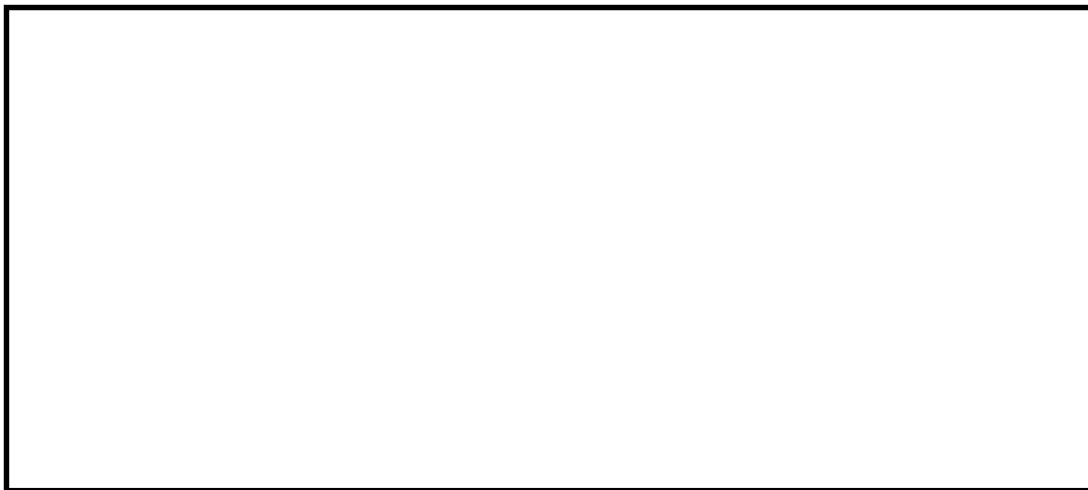
時間 (min)

3号及び4号機放水口前面



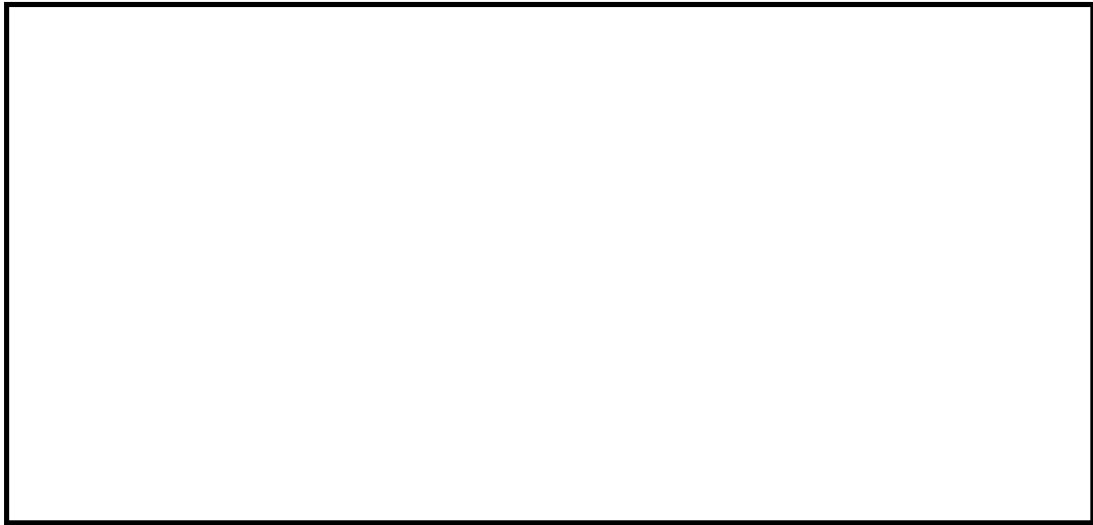
時間 (min)

