

高浜発電所1～4号機
設計及び工事計画に係る補足説明資料

津波警報等が発表されない可能性のある津波への対応

2021年2月
関西電力株式会社

補足説明資料目次

I. はじめに

1. 津波警報等が発表されない可能性のある津波への対応に係る設計及び工事計画（変更）認可申請書の概要
 - 1.1 概要
 - 1.2 設計及び工事の計画における適用条文の整理について
 - 1.3 設計及び工事の計画における添付書類の整理について
 - 1.4 設計及び工事計画（変更）認可申請書の記載概要について
 - 1.5 設計及び工事計画（変更）認可申請にかかる技術基準則への適合性について

2. 入力津波の評価
 - 2.1 潮位観測記録の考え方について
 - 2.2 港湾内の局所的な海面の励起について
 - 2.3 管路解析のモデルについて
 - 2.4 入力津波の不確かさの考慮について
 - 2.5 遡上解析のモデルについて
 - 2.6 取水路防潮ゲートの閉止判断基準の設定について
 - 2.7 施設に影響を及ぼす水位に近接する入力津波の設定について
 - 2.8 地殻変動後の基準津波襲来時における発電所の安全性への影響について

3. 津波の二次的な影響による海水ポンプ等の機能保持に対する考慮事項
 - 3.1 漂流物による影響確認について
 - 3.2 砂移動による取水口の堆積状況の確認について

4. 潮位観測システム（防護用）の設計に関する補足事項
 - 4.1 潮位観測システム（防護用）の設計に関する補足資料
 - 4.2 潮位観測システム（防護用）の設備構成及び電源構成について
 - 4.3 潮位観測システム（防護用）の電線路及び潮位観測システム（防護用）の電路が設置された建物・構築物の耐震性について
 - 4.4 自然現象に対する対策について
 - 4.5 潮位計の演算装置について
 - 4.6 加振試験の条件について

- 4.7 潮位観測システム（補助用）の位置づけについて
 - 4.8 潮位観測システム（防護用）に対する波及的影響評価について
 - 4.9 至近の気象観測データを踏まえた潮位観測システム（防護用）に対する「凍結」の影響及び潮位観測システム（防護用）の耐震計算において考慮する風荷重、積雪荷重について
5. 発電所構外の観測潮位を用いた取水路防潮ゲート閉止判断の早期化等の対応
- 5.1 概要
 - 5.2 検討条件
 - 5.3 検討結果
 - 5.4 発電所構外の観測潮位欠測時の対応
6. 構外の潮位観測の設計に関する補足事項
- 6.1 概要、設備構成
 - 6.2 津居山地点の構外潮位の運用
7. その他補足説明事項
- 7.1 警報発信のセット値を踏まえた運転操作等の成立性への影響確認について
 - 7.2 平常時及び台風時の取水路防潮ゲート閉止判断基準への影響について
 - 7.3 取水路防潮ゲートの閉止判断基準設定における潮位のゆらぎの扱いについて
 - 7.4 可搬ポンプの取水性性能に係る設定根拠に関する説明書への影響について
 - 7.5 大飯発電所における観測潮位の活用検討について
 - 7.6 取水路及び取水路防潮ゲートの保全計画に係る保守作業時の対応について
 - 7.7 設工認申請書に記載する運用事項の整理

枠囲み範囲は機密の係る事項ですので、公開することはできません

I. はじめに

本補足説明資料は、第 1 表に関連を示す設工認添付資料の内容を補足するものである。

第1表 補足説明資料と添付資料との関連（1／3）

工事計画に係る補足説明資料	該当添付資料※1
1. 津波警報等が発表されない可能性のある津波への対応に係る設計及び工事計画（変更）認可申請書の概要	
1.1 概要	—
1.2 設計及び工事の計画における適用条文の整理について	
1.3 設計及び工事の計画における添付書類の整理について	
1.4 設計及び工事計画（変更）認可申請書の記載概要について	
1.5 設計及び工事計画（変更）認可申請にかかる技術基準則への適合性について	
2. 入力津波の評価	
2.1 潮位観測記録の考え方について	資料2-2-3（資料2-1-2-3）入力津波の設定 資料2-2-4（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 資料2-2-5（資料2-1-2-5）津波防護に関する施設の設計方針
2.2 港湾内の局所的な海面の励起について	
2.3 管路解析のモデルについて	
2.4 入力津波の不確かさの考慮について	
2.5 遡上解析のモデルについて	
2.6 取水路防潮ゲートの閉止判断基準の設定について	
2.7 施設に影響を及ぼす水位に近接する入力津波の設定について	
2.8 地殻変動後の基準津波襲来時における発電所の安全性への影響について	
3. 津波の二次的な影響による海水ポンプ等の機能保持に対する考慮事項	
3.1 漂流物による影響確認について	資料2-2-4（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
3.2 砂移動による取水口の堆積状況の確認について	

※1：カッコ内の添付資料番号は、3・4号機の添付資料番号である。

第1表 補足説明資料と添付資料との関連（2／3）

工事計画に係る補足説明資料	該当添付資料※1
4. 潮位観測システム（防護用）の設計に関する補足事項	
4.1 潮位観測システム（防護用）の設計に関する補足資料	資料2-2-5（資料2-1-2-5）津波防護に関する施設の設計方針
4.2 潮位観測システム（防護用）の設備構成及び電源構成について	
4.3 潮位観測システム（防護用）の電線路及び潮位観測システム（防護用）の電線路が設置された建物・構築物の耐震性について	資料13-17-9-8※2、資料13-17-9-7※3（資料6-4※4,5） 潮位観測システム（防護用）の耐震計算書
4.4 自然現象に対する対策について	資料2-1-1（資料2-1-1-1）耐震設計上重要な設備を設置する施設に対する自然現象等への配慮に関する基本方針
4.5 潮位計の演算装置について	資料2-2-5（資料2-1-2-5）津波防護に関する施設の設計方針
4.6 加振試験の条件について	資料13-17-4-34※6（資料5-4※7）衛星電話（固定）の耐震計算書 資料13-17-9-8※2、資料13-17-9-7※3（資料6-4※4,5） 潮位観測システム（防護用）の耐震計算書
4.7 潮位観測システム（補助用）の位置づけについて	資料31（資料8）中央制御室の機能に関する説明書
4.8 潮位観測システム（防護用）に対する波及的影響評価について	資料13-17-9-8※2、資料13-17-9-7※3（資料6-4※4,5） 潮位観測システム（防護用）の耐震計算書
4.9 至近の気象観測データを踏まえた潮位観測システム（防護用）に対する「凍結」の影響及び潮位観測システム（防護用）の耐震計算において考慮する風荷重、積雪荷重について	資料2-1-1（資料2-1-1-1）耐震設計上重要な設備を設置する施設に対する自然現象等への配慮に関する基本方針 資料13-9（資料6-1）機能維持（耐震設計）の基本方針

- ※1：カッコ内の添付資料番号は、3・4号機の添付資料番号である。
- ※2：1号機設備1～4号機共用設備のため、1号機に添付している。
- ※3：2号機設備1～4号機共用設備のため、2号機に添付している。
- ※4：3号機設備1～4号機共用設備のため、3号機に添付している。
- ※5：4号機設備1～4号機共用設備のため、4号機に添付している。
- ※6：1号機設備1、2号機共用設備のため、1号機に添付している。
- ※7：3号機設備3、4号機共用設備のため、3号機に添付している。

第1表 補足説明資料と添付資料との関連 (3 / 3)

工事計画に係る補足説明資料	該当添付資料※1
5. 発電所構外の観測潮位を用いた取水路防潮ゲート閉止判断の早期化等の対応	
5.1 概要	資料2別添3(別添2)「発電所構外の観測潮位を用いた取水路防潮ゲート閉止判断の早期化等の対応及び潮位観測システム(防護用)の故障時の対応について」
5.2 検討条件	
5.3 検討結果	
5.4 発電所構外の観測潮位欠測時の対応	
6. 構外の潮位観測の設計に関する補足事項	
6.1 概要、設備構成	資料2別添3(別添2)「発電所構外の観測潮位を用いた取水路防潮ゲート閉止判断の早期化等の対応及び潮位観測システム(防護用)の故障時の対応について」
6.2 津居山地点の構外潮位の運用	
7. その他補足説明事項	
7.1 警報発信のセット値を踏まえた運転操作等の成立性への影響確認について	資料2-2-1(資料2-1-2-1)耐津波設計の基本方針
7.2 平常時及び台風時の取水路防潮ゲート閉止判断基準への影響について	
7.3 取水路防潮ゲートの閉止判断基準設定における潮位のゆらぎの扱いについて	
7.4 可搬ポンプの取水性性能に係る設定根拠に関する説明書への影響について	資料2-2-4(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
7.5 大飯発電所における観測潮位の活用検討について	-
7.6 取水路及び取水路防潮ゲートの保全計画に係る保守作業時の対応について	資料2-2-1(資料2-1-2-1)耐津波設計の基本方針
7.7 設工認申請書に記載する運用事項の整理	-

※1: カッコ内の添付資料番号は、3・4号機の添付資料番号である。

1. 津波警報等が発表されない可能性のある津波への対応に係る設計及び工事計画（変更）認可申請書の概要

1. 1 概要

本資料は、高浜発電所における津波警報等が発表されない可能性のある津波への対応として、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づく設計及び工事計画の手続きを行うにあたり、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（以下「技術基準」という。）」の各条文のうち今回の申請対象が適用を受ける条文とそれらのうち適合性の確認が必要となる条文、及び設計及び工事計画（変更）認可申請書（以下「設工認」という。）に添付する書類について整理するものである。

また、上記の整理を踏まえ、設工認の本文（要目表及び基本設計方針）及び添付資料の記載概要並びに技術基準の各条文に対する適合性についても示す。

1. 2 設計及び工事の計画における適用条文の整理について

本章では、高浜発電所の津波警報等が発表されない可能性のある津波への対応に係る設工認について、「技術基準」の各条文のうち申請対象が適用を受ける条文とそれらうち適合性の確認が必要となる条文の整理を行う。

設工認の申請対象を第 1-2-1 表、申請対象が適用を受ける条文と適合性の確認が必要となる条文の整理結果を第 1-2-2 表に示す。なお、第 1-2-2 表における凡例は以下のとおりである。

【凡例】

○：適用条文であり、今回の申請で適合性を確認する必要がある条文

△：適用条文であるが、既に適合性が確認されている条文、又は工事計画に係る内容に影響を受けないことが明確に確認できる条文

×：適用を受けない条文

第 1-2-1 表 申請対象 (1/2)

別表第二		対象設備
施設区分	設備区分	
計測制御系統施設	2 中央制御室機能及び中央制御室外原子炉停止機能	<p>中央制御室機能（以下の設備を含む）</p> <p>○潮位観測システム（防護用）（「1 号機設備、1・2・3・4 号機共用、1 号機に設置」、「2 号機設備、1・2・3・4 号機共用、2 号機に設置」、「3 号機設備、1・2・3・4 号機共用、3 号機に設置」、「4 号機設備、1・2・3・4 号機共用、3 号機に設置」）※1</p> <p>○潮位観測システム（補助用）（「1 号機設備、1・2・3・4 号機共用、1 号機に設置」、「2 号機設備、1・2・3・4 号機共用、1 号機に設置」、「3 号機設備、1・2・3・4 号機共用、3 号機に設置」、「4 号機設備、1・2・3・4 号機共用、3 号機に設置」）</p> <p>○潮位計（津波監視設備）（「1 号機設備、1・2 号機共用、1 号機に設置」）</p> <p>○潮位計（津波監視設備）（「2 号機設備、1・2 号機共用、2 号機に設置」）</p> <p>○潮位計（津波監視設備）（「3 号機設備、3・4 号機共用、3 号機に設置」）</p> <p>○潮位計（津波監視設備）（「4 号機設備、3・4 号機共用、3 号機に設置」）</p>
	基本設計方針対象設備	衛星電話（固定）