放水路（奥）（若狭海丘列付近断層と隠岐トラフ海底地すべり（エリアB）の組合せ）



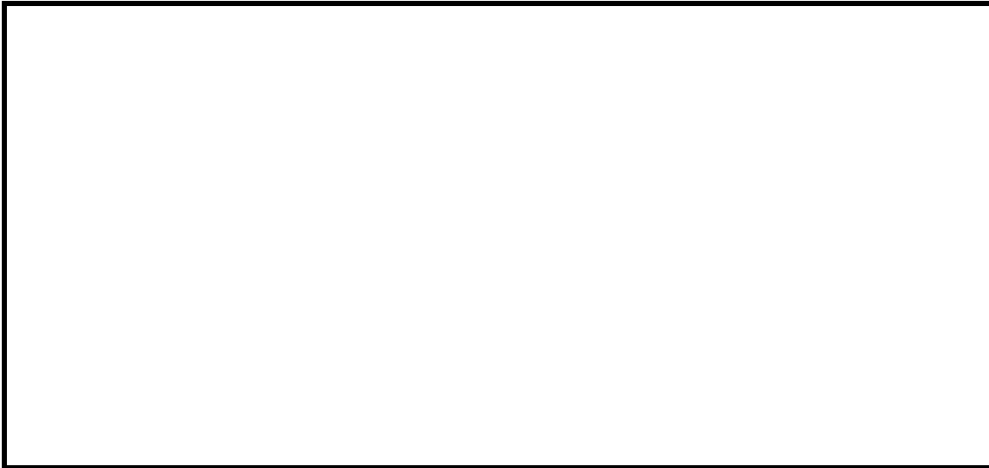
第5-6図(3/5) 経路からの津波の時刻歴波形

防潮扉前面（若狭海丘列付近断層と隠岐トラフ海底地すべり（エリアB）の組合せ）



1号機海水ポンプ室前面（水位下降側）

（FO-A～FO-B～熊川断層と陸上地すべりNo.14の組合せ）



2号機海水ポンプ室前面（水位下降側）

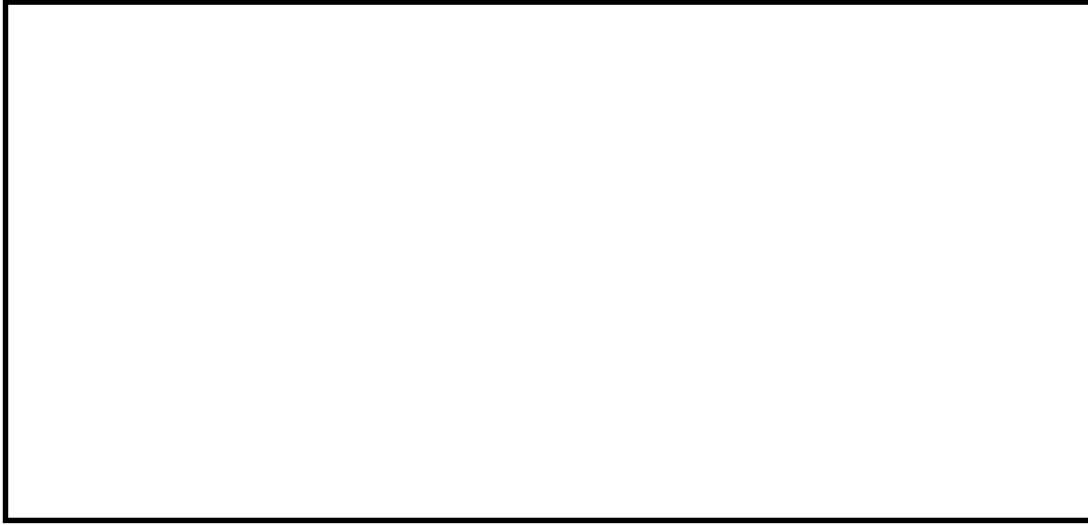
（FO-A～FO-B～熊川断層と陸上地すべりNo.14の組合せ）



第5-6図(4/5) 経路からの津波の時刻歴波形

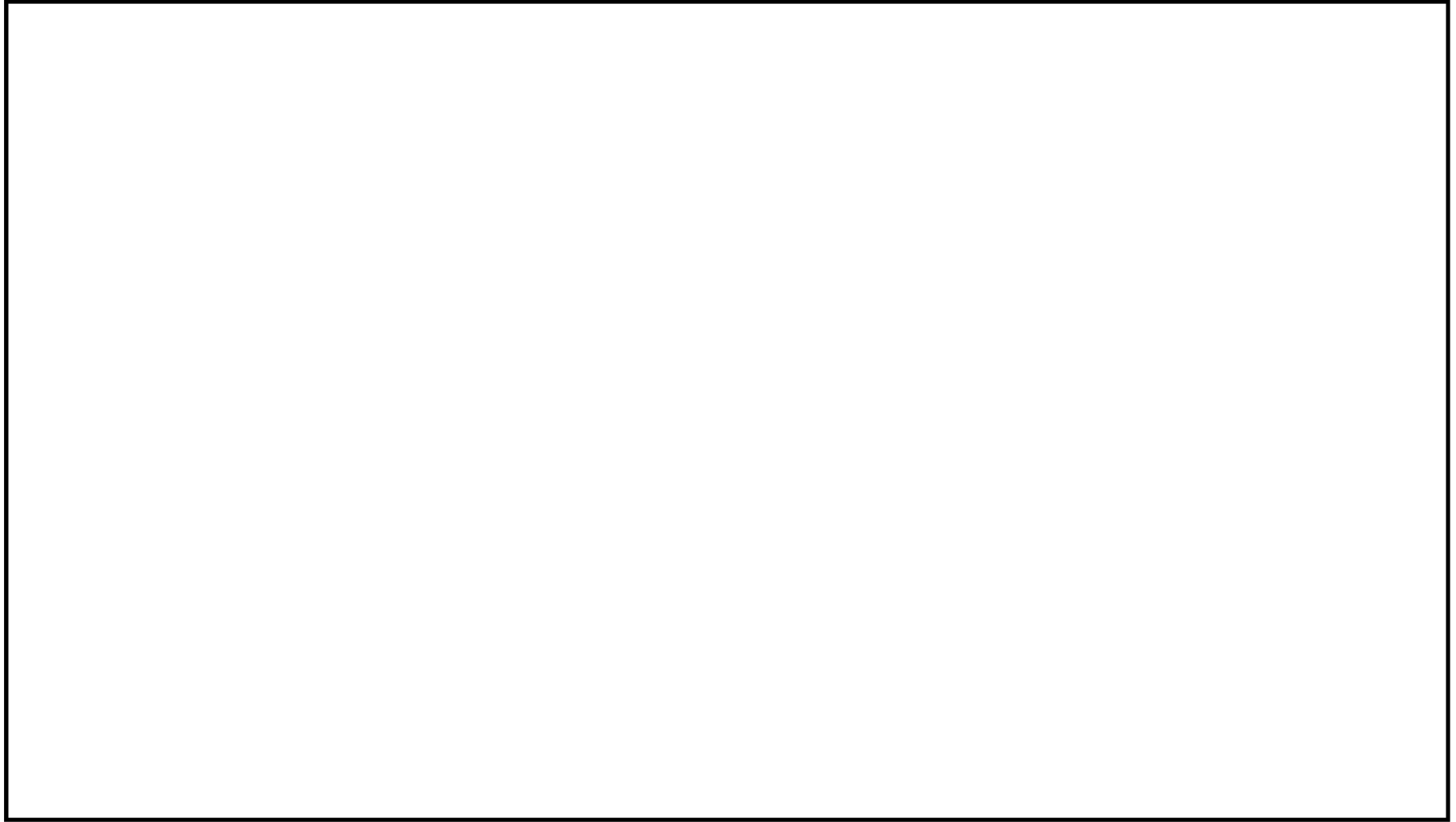
3, 4号機海水ポンプ室前面（水位下降側）