※1：潮位計（4 台）、衛星電話（津波防護用）（各中央制御室に 3 台）を含む。このうち、潮位計は津波監視設備の潮位計（「1 号機設備、1・2 号機共用、1 号機に設置」、「2 号機設備、1・2 号機共用、2 号機に設置」、「3 号機設備、3・4 号機共用、3 号機に設置」、「4 号機設備、3・4 号機共用、3 号機に設置」）を兼ねる。また、衛星電話（津波防護用）は、各中央制御室の 3 台のうち 1 台を衛星電話（固定）と兼ねる。

第 1-2-1 表 申請対象 (2/2)

別表第二			
施設区分	設備区分		
その他原子炉の付属施設	浸水防護施設	1 外郭浸水防護設備	潮位観測システム (防護用) (「1号機設備、1・2・3・4号機共用、1号機に設置」、「2号機設備、1・2・3・4号機共用、2号機に設置」、「3号機設備、1・2・3・4号機共用、3号機に設置」、「4号機設備、1・2・3・4号機共用、3号機に設置」) ^{※1}
		基本設計方針対象設備	潮位計 (津波監視設備) (1号機設備、1・2号機共用、1号機に設置)
			潮位計 (津波監視設備) (「2号機設備、1・2号機共用、2号機に設置」)
			潮位計 (津波監視設備) (「3号機設備、3・4号機共用、3号機に設置」)
	潮位計 (津波監視設備) (「4号機設備、3・4号機共用、3号機に設置」)		
緊急時対策所	基本設計方針対象設備	衛星電話 (固定)	

※1：潮位計 (4台)、衛星電話 (津波防護用) (各中央制御室に3台) を含む。このうち、潮位計は津波監視設備の潮位計 (「1号機設備、1・2号機共用、1号機に設置」、「2号機設備、1・2号機共用、2号機に設置」、「3号機設備、3・4号機共用、3号機に設置」、「4号機設備、3・4号機共用、3号機に設置」) を兼ねる。また、衛星電話 (津波防護用) は、各中央制御室の3台のうち1台を衛星電話 (固定) と兼ねる。

第 1-2-2 表 適用条文の整理結果 (1/8)

技術基準規則	適用要否判断	理由
○設計基準対象施設		
第4条 設計基準対象施設の地盤	△	本申請により設置する機器を支持する地盤は十分な支持性能を持つ地盤として評価済であること、及び本申請は既評価結果に影響を与えるものではないことから、審査対象条文とならない。
第5条 地震による損傷の防止	○	本申請により設置する機器は、耐震重要度Sクラスに分類され、それに応じた地震力に耐えうる設計であることの確認が必要であり、本条文に適合していることの確認が必要であるため、審査対象条文となる。
第6条 津波による損傷の防止	○	本申請により設置する機器は、設計基準対象施設の津波防護及び津波監視を目的とする設備であり、本条文に適合していることの確認が必要であるため、審査対象条文となる。 なお、本申請により設置する機器は、設計基準対象施設の津波防護及び津波監視を目的とする第6条要求設備であるとともに、重大事故等対処施設及び特定重大事故等対処施設の津波防護及び津波監視を目的とする第51条要求設備であり、第6条要求事項を満足することにより第51条要求事項も満足した設計となることから、設計基準対象施設に区分している。
第7条 外部からの衝撃による損傷の防止	○	本申請により設置する機器が竜巻等により損傷した場合の運用について、本条文に適合していることの確認が必要であるため、審査対象条文となる。
第8条 立ち入りの防止	△	本申請において、本条文に関する設備に変更はなく、及びそれらの運用の変更は伴わないことから、審査対象条文とならない。
第9条 発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止	△	本申請において、本条文に関する設備に変更はなく、及びそれらの運用の変更は伴わないことから、審査対象条文とならない。
第10条 急傾斜地の崩壊の防止	△	高浜発電所において、急傾斜地崩壊危険区域に指定された箇所がないことが確認できているため、審査対象条文とならない。
第11条 火災による損傷の防止	△	本申請において、本条文に関する設備に変更はなく、及びそれらの運用の変更は伴わないことから、審査対象条文とならない。

○：適用条文であり、今回の申請で適合性を確認する必要がある条文
△：適用条文であるが、既に適合性が確認されている条文、又は工事計画に係る内容に影響を受けないことが明確に確認できる条文
×：適用を受けない条文

第 1-2-2 表 適用条文の整理結果 (2/8)

技術基準規則	適用要否判断	理由
第 12 条 発電用原子炉施設内における溢水等による損傷の防止	△	本申請において、本条文に関係する設備に変更はなく、及びそれらの運用の変更は伴わないことから、審査対象条文とならない。
第 13 条 安全避難通路等	△	本申請において、本条文に関係する設備に変更はなく、及びそれらの運用の変更は伴わないことから、審査対象条文とならない。
第 14 条 安全設備	○	本申請により設置する機器のうち潮位観測システム（防護用）は、既認可設備である取水路防潮ゲート（MS-1）と同等と分類され、想定される環境条件について適合性の確認が必要であるため、審査対象条文となる。
第 15 条 設計基準対象施設の機能	○	本申請により設置する機器は、安全設備であり、設計基準対象施設の機能として共用化に伴う安全性、保守点検を含めた試験・検査性について適合性の確認が必要であるため、審査対象条文となる。
第 16 条 全交流動力電源喪失対策設備	×	本申請設備は、全交流動力電源喪失対策設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
第 17 条 材料及び構造	×	本申請設備に容器、菅、ポンプ及び弁は含まれないため、審査対象条文とならない。
第 18 条 使用中の亀裂等による破壊の防止	×	本申請設備に容器、菅、ポンプ及び弁は含まれないため、審査対象条文とならない。
第 19 条 流体振動等による損傷の防止	×	本申請設備は流体振動等発生しない系統であるため、審査対象条文とならない。
第 20 条 安全弁等	×	本申請設備に安全弁等が含まれないため、審査対象条文とならない。
第 21 条 耐圧試験等	×	本申請設備に容器、菅、ポンプ及び弁は含まれないため、審査対象条文とならない。
第 22 条 監視試験片	×	本申請設備に原子炉圧力容器が含まれないため、審査対象条文とならない。
第 23 条 炉心等	×	本申請設備に炉心等が含まれないため、審査対象条文とならない。

○：適用条文であり、今回の申請で適合性を確認する必要がある条文
△：適用条文であるが、既に適合性が確認されている条文、又は工事計画に係る内容に影響を受けないことが明確に確認できる条文
×：適用を受けない条文

第 1-2-2 表 適用条文の整理結果 (3/8)

技術基準規則	適用要否判断	理由
第 24 条 熱遮蔽材	×	本申請設備に熱遮蔽材が含まれないため、審査対象条文とならない。
第 25 条 一次冷却材	×	本申請は一次冷却材に関するものではないため、審査対象条文とならない。
第 26 条 燃料取扱設備及び燃料貯蔵設備	×	本申請設備に燃料体等が含まれないため、審査対象条文とならない。
第 27 条 原子炉冷却材圧力バウンダリ	×	本申請設備に原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器が含まれないため、審査対象条文とならない。
第 28 条 原子炉冷却材圧力バウンダリの隔離装置等	×	本申請設備に原子炉冷却材圧力バウンダリの隔離装置等が含まれないため、審査対象条文とならない。
第 29 条 一次冷却材処理装置	×	本申請設備に一次冷却材処理装置が含まれないため、審査対象条文とならない。
第 30 条 逆止め弁	×	本申請設備に逆止め弁が含まれないため、審査対象条文とならない。
第 31 条 蒸気タービン	×	本申請設備に蒸気タービンが含まれないため、審査対象条文とならない。
第 32 条 非常用炉心冷却設備	×	本申請設備に非常用炉心冷却設備が含まれないため、審査対象条文とならない。
第 33 条 循環設備等	×	本申請設備に循環設備等が含まれないため、審査対象条文とならない。
第 34 条 計測装置	×	本申請設備に計測装置が含まれないため、審査対象条文とならない。
第 35 条 安全保護装置	×	本申請設備に安全保護装置が含まれないため、審査対象条文とならない。
第 36 条 反応度制御系統及び原子炉停止系統	×	本申請設備に反応度制御系統及び原子炉停止系統を構成する機器が含まれないため、審査対象条文とならない。

○：適用条文であり、今回の申請で適合性を確認する必要がある条文
△：適用条文であるが、既に適合性が確認されている条文、又は工事計画に係る内容に影響を受けないことが明確に確認できる条文
×：適用を受けない条文

第 1-2-2 表 適用条文の整理結果 (4/8)

技術基準規則	適用要否判断	理由
第 37 条 制御材駆動装置	×	本申請設備に制御材駆動装置が含まれないため、審査対象条文とならない。
第 38 条 原子炉制御室等	○	本申請により設置する機器は、外部状況を把握する設備であり、原子炉制御室等として適合性の確認が必要であるため、審査対象条文となる。
第 39 条 廃棄物処理設備等	×	本申請設備に廃棄物処理設備等が含まれないため、審査対象条文とならない。
第 40 条 廃棄物貯蔵設備等	×	本申請設備に廃棄物貯蔵設備等が含まれないため、審査対象条文とならない。
第 41 条 放射性物質による汚染の防止	×	本申請設備に放射性物質による汚染の防止に関連する機器が含まれないため、審査対象条文とならない。
第 42 条 生体遮蔽等	×	本申請設備に生体遮蔽等が含まれないため、審査対象条文とならない。
第 43 条 換気設備	×	本申請設備に換気設備が含まれないため、審査対象条文とならない。
第 44 条 原子炉格納施設	×	本申請設備に原子炉格納施設が含まれないため、審査対象条文とならない。
第 45 条 保安電源設備	×	本申請設備に保安電源設備が含まれないため、審査対象条文とならない。
第 46 条 緊急時対策所	△	本申請において、本条文に係る設備に変更はなく、及びそれらの運用の変更は伴わないことから、審査対象条文とならない。なお、本申請において、通信連絡設備のうち衛星電話（固定）を、衛星電話（津波防護用）として一部兼用するため、これにかかる記載を変更する。
第 47 条 警報装置等	△	本申請において、本条文に係る設備に変更はなく、及びそれらの運用の変更は伴わないことから、審査対象条文とならない。なお、本申請において、通信連絡設備のうち衛星電話（固定）を、衛星電話（津波防護用）として一部兼用するため、これにかかる記載を変更する。
第 48 条 準用	×	本申請設備に火力設備等に関連する設備は含まれないため、審査対象条文とならない。

○：適用条文であり、今回の申請で適合性を確認する必要がある条文
△：適用条文であるが、既に適合性が確認されている条文、又は工事計画に係る内容に影響を受けないことが明確に確認できる条文
×：適用を受けない条文

第 1-2-2 表 適用条文の整理結果 (5/8)

技術基準規則	適用要否 判断	理由
○重大事故等対処施設		
第 49 条 重大事故等対処施設の地盤	△	本申請において、本条文に係る設備に変更はなく、及びそれらの運用の変更は伴わないことから、審査対象条文とならない。
第 50 条 地震による損傷の防止	△	本申請において、本条文に係る設備に変更はなく、及びそれらの運用の変更は伴わないことから、審査対象条文とならない。
第 51 条 津波による損傷の防止	○	本申請により設置する機器は、重大事故等対処施設及び特定重大事故等対処施設の津波防護及び津波監視を目的とする設備であり、本条文に適合していることの確認が必要であるため、審査対象条文となる。 なお、本申請により設置する機器は、設計基準対象施設の津波防護及び津波監視を目的とする第 6 条要求設備であるとともに、重大事故等対処施設及び特定重大事故等対処施設の津波防護及び津波監視を目的とする第 51 条要求設備であり、第 6 条要求事項を満足することにより第 51 条要求事項も満足した設計となることから、設計基準対象施設に区分している。
第 52 条 火災による損傷の防止	△	本申請において、本条文に係る設備に変更はなく、及びそれらの運用の変更は伴わないことから、審査対象条文とならない。
第 53 条 特定重大事故等対処施設	△	本申請において、本条文に係る設備に変更はなく、及びそれらの運用の変更は伴わないことから、審査対象条文とならない。
第 54 条 重大事故等対処設備	△	本申請において、本条文に係る設備に変更はなく、及びそれらの運用の変更は伴わないことから、審査対象条文とならない。
第 55 条 材料及び構造	×	本申請設備に容器、菅、ポンプ及び弁は含まれないため、審査対象条文とならない。

○：適用条文であり、今回の申請で適合性を確認する必要がある条文
△：適用条文であるが、既に適合性が確認されている条文、又は工事計画に係る内容に影響を受けないことが明確に確認できる条文
×：適用を受けない条文

第 1-2-2 表 適用条文の整理結果 (6/8)

技術基準規則	適用要否 判断	理由
第 56 条 使用中の亀裂等による破壊 の防止	×	本申請設備に容器、菅、ポンプ及び弁は含まれないため、審査対象条文とならない。
第 57 条 安全弁等	×	本申請設備に安全弁等が含まれないため、審査対象条文とならない。
第 58 条 耐圧試験等	×	本申請設備に容器、菅、ポンプ及び弁は含まれないため、審査対象条文とならない。
第 59 条 緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備	×	本申請設備に本条文の対象設備は含まれないため、審査対象条文とならない。
第 60 条 原子炉冷却材圧力バウンダリ 高压時に発電用原子炉を 冷却するための設備	×	本申請設備に本条文の対象設備は含まれないため、審査対象条文とならない。
第 61 条 原子炉冷却材圧力バウンダリ を減圧するための設備	×	本申請設備に本条文の対象設備は含まれないため、審査対象条文とならない。
第 62 条 原子炉冷却材圧力バウンダリ 低压時に発電用原子炉を 冷却するための設備	×	本申請設備に本条文の対象設備は含まれないため、審査対象条文とならない。
第 63 条 最終ヒートシンクへ熱を輸 送するための設備	×	本申請設備に本条文の対象設備は含まれないため、審査対象条文とならない。
第 64 条 原子炉格納容器内の冷却等 のための設備	×	本申請設備に本条文の対象設備は含まれないため、審査対象条文とならない。
第 65 条 原子炉格納容器の過圧破損 を防止するための設備	×	本申請設備に本条文の対象設備は含まれないため、審査対象条文とならない。

○：適用条文であり、今回の申請で適合性を確認する必要がある条文
△：適用条文であるが、既に適合性が確認されている条文、又は工事計画に係る内容に影響を受けないことが明確に確認できる条文
×：適用を受けない条文

第 1-2-2 表 適用条文の整理結果 (7/8)

技術基準規則	適用要否 判断	理由
第 66 条 原子炉格納容器下部の溶融炉心を冷却するための設備	×	本申請設備に本条文の対象設備は含まれないため、審査対象条文とならない。
第 67 条 水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止するための設備	×	本申請設備に本条文の対象設備は含まれないため、審査対象条文とならない。
第 68 条 水素爆発による原子炉建屋等の損傷を防止するための設備	×	本申請設備に本条文の対象設備は含まれないため、審査対象条文とならない。
第 69 条 使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備	×	本申請設備に本条文の対象設備は含まれないため、審査対象条文とならない。
第 70 条 工場等外への放射性物質の拡散を抑制するための設備	×	本申請設備に本条文の対象設備は含まれないため、審査対象条文とならない。
第 71 条 重大事故等の収束に必要なとなる水の供給設備	×	本申請設備に本条文の対象設備は含まれないため、審査対象条文とならない。
第 72 条 電源設備	×	本申請設備に本条文の対象設備は含まれないため、審査対象条文とならない。
第 73 条 計装設備	×	本申請設備に本条文の対象設備は含まれないため、審査対象条文とならない。
第 74 条 原子炉制御室	×	本申請設備に本条文の対象設備は含まれないため、審査対象条文とならない。
第 75 条 監視測定設備	×	本申請設備に本条文の対象設備は含まれないため、審査対象条文とならない。
第 76 条 緊急時対策所	△	本申請において、本条文に関係する設備に変更はなく、及びそれらの運用の変更は伴わないことから、審査対象条文とならない。 なお、本申請において、通信連絡設備のうち衛星電話（固定）を、衛星電話（津波防護用）として一部兼用するため、これにかかる記載を変更する。

○：適用条文であり、今回の申請で適合性を確認する必要がある条文
△：適用条文であるが、既に適合性が確認されている条文、又は工事計画に係る内容に影響を受けないことが明確に確認できる条文
×：適用を受けない条文

第 1-2-2 表 適用条文の整理結果 (8/8)

技術基準規則	適用要否 判断	理由
第 77 条 通信連絡を行うために必要な設備	△	本申請において、本条文に関係する設備に変更はなく、及びそれらの運用の変更は伴わないことから、審査対象条文とならない。 なお、本申請において、通信連絡設備のうち衛星電話（固定）を、衛星電話（津波防護用）として一部兼用するため、これにかかる記載を変更する。
第 78 条 準用	×	本申請設備に火力設備等に関連する設備は含まれないため、審査対象条文とならない。

○：適用条文であり、今回の申請で適合性を確認する必要がある条文
 △：適用条文であるが、既に適合性が確認されている条文、又は工事計画に係る内容に影響を受けないことが明確に確認できる条文
 ×：適用を受けない条文

1. 3 設計及び工事の計画における添付書類の整理について

本章では、高浜発電所の津波警報等が発表されない可能性のある津波への対応に係る設工認に添付する書類について「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」に基づき整理する。整理結果を第 1-3-1 表に示す。

第 1-3-1 表 本申請に添付する書類の整理結果 (1/6)

実用発電用原子炉の設置、 運転等に関する規則 別表第二添付書類	添付の要否 (○・×)	理由
○各発電用原子炉施設に共通		
送電関係一覧図	×	本申請に伴い変更がなく、影響がないことから不要。
急傾斜地崩壊危険区域内において行う制限工事に係る場合は、当該区域内の急傾斜地の崩壊の防止措置に関する説明書	×	本申請に伴い影響するものではなく、急傾斜地崩壊危険区域内ではないことから不要。
工場又は事業所の概要を明示した地形図	×	本申請に伴い変更がなく、影響がないことから不要。
主要設備の配置の状況を明示した平面図及び断面図	×	本申請は、発電用原子炉施設全体の申請ではなく、一部の施設の局所的な改造であることから不要。
単線結線図	×	本申請に伴い変更がなく、影響がないことから不要。
新技術の内容を十分に説明した書類	×	本申請に伴い変更がなく、影響がないことから不要。
発電用原子炉施設の熱精算図	×	本申請に伴い変更がなく、影響がないことから不要。
熱出力計算書	×	本申請に伴い変更がなく、影響がないことから不要。
発電用原子炉の設置の許可との整合性に関する説明書	○	設置変更許可の変更内容と本申請内容との整合性を示す必要であるため添付する。
排気中及び排水中の放射性物質の濃度に関する説明書	×	本申請に伴い変更がなく、影響がないことから不要。
人が常時勤務し、又は頻繁に出入する工場又は事業所内の場所における線量に関する説明書	×	本申請に伴い変更がなく、影響がないことから不要。
発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書	○	本申請設備の技術基準規則第 6 条及び第 51 条への適合性を示す必要があるため添付する。

第 1-3-1 表 本申請に添付する書類の整理結果 (2/6)

実用発電用原子炉の設置、 運転等に関する規則 別表第二 添付書類	添付の要否 (○・×)	理由
放射性物質により汚染するおそれがある管理区域並びにその地下に施設する排水路並びに当該排水路に施設する排水監視設備及び放射性物質を含む排水を安全に処理する設備の配置の概要を明示した図面	×	本申請に伴い変更がなく、影響がないことから不要。
取水口及び放水口に関する説明書	×	本申請に伴い変更がなく、影響がないことから不要。
設備別記載事項の設定根拠に関する説明書	○	潮位観測システム(防護用)は、実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則別表第二に容量等が記載されていないが、要目表対象設備として申請することから、本設備のセット値の設定根拠を添付する。
環境測定装置(放射線管理用計測装置に係るものを除く。)の構造図及び取付箇所を明示した図面	○ (1・2号機) × (3・4号機)	1・2号機については、本申請設備(2号機海水ポンプ室に設置する潮位計)の技術基準規則第6条及び第51条への適合性を示す必要があるため図面を添付する。3・4号機については、本申請に伴い変更がなく、影響がないことから不要。
クラス1 機器及び炉心支持構造物の応力腐食割れ対策に関する説明書	×	本申請は、クラス1 機器及び炉心支持構造物に係る工事ではないことから不要。
安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書	○	本申請設備が使用される条件の下における健全性について、技術基準規則第14条及び第15条への適合性を示す必要があるため添付する。
発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書	×	本申請に伴い変更がなく、影響がないことから不要。
発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書	×	本申請に伴い変更がなく、影響がないことから不要。

第 1-3-1 表 本申請に添付する書類の整理結果 (3/6)

実用発電用原子炉の設置、 運転等に関する規則 別表第二 添付書類	添付の要否 (○・×)	理由
発電用原子炉施設の蒸気タービン、 ポンプ等の損壊に伴う飛散物による 損傷防護に関する説明書	×	本申請に伴い変更がなく、影響がないことから 不要。
通信連絡設備に関する説明書及び取 付箇所を明示した図面	説明書：○ 図面：○	説明書及び図面については、本申請において、通 信連絡設備のうち衛星電話(固定)を、衛星電話 (津波防護用)として一部兼用するため、これに かかる記載を変更する必要があることから添付 する。
安全避難通路に関する説明書及び安 全避難通路を明示した図面	説明書：× 図面：×	本申請に伴い変更がなく、影響がないことから 不要。
非常用照明に関する説明書及び取付 箇所を明示した図面	説明書：× 図面：×	本申請に伴い変更がなく、影響がないことから 不要。

第 1-3-1 表 本申請に添付する書類の整理結果 (4/6)