（隠岐トラフ海底地すべり（エリアC））

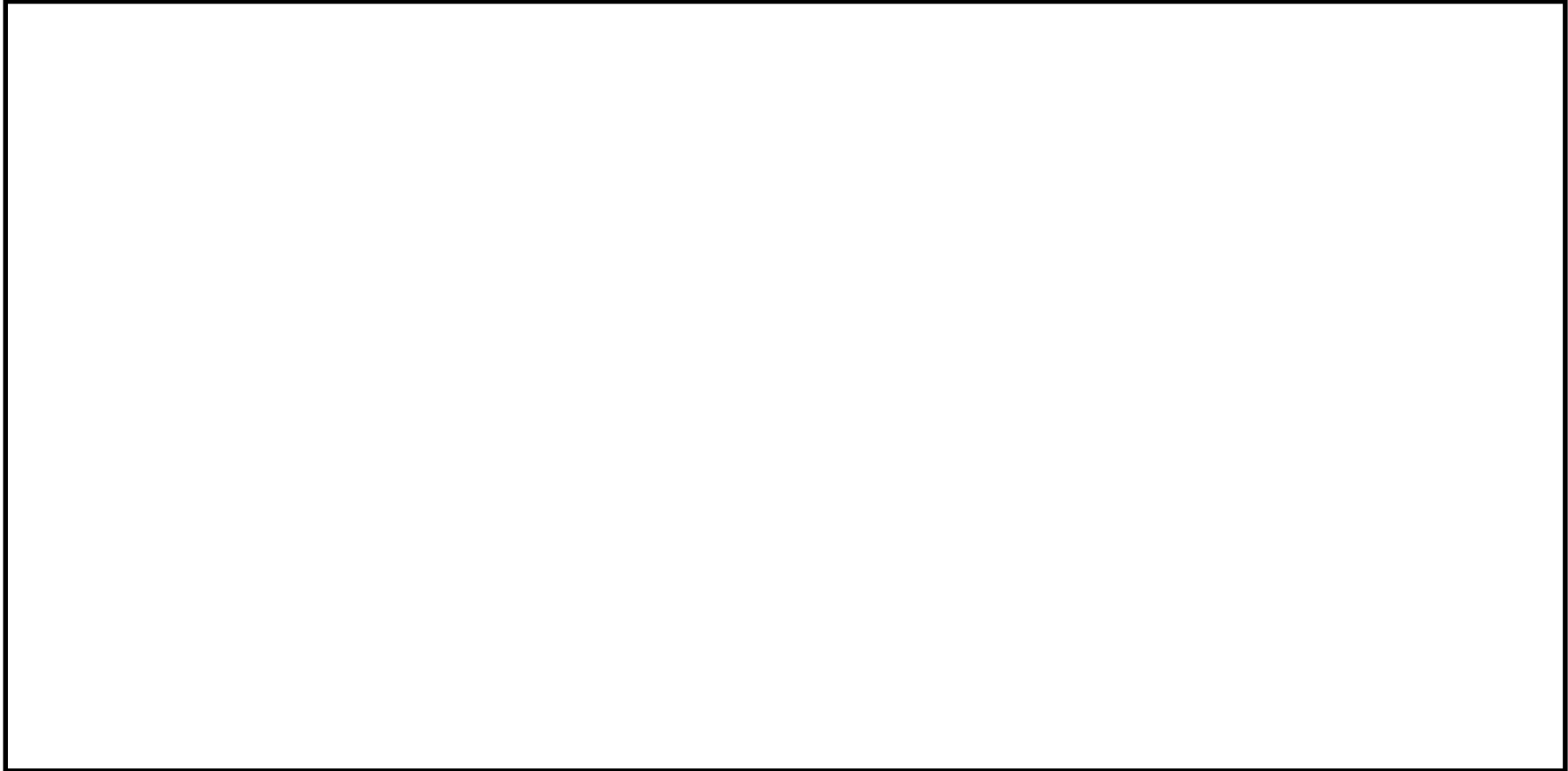


第5-6図(5/5) 経路からの津波の時刻歴波形

第5-6表 経路からの津波による津波高さ



第5-7表 「敷地高さに近接する入力津波」に対して取水路防潮ゲートを閉止した場合の津波高さ



第5-8表 津波高さの比較

--

6. 基準地震動Ssとの組合せで考慮する津波高さ

6.1 想定する津波

基準地震動Ssの震源と津波の波源が同一の場合については、FO-A～FO-B～熊川断層が基準地震動Ssの検討用地震の震源であるとともに基準津波2の波源であるが、基準地震動Ssと津波の伝播速度が異なることから、本震と津波が同時に敷地に達することではなく、基準地震動Ssによる地震力と津波荷重の組合せを考慮しない。

一方、基準地震動Ssの震源と津波の波源が異なる場合において、震源断層の活動により津波の波源となる活動が誘発されると仮定した場合については、上記と同様に、その伝播速度の違いから、津波が敷地に到達する前に本震が敷地に到達していることから、基準地震動Ssによる地震力と津波荷重の組合せを考慮しない。また、津波の波源の断層の活動によって基準地震動Ssの震源断層が誘発される場合については、2011年東北地方太平洋沖地震の事例において地震発生後に震源域外側で規模の大きな地震の発生が認められなかったことを踏まえ、短時間で誘発される可能性は極めて小さいことから、基準地震動Ssによる地震力と津波荷重の組合せを考慮しない。

基準地震動Ssと津波とを独立事象として扱う場合は、それぞれの発生頻度が十分に小さいことから、基準地震動Ssによる地震力と津波荷重の組合せを考慮しない。