実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則 別表第二添付書類	添付の要否 (○・×)	理由
○計測制御系統施設		
計測制御系統施設に係る機器 (計測装置を除く。)の配置を明示した図面及び系統図	配置図：× 系統図：×	本申請に伴い変更がなく、影響がないことから不要。
制御能力についての計算書	×	本申請に伴い変更がなく、影響がないことから不要。
耐震性に関する説明書(支持構造物を含めて記載すること。)	○	本申請設備の技術基準規則第 5 条への適合性を示す必要があるため添付する。
強度に関する説明書(支持構造物を含めて記載すること。)	×	本申請に伴い変更がなく、影響がないことから不要。
構造図	×	本申請に伴い変更がなく、影響がないことから不要。
計測装置の構成に関する説明書、計測制御系統図及び検出器の取付箇所を明示した図面並びに計測範囲及び警報動作範囲に関する説明書	×	本申請に伴い変更がなく、影響がないことから不要。
原子炉非常停止信号の作動回路の説明図及び設定値の根拠に関する説明書	×	本申請に伴い変更がなく、影響がないことから不要。
工学的安全施設等の起動(作動)信号の起動(作動)回路の説明図及び設定値の根拠に関する説明書	×	本申請に伴い変更がなく、影響がないことから不要。
デジタル制御方式を使用する安全保護系等の適用に関する説明書	×	本申請に伴い変更がなく、影響がないことから不要。

第 1-3-1 表 本申請に添付する書類の整理結果 (5/6)

実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則別表第二添付書類	添付の要否 (○・×)	理由
発電用原子炉の運転を管理するための制御装置に係る制御方法に関する説明書	×	本申請に伴い変更がなく、影響がないことから不要。
中央制御室の機能に関する説明書、中央制御室外の原子炉停止機能及び監視機能並びに緊急時制御室の機能に関する説明書	○	本申請設備について、外部状況を把握する設備としての技術基準規則第 38 条への適合性を示す必要があるため添付する。
安全弁の吹出量計算書 (バネ式のものに限る。)	×	本申請に伴い変更がなく、影響がないことから不要。

第 1-3-1 表 本申請に添付する書類の整理結果 (6/6)

実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則 別表第二添付書類	添付の要否 (○・×)	理由
○その他発電用原子炉の附属施設 浸水防護施設		
浸水防護施設に係る機器の配置を明示した図面及び系統図	図面：○ 系統図：×	図面については、本申請設備の技術基準規則第 6 条及び第 51 条への適合性を示す必要があるため添付する。 系統図については、本申請に伴い変更がなく、影響がないことから不要。
耐震性に関する説明書（支持構造物を含めて記載すること。）	○	本申請設備の技術基準規則第 5 条への適合性を示す必要があるため添付する。
強度に関する説明書（支持構造物を含めて記載すること。）	×	本申請に伴い変更がなく、影響がないことから不要。
構造図	○	本申請設備の技術基準規則第 6 条及び第 51 条への適合性を示す必要があるため添付する。
○その他発電用原子炉の附属施設 緊急時対策所		
緊急時対策所の設置場所を明示した図面及び機能に関する説明書	×	本申請に伴い変更がなく、影響がないことから不要。
耐震性に関する説明書（支持構造物を含めて記載すること。）	×	本申請に伴い変更がなく、影響がないことから不要。
緊急時対策所の居住性に関する説明書	×	本申請に伴い変更がなく、影響がないことから不要。
○「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」（第九条）		
設計及び工事に係る品質マネジメントシステムに関する説明書	○	本申請に伴う品質管理の方法等のプロセス確認のため、添付する。

1. 4 設計及び工事計画（変更）認可申請書の記載概要について

本章では、1. 2章及び1. 3章の整理を踏まえ、設工認の本文（要目表及び基本設計方針）及び添付資料の記載概要を示す。本文の記載概要を第1-4-1表、添付資料の記載概要を第1-4-2表に示す。

第1-4-1表 設工認本文の記載概要（1/2）

施設の種類		本文の記載概要（既工認からの変更箇所）	
		要目表	基本設計方針
計測制御システム施設		<p>以下を変更</p> <ul style="list-style-type: none"> ○中央制御室機能（以下の設備にかかる記載を追加する） <ul style="list-style-type: none"> ・潮位観測システム（防護用）（「1号機設備、1・2・3・4号機共用、1号機に設置」、「2号機設備、1・2・3・4号機共用、2号機に設置」、「3号機設備、1・2・3・4号機共用、3号機に設置」、「4号機設備、1・2・3・4号機共用、3号機に設置」） ・潮位観測システム（補助用）（「1号機設備、1・2・3・4号機共用、1号機に設置」、「2号機設備、1・2・3・4号機共用、1号機に設置」、「3号機設備、1・2・3・4号機共用、3号機に設置」、「4号機設備、1・2・3・4号機共用、3号機に設置」） ・潮位計（津波監視設備）（「1号機設備、1・2号機共用、1号機に設置」） ・潮位計（津波監視設備）（「2号機設備、1・2号機共用、2号機に設置」） ・潮位計（津波監視設備）（「3号機設備、3・4号機共用、3号機に設置」） ・潮位計（津波監視設備）（「4号機設備、3・4号機共用、3号機に設置」） 	<ul style="list-style-type: none"> ○「第2章 個別項目 1.4.1 通信連絡設備（発電所内）」について、衛星電話（固定）を、衛星電話（津波防護用）として一部兼用することにかかる記載を変更する。
その他発電用原子炉の附属施設	浸水防護施設	<p>以下を追加</p> <ul style="list-style-type: none"> ○潮位観測システム（防護用）（「1号機設備、1・2・3・4号機共用、1号機に設置」、「2号機設備、1・2・3・4号機共用、2号機に設置」、「3号機設備、1・2・3・4号機共用、3号機に設置」、「4号機設備、1・2・3・4号機共用、3号機に設置」） 	<ul style="list-style-type: none"> ○「第2章 個別項目」について、津波警報等が発表されない可能性のある津波に対する耐津波設計（取水路防潮ゲートの閉止判断基準の設定方法や津波防護施設としての潮位観測システム（防護用）の設計等）にかかる記載を追記する。

第 1-4-1 表 設工認本文の記載概要 (2/2)

施設の種類		本文の記載概要 (既工認からの変更箇所)	
		要目表	基本設計方針
その他 発電用原子炉の 附属施設	緊急時 対策所	変更なし	○「第 2 章個別項目 1.1 緊急時対策所の設置等」について、衛星電話（固定）を、衛星電話（津波防護用）として一部兼用することにかかる記載を変更する。

第 1-4-2 表 設工認添付資料の記載概要 (1/2)

添付資料※		記載概要
資料 1	発電用原子炉の設置の許可との整合性に関する説明書	本申請が設置変更許可申請書の基本方針に従った詳細設計であることについて、設置変更許可申請書本文の変更箇所と設工認本文との整合性により示す。
資料 2	発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書	津波警報等が発表されない可能性のある津波に対する耐津波設計（取水路防潮ゲートの閉止判断基準の設定方法や津波防護施設としての潮位観測システム（防護用）の設計等）について説明する。
資料 3 (資料 4)	設備別記載事項の設定根拠に関する説明書	潮位観測システム（防護用）は、実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則別表第二に容量等が記載されていないが、要目表対象設備として申請することから、本設備のセット値の設定根拠について、説明する。
資料 4 (資料 6)	安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書	安全設備である潮位観測システム（防護用）の「多様性及び位置的分散」、「悪影響防止」、「環境条件等」並びに「操作性及び試験・検査性」について説明する。
資料 5 (資料 10)	通信連絡設備に関する説明書	通信連絡設備のうち衛星電話（固定）は、本申請において衛星電話（津波防護用）として一部兼用するため、これにかかる変更を踏まえた、通信連絡を行うために必要な設備について説明する。
資料 6 (資料 13)	耐震性に関する説明書	耐震重要度 S クラスに分類される潮位観測システム（防護用）及び潮位計が、基準地震動 Ss による地震力に対し、その機能を喪失しないために必要な耐震性を有していることを説明する。

※カッコ内の添付資料番号は、設計及び工事計画変更認可申請となる 1・2 号機の添付資料番号である。

第 1-4-2 表 設工認添付資料の記載概要 (2/2)

添付資料※		記載概要
資料 7 (資料 1 7、 4 8)	設計及び工事に係る品質マネジメントシステムに関する説明書	本申請の品質管理の実績・計画について説明する。
資料 8 (資料 3 1)	中央制御室の機能に関する説明書	本申請において、津波警報等が発表されない可能性のある津波に対する耐津波設計として、取水路防潮ゲートの閉止判断基準を中央制御室にて確認する設計とするため、これにかかる変更を踏まえた、中央制御室の機能のうちの外部状況把握に関する機能について説明する。

※カッコ内の添付資料番号は、設計及び工事計画変更認可申請となる 1・2 号機の添付資料番号である。

1. 5 設計及び工事計画（変更）認可申請にかかる技術基準への適合性について

本章では、1. 2章から1. 4章までの整理を踏まえ、今回の設計及び工事計画（変更）認可申請において、適合性の確認が必要となる技術基準の各条文の適合性を示す。適合性及び適合性を説明する添付資料を第1-5-1表に示す。

第1-5-1表 技術基準への適合性確認結果（1/2）

技術基準規則	適合性の確認	添付資料※
<p>第5条 地震による損傷の防止</p>	<p>耐震重要度Sクラスに分類される潮位観測システム（防護用）及び潮位計が、基準地震動Ssによる地震力に対して、要求される機能を喪失しないために必要な耐震性を有していることを確認したことから、本条の規定に適合していると判断した。</p>	<p>資料6 (資料13)</p>
<p>第6条 津波による損傷の防止</p>	<p>津波警報等が発表されない可能性のある津波に対する耐津波設計によって、当該の津波に対して、その安全性又は重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないことを確認したことから、本条の規定に適合していると判断した。</p>	<p>資料2</p>
<p>第7条 外部からの衝撃による損傷の防止</p>	<p>潮位観測システム（防護用）が竜巻等により損傷した場合、予備品により、機能回復の応急処置を行う設計とし、応急処置が困難と判断された場合にはプラントを停止する手順等を整備し、保安規定に定めて管理することから、本条の規定に適合していると判断した。</p>	<p>資料2</p>
<p>第14条 安全設備</p>	<p>安全設備である潮位観測システム（防護用）について、想定される環境条件において、要求される機能を発揮する設計としていることから、本条の規定に適合していると判断した。</p>	<p>資料4 (資料6)</p>
<p>第15条 設計基準対象施設の機能</p>	<p>安全設備である潮位観測システム（防護用）について、他号機と共用し、又は相互に接続しても原子炉施設の安全性を損なわない設計としていること、保守点検が可能な設計としていることから、本条の規定に適合していると判断した。</p>	<p>資料4 (資料6)</p>
<p>第38条 原子炉制御室等</p>	<p>中央制御室の機能のうちの外部状況把握に関する機能について、津波警報等が発表されない可能性のある津波に対する耐津波設計として、取水路防潮ゲートの閉止判断基準を中央制御室にて確認する設計としていることから、本条の規定に適合していると判断した。</p>	<p>資料8 (資料31)</p>

※カッコ内の添付資料番号は、設計及び工事計画変更認可申請となる1・2号機の添付資料番号である。

第 1-5-1 表 技術基準への適合性確認結果 (2/2)

技術基準規則	適合性の確認	添付資料※
<p>第 51 条 津波による損傷の防止</p>	<p>本申請により設置する機器は、設計基準対象施設の津波防護及び津波監視を目的とする第 6 条要求設備であるとともに、重大事故等対処施設及び特定重大事故等対処施設の津波防護及び津波監視を目的とする第 51 条要求設備であり、第 6 条要求事項を満足することにより第 51 条要求事項も満足した設計となることから、本条の規定に適合していると判断した。</p>	<p>資料 2</p>

※カッコ内の添付資料番号は、設計及び工事計画変更認可申請となる 1・2 号機の添付資料番号である。

2. 入力津波の評価

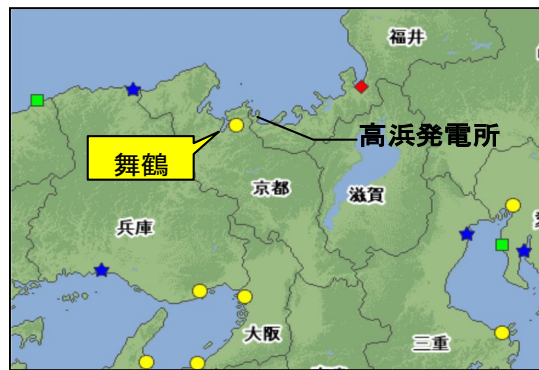
2.1 潮位観測記録の考え方について

設定した潮位のばらつき等を把握するために、潮位観測記録を用いて評価を実施した。

舞鶴観測所は高浜発電所の敷地近傍にあり、発電所と同様に若狭湾に面した海に設置されていることから、潮位に関する気象・海象的な傾向は類似している。観測地点の位置を第 2-1-1 図に示す。

過去 5 ヶ年（2007 年 1 月～2011 年 12 月）の朔望平均潮位に関するデータ分析の結果を第 2-1-1 表及び第 2-1-2 図に示す。標準偏差は満潮位で 0.15m、干潮位で 0.17m となった。

また、高浜発電所における過去 1 年間の潮位観測について、舞鶴検潮所と比較した結果、潮位の差はほとんど見られなかった。高浜原子力発電所における潮位観測地点の位置図を第 2-1-3 図に、高浜発電所と舞鶴検潮所の日最大潮位・日最小潮位の比較を第 2-1-4 図に示す。

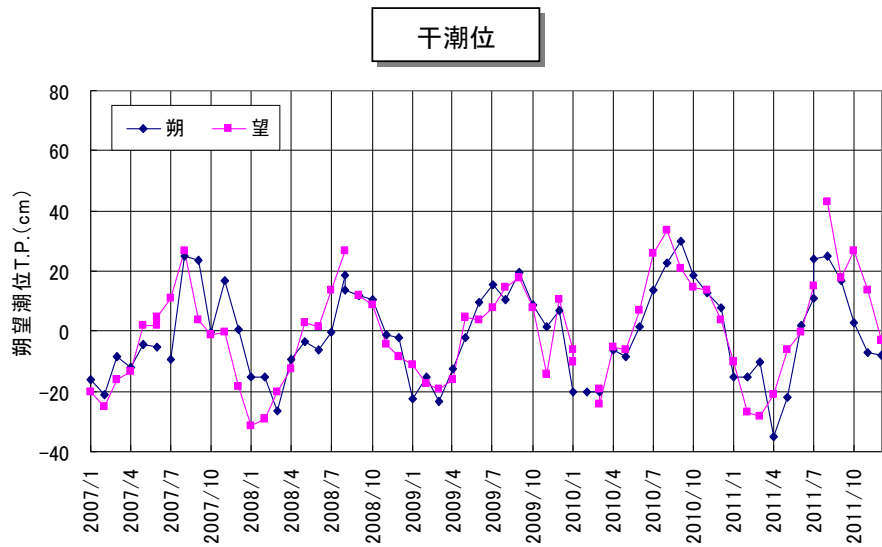
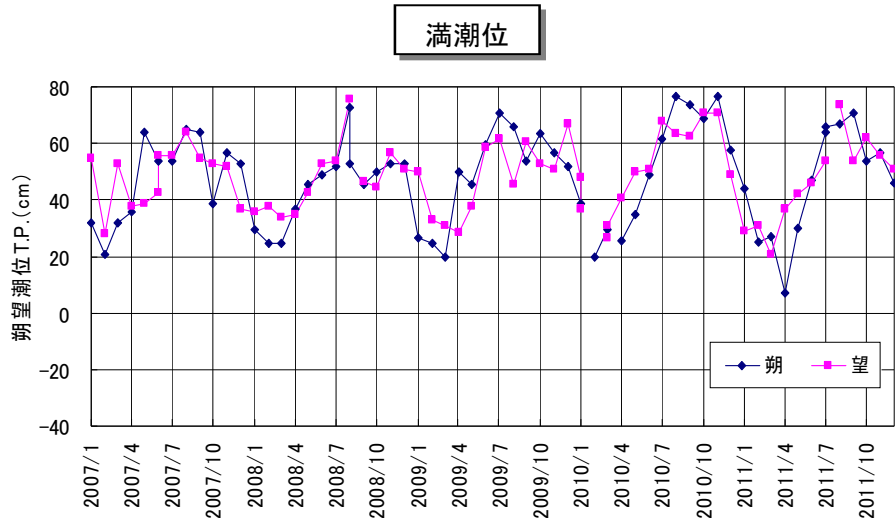


第 2-1-1 図 高浜発電所における潮位観測地点の位置図

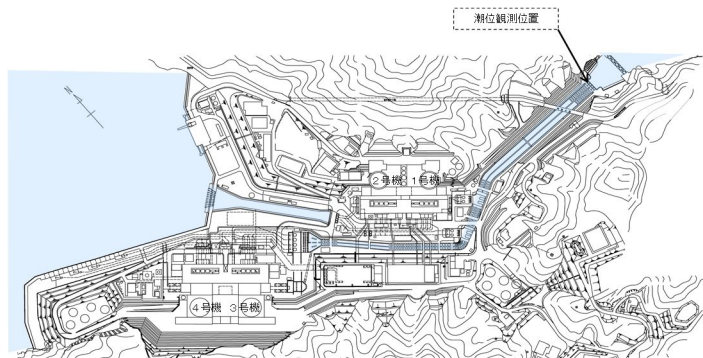
第 2-1-1 表 朔望平均満干潮位に関するデータ分析

	満潮位	干潮位
最大値	T. P. +0.77m	T. P. +0.43m
平均値	T. P. +0.49m	T. P. -0.01m
最小値	T. P. +0.07m	T. P. -0.36m
標準偏差	0.15m	0.17m

観測地点「舞鶴」、気象庁ホームページ（分析対象期間：2007 年 1 月～2011 年 12 月）

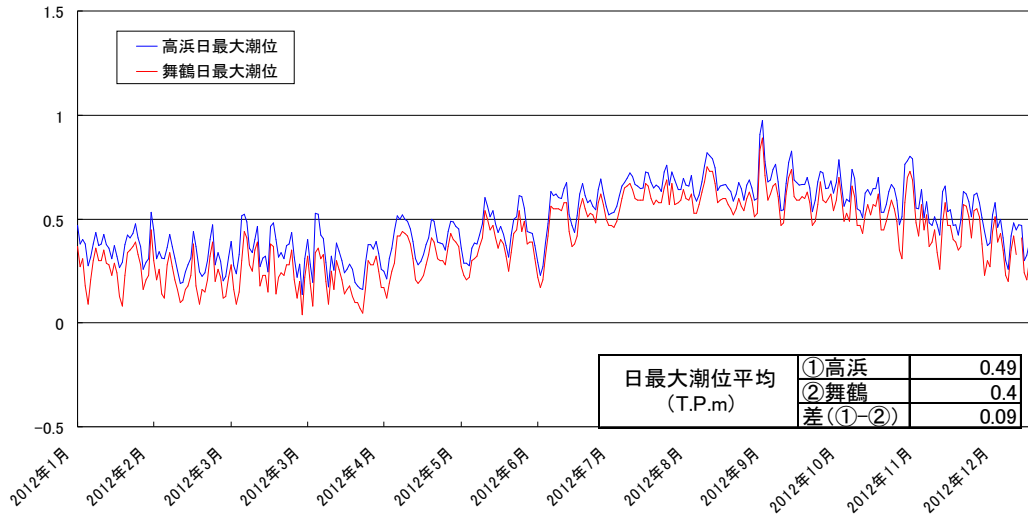


第 2-1-2 図 観測地点舞鶴検潮所における潮位の推移

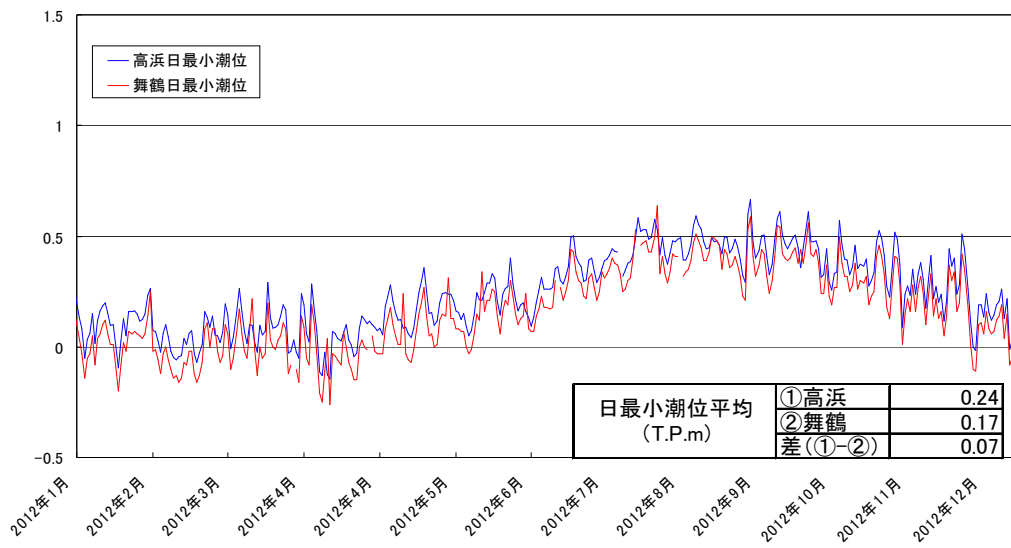


第 2-1-3 図 高浜発電所における潮位観測地点の位置図

日最大潮位



日最小潮位

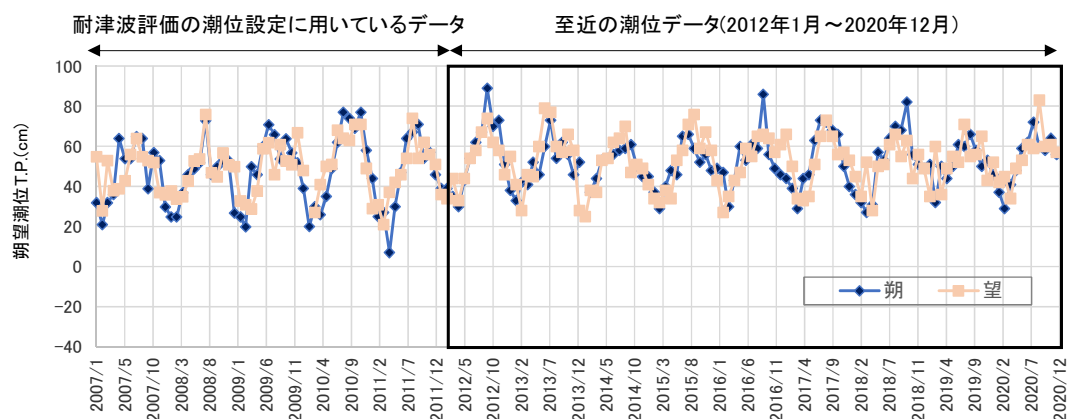


第 2-1-4 図 高浜発電所と観測地点舞鶴検潮所の日最大潮位・日最小潮位の比較

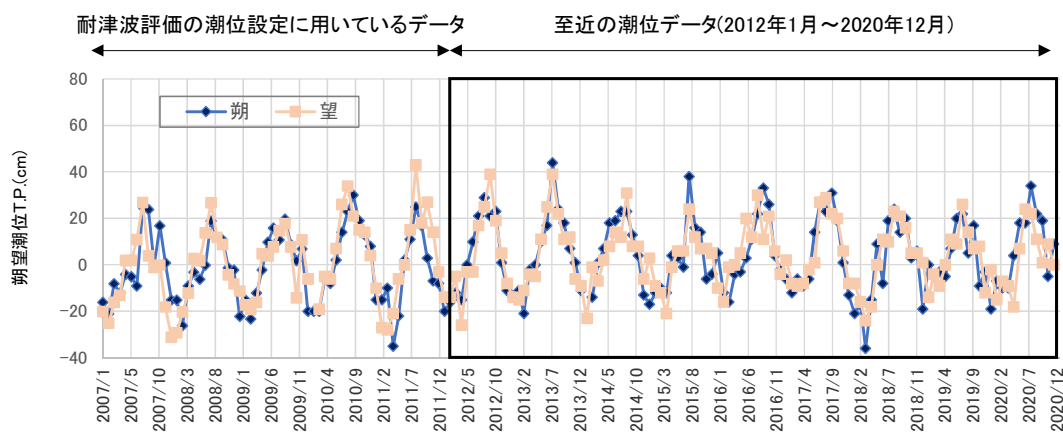
至近の潮位データの整理について

1. 朔望平均潮位について

基準津波の策定における評価期間（2007年1月～2011年12月）に加えて、至近の2020年までの過去14ヵ年（2007年1月～2020年12月）のデータを分析した結果、朔望平均満潮位の平均値はT.P.+0.51m、朔望平均干潮位の平均値はT.P.+0.03m、標準偏差は満潮位で0.14m、干潮位で0.16mとなった。過去5ヵ年（2007年1月～2011年12月）のデータ分析結果と比較した結果を図-1及び表-1に示す。表-1より、至近の2020年までのデータを追加した場合でも、潮位のばらつき（標準偏差）はほぼ同等であることを確認した。



(a) 満潮位



(b) 干潮位

図-1 各月の朔望平均満干潮位の推移

(観測地点「舞鶴」、気象庁ホームページ(対象期間：2007年1月～2020年12月))

表-1 データ分析結果の比較（朔望平均満干潮位）

	満潮位		干潮位	
	過去5ヵ年 (2007年1月～ 2011年12月)	過去14ヵ年 (2007年1月～ 2020年12月)	過去5ヵ年 (2007年1月～ 2011年12月)	過去14ヵ年 (2007年1月～ 2020年12月)
最大値	T. P. +0.77m	T. P. +0.89m	T. P. +0.43m	T. P. +0.44m
平均値	T. P. +0.49m	T. P. +0.51m	T. P. -0.01m	T. P. +0.03m
最小値	T. P. +0.07m	T. P. +0.07m	T. P. -0.36m	T. P. -0.37m
標準偏差	0.15m	0.14m	0.17m	0.16m

2. 高潮ハザードについて

高浜発電所の耐津波評価においては、舞鶴検潮所における43年（1969年～2011年）の潮位観測記録に基づき高潮発生状況を確認し、高潮ハザードとして、プラント運転期間を超える再現期間100年に対する期待値 T. P. +1.13m を外郭防護の裕度評価において参照している。

上記の高潮ハザードに対して、図-1 のとおり、至近（2012年～2020年）の潮位観測記録を追加した上で再現期間100年に対する期待値を算出した結果を表-1 及び図-2 に示す。表-1 及び図-2 のとおり、至近の2020年までのデータを追加した場合でも、再現期間100年に対する期待値はほぼ同等であることを確認した。

順位	最高潮位 (T.P.m)	発生年月日	発生要因
1	0.929	1998年9月22日	台風8号
2	0.895	1972年9月16日	台風20号
3	0.889	2012年9月19日	台風16号
4	0.859	2016年8月31日	台風12号
5	0.847	1980年10月26日	低気圧
6	0.838	2004年8月20日	台風15号
7	0.829	2013年8月31日	台風17号
8	0.829	2020年9月4日	台風10号
9	0.819	2018年10月7日	低気圧
10	0.807	1986年8月30日	台風13号

図-1 舞鶴検潮所における年最高潮位上位10位と発生要因
(追加した2012年～2020年の潮位観測記録のうち、上位10位以内を代表して示す)

表-1 再現期間100年に対する期待値の比較

1969年～2011年 (①)	1969年～2020年 (①+至近データを追加)
T. P. +1.13m	T. P. +1.16m

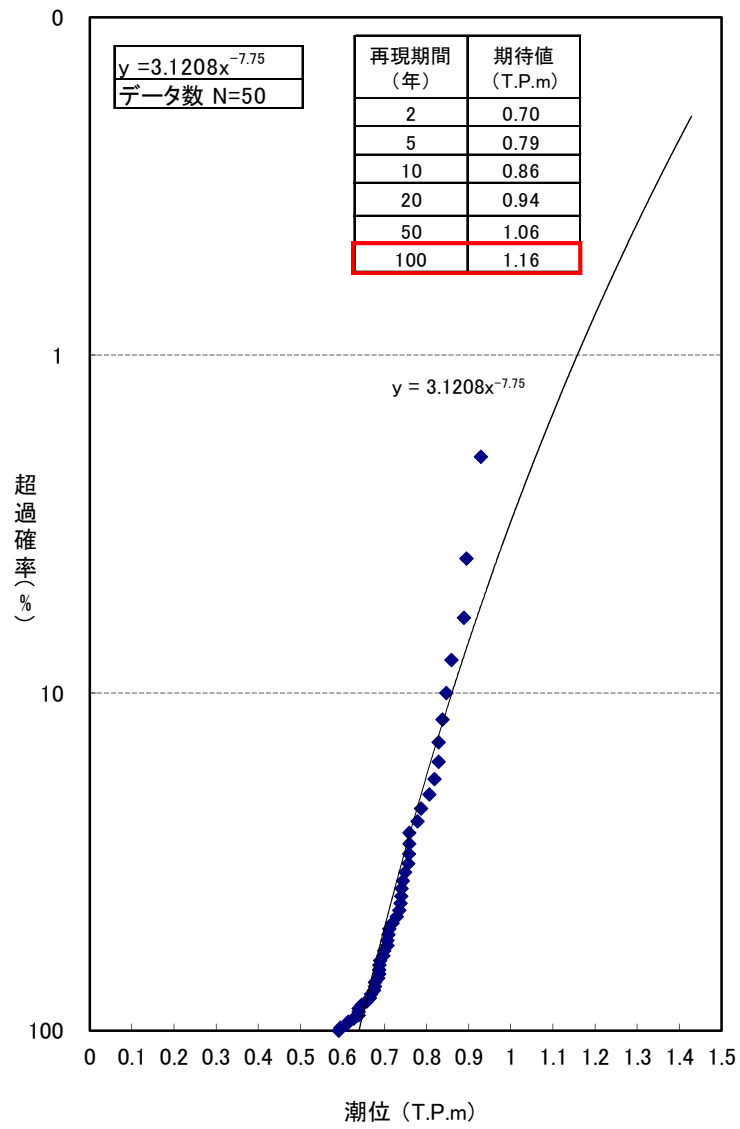


図-1 舞鶴検潮所における最高潮位の超過発生確率 (1969年～2020年)

2.2 港湾内の局所的な海面の励起について

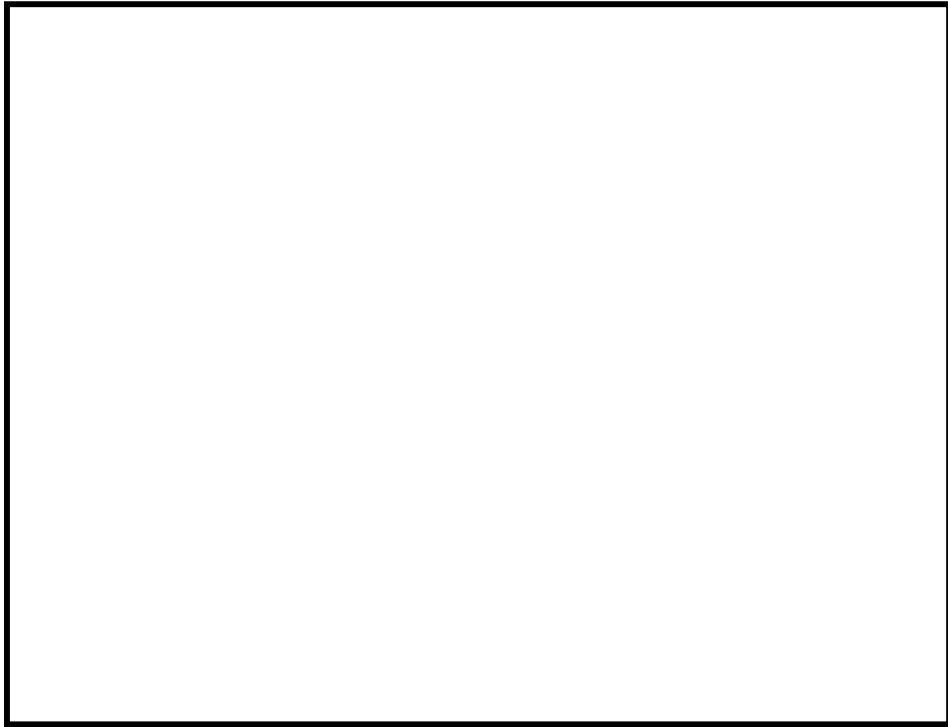
第 2-2-1 図～第 2-2-4 図に基準津波 1、2、3 及び 4 による最大水位上昇量分布を、第 2-2-5 図～第 2-2-14 図に取水口側及び放水口側での時刻歴波形の地点別比較を示す。

第 2-2-1 図～第 2-2-4 図に示すとおり、発電所周辺での最大水位上昇量や水位の分布傾向に大きな差異はなく、取・放水口近傍の局所的な励起は生じていない。

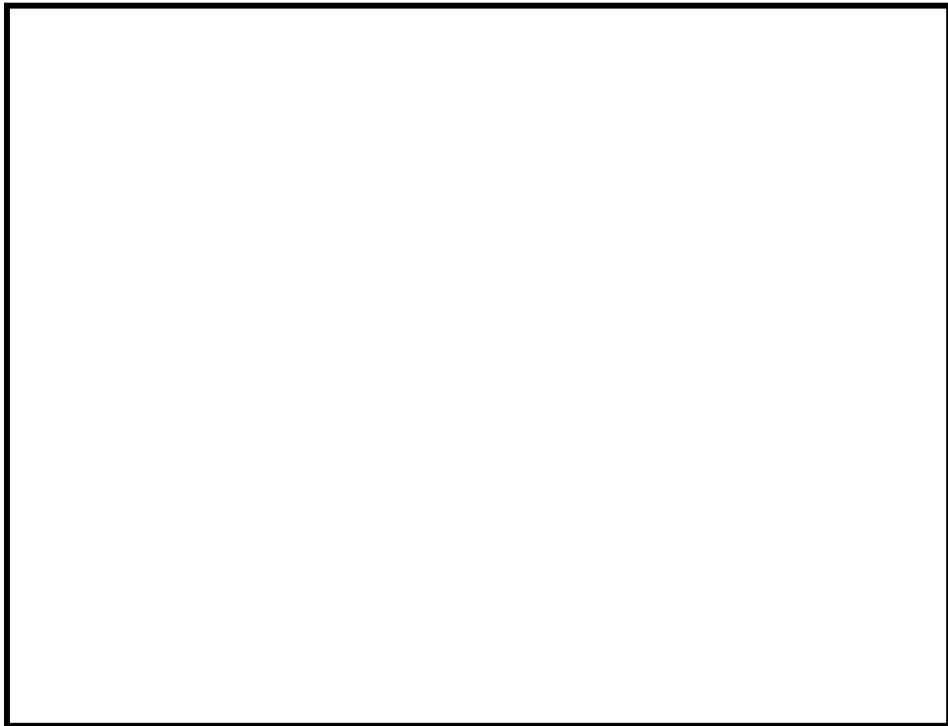
次に、第 2-2-5 図～第 2-2-14 図は津波の伝播経路を考慮し、基準津波 1、3 及び 4 については①取水口前面→②取水路防潮ゲート前面、及び①'放水口前面→②'放水路（奥）の時刻歴波形をそれぞれ重ね合わせている。また、基準津波 2 については①取水口前面→②3,4 号機循環水ポンプ室前面、及び①'放水口前面→②'放水路（奥）の時刻歴波形をそれぞれ重ね合わせている。

基準津波 1、2、3 及び 4 とともに、外海に面した①、①'と開水路最奥部となる②、②'の時刻歴波形を比較した結果、①、①'に比べて全振幅が若干大きくなる程度で、周期特性や時間の経過に伴う津波の減衰傾向に大差はなく、湾内の固有周期との共振による特異な増幅は生じていない。

また、1 号機及び 2 号機海水ポンプ室については、管路（非常用海水路）を通じて、3、4 号機海水ポンプ室については、管路（海水取水トンネル及び海水路）を通じて取水経路とつながっていることから他の評価点と水理特性が異なるが、第 2-2-7 図、第 2-2-9 図及び第 2-2-10 図に示すとおり、基準津波 2 の時刻歴波形について、3、4 号機循環水ポンプ室とほぼ同様の傾向を示すことを確認している。



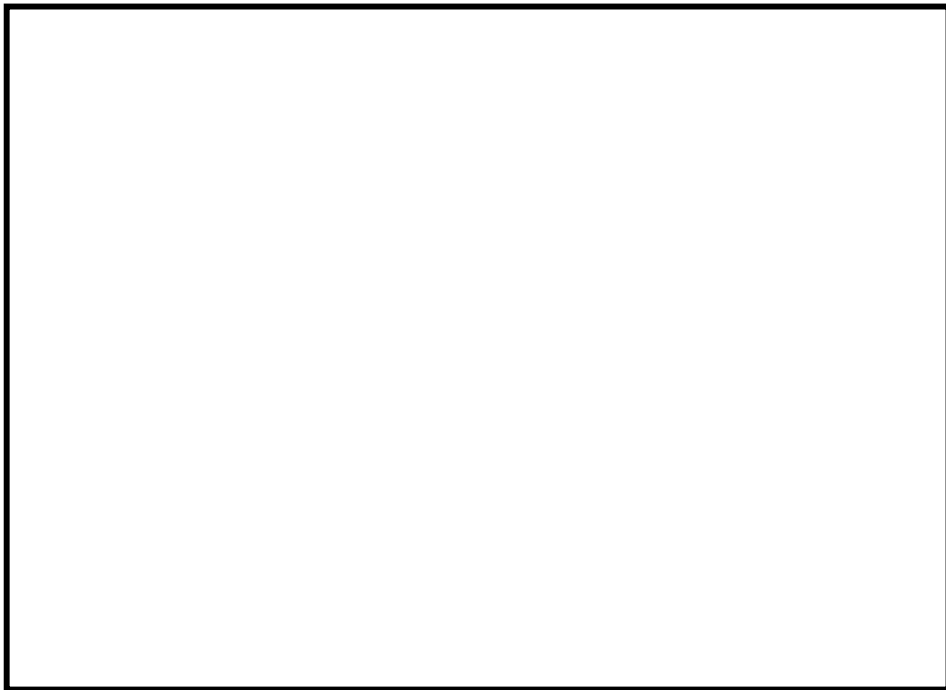
第 2-2-1 図 最大水位上昇量分布図 (基準津波 1)



第 2-2-2 図 最大水位上昇量分布図 (基準津波 2)



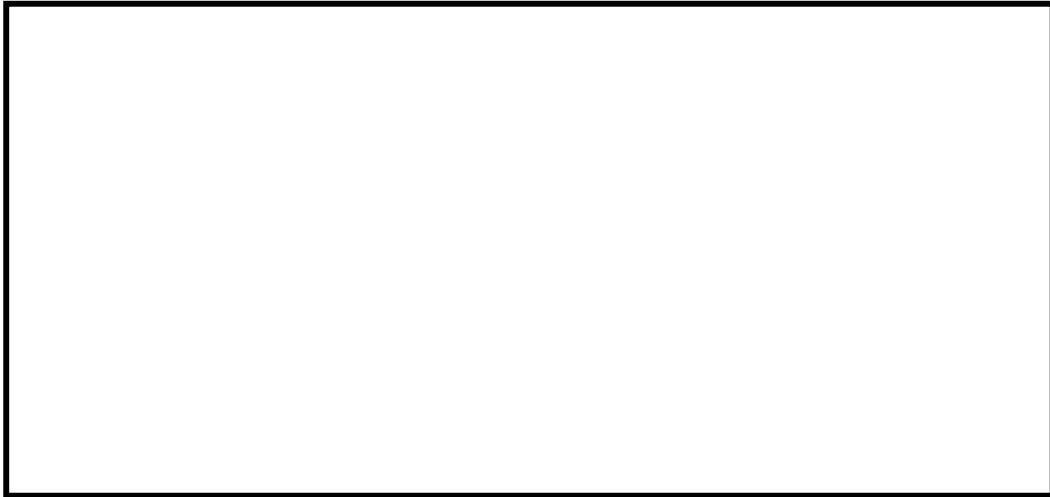
第 2-2-3 図 最大水位上昇量分布図（基準津波 3）



第 2-2-4 図 最大水位上昇量分布図（基準津波 4）



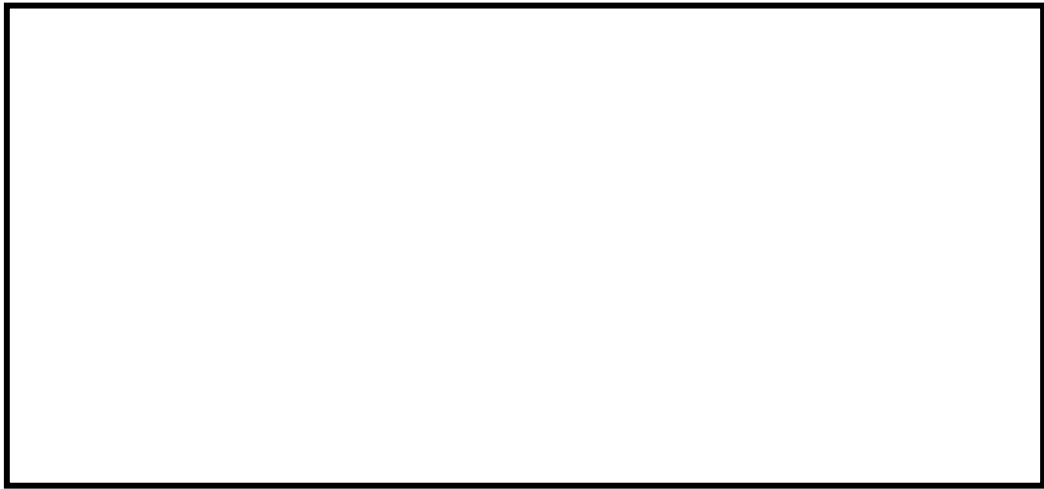
第 2-2-5 図 基準津波 1 における取水口前面及び取水路防潮ゲート前面の時刻歴波形



第 2-2-6 図 基準津波 1 における放水口前面及び放水路（奥）の時刻歴波形



第 2-2-7 図 基準津波 2 における取水口前面及び 3, 4 号機循環水ポンプ室前の時刻歴波形



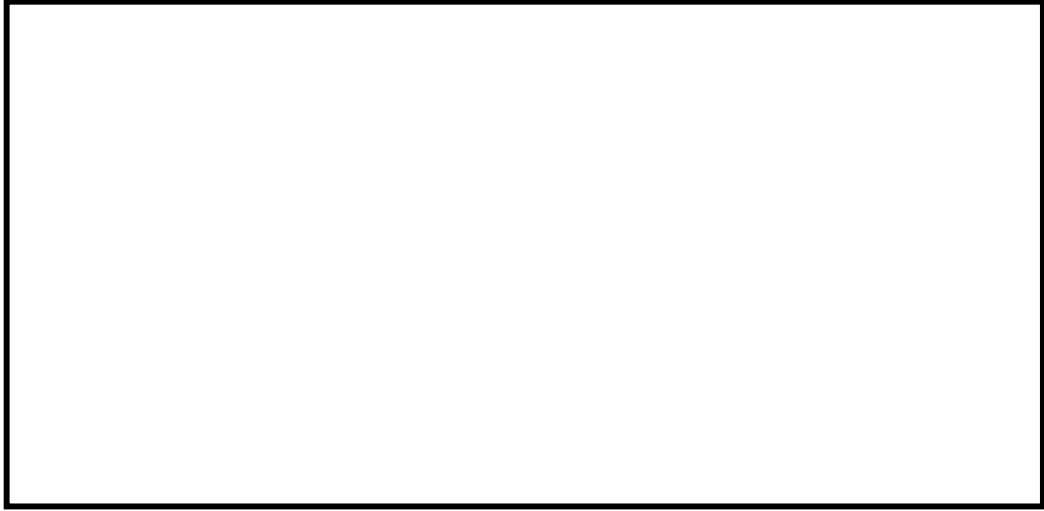
第 2-2-8 図 基準津波 2 における放水口前面と放水路（奥）の時刻歴波形



第 2-2-9 図 基準津波 2 における取水口前面、1 号機及び 2 号機海水ポンプ室前面の時刻歴波形



第 2-2-10 図 基準津波 2 における取水口前面、3, 4 号機海水ポンプ室前面の時刻歴波形



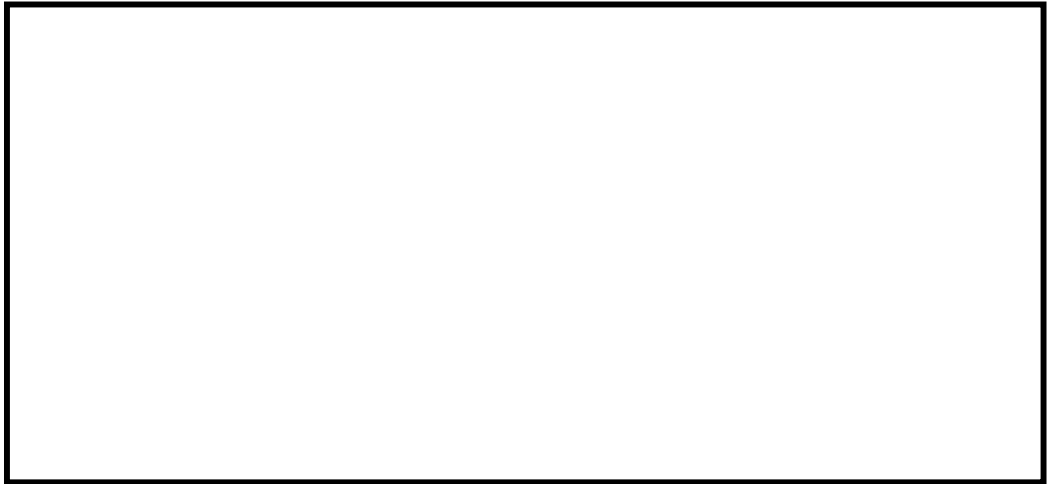
第 2-2-11 図 基準津波 3 における取水口前面及び取水路防潮ゲート前面の時刻歴波形



第 2-2-12 図 基準津波 3 における放水口前面及び放水路（奥）の時刻歴波形



第 2-2-13 図 基準津波 4 における取水口前面及び取水路防潮ゲート前面の時刻歴波形



第 2-2-14 図 基準津波 4 における放水口前面及び放水路（奥）の時刻歴波形

2.3 管路解析のモデルについて

基準津波の選定において、津波に伴う水位変動の評価は、非線形長波理論に基づき、差分スキームとして Staggered Leap-frog 法を採用した平面二次元モデルによる津波シミュレーションプログラムを用いて実施した。

津波シミュレーションに用いる数値計算モデルについては、各海水ポンプ室までの水理特性を考慮した詳細格子分割の数値計算モデル（以下「詳細数値計算モデル」という。）を基本とし、パラメータスタディや津波ハザード評価の計算には、取水口及び放水口の前面で完全反射条件とした概略数値計算モデルを用いた。

計算上考慮している水深分布図を第 2-3-1 図に、概略数値計算モデルの計算条件及び計算モデルを第 2-3-1 表と第 2-3-2 図に、詳細数値計算モデルの計算条件及び計算モデルを第 2-3-2 表と第 2-3-3 図に示す。また、津波シミュレーションによる津波水位評価点の位置を第 2-3-4 図に示す。

また、取水路内に設置した取水路防潮ゲート及び放水路付近の敷地を囲むように設置した防潮堤を計算モデルに反映したほか、取水口及び放水口付近の陸側境界条件について陸上遡上を考慮し、取水口及び放水口のカーテンウォールについては、本間公式及び土木研究所（1996）による計算式から、越流量及び開口部通過流量を計算した（第 2-3-5 図、第 2-3-6 図）。

さらに、2 系列ある取水路の防潮ゲートについては、遠隔操作によるゲート閉止に必要な時間を考慮して、閉止時間前に第 1 波のピークが到達する津波に対しては「開」の条件を設定した。また、構内の 2 台の潮位観測システム（防護用）による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 以上下降した場合には、取水路防潮ゲート「開→閉」とする条件を設定した。

なお、防潮ゲート「開」時の開口部より上部については、計算上カーテンウォールとして取り扱った。

1 号機及び 2 号機海水ポンプ室の取水経路の一部である非常用海水路並びに 3, 4 号機海水ポンプ室の取水経路の一部である海水路及び海水取水トンネルについては、平面二次元モデルによる津波シミュレーションに仮想スロットモデルによる一次元不定流計算を接続して検討を行った（第 2-3-7 図）。

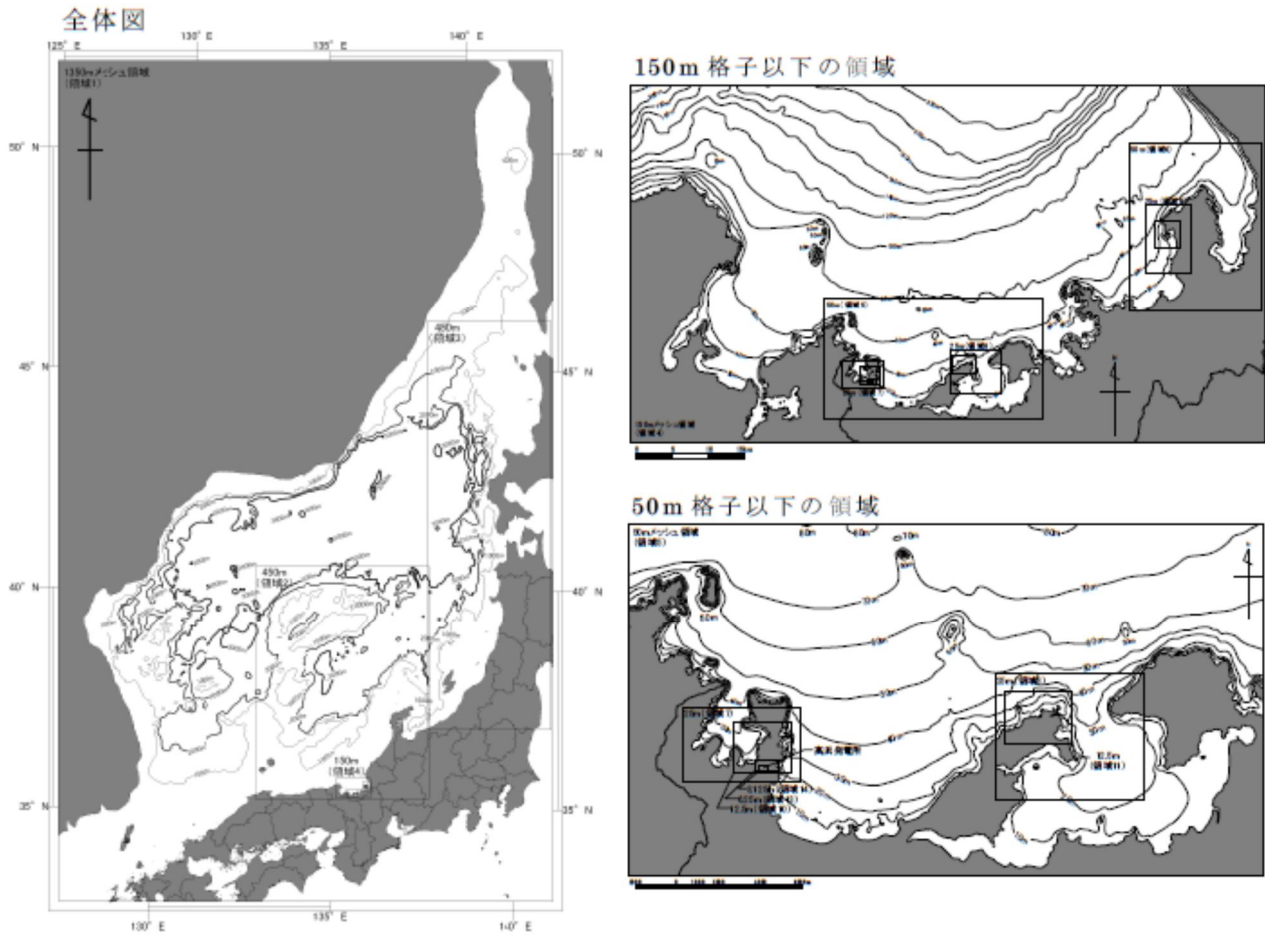
第 2-3-1 表 津波シミュレーションの概略計算手法および計算条件

設定項目		設定値	
津波計算	基礎方程式	非線形長波理論式及び連続式（後藤・小川(1982) ⁽⁹⁾ ）	
	変数配置および差分スキーム	Staggered Leap-frog 法	
計算条件等	計算領域	対馬海峡から間宮海峡に至る東西方向約 1,500km, 南北方向約 2,000km	
	空間格子間隔	1,350m→450m→150m→50m→25m→12.5m	
	時間格子間隔 [※]	0.3 秒 安定条件（CFL 条件）を十分満足するように設定	
	初期条件	断層モデルを用いて、Mansinha and Smylie(1971) ⁽¹⁰⁾ の方法により計算される海底面の鉛直変位分布を初期条件とする。	
	境界条件	沖側境界	特性曲線法をもとに誘導される自由透過の条件（後藤・小川(1982) ⁽⁹⁾ ）
		陸域境界	完全反射条件（発電所敷地については遡上境界）
	海底摩擦	マンニングの粗度係数 $n=0.030$ （土木学会(2016) ⁽⁸⁾ ）	
	水平渦動粘性係数	$0\text{m}^2/\text{s}$	
	計算時間	3.0 時間（日本海東縁部のケースは 6.0 時間）	
計算潮位	T.P. <input type="text"/> m		
津波水位評価		cm を切り上げ、10cm 単位で評価	

第 2-3-2 表 津波シミュレーションの詳細計算手法および計算条件

設定項目		設定値	
津波計算	基礎方程式	非線形長波理論式及び連続式 (後藤・小川(1982) ⁽⁹⁾)	
	変数配置および差分スキーム	Staggered Leap-frog 法	
計算条件等	計算領域	対馬海峡から間宮海峡に至る東西方向約 1,500km, 南北方向約 2,000km	
	空間格子間隔	1,350m→450m→150m→50m→25m→12.5m→6.25m→3.125m	
	時間格子間隔※	地震	0.05 秒 (取水路防潮ゲート開時は 0.025 秒)
		海底地すべり	0.05 秒 (取水路防潮ゲート開時は 0.025 秒)
		陸上地すべり	0.025 秒
	初期条件	地震	断層モデルを用いて、Mansinha and Smylie(1971) ⁽¹⁰⁾ の方法により計算される海底面の鉛直変位分布を初期条件とする
		海底地すべり	(Watts 他 の 予 測 式) Grilli and Watts(2005) ⁽³⁷⁾ 及び Watts et al.(2005) ⁽³⁸⁾ の 予 測 式 により 計算 される 初期 水位 分布 を 初期 条件 とす る。 (Kinematic モデルによる方法) Kinematic モデルによる方法を用いて算出される時間刻みあたりの地形変化量が、海面水位と海底地形にそのまま反映されるものとする。
		陸上地すべり	(Watts 他による方法) Fritz et al.(2009) ⁽⁴¹⁾ による波源振幅予測式を用いた Grilli and Watts(2005) ⁽³⁷⁾ 及び Watts et al.(2005) ⁽³⁸⁾ による予測式により計算される初期水位分布を初期条件とする。 (運動学的手法) 土砂崩壊シミュレーションによる時間刻みあたりの地形変化量が、海面水位と海底地形にそのまま反映されるものとする。
	境界条件	沖側境界	特性曲線法をもとに誘導される自由透過の条件 (後藤・小川(1982) ⁽⁹⁾)
		陸域境界	完全反射条件 (発電所敷地については遡上境界)
	海底摩擦	マニングの粗度係数 $n=0.030$ (土木学会(2016) ⁽⁸⁾)	
	水平渦動粘性係数	$0\text{m}^2/\text{s}$	
	計算時間	3.0 時間 (日本海東縁部のケースは 6.0 時間)	
	計算潮位	水位上昇側 T.P. <input type="text"/> m、水位下降側 T.P. <input type="text"/> m	
評価潮位	水位上昇側 T.P. <input type="text"/> m、水位下降側 T.P. <input type="text"/> m 気象庁・舞鶴検潮所のデータによる(2007年1月~2011年12月の5箇年)		
津波水位評価	cm を切り上げ、10cm 単位で評価		

※安定条件(CFL 条件)を十分満足するように設定



第 2-3-1 図 水深分布図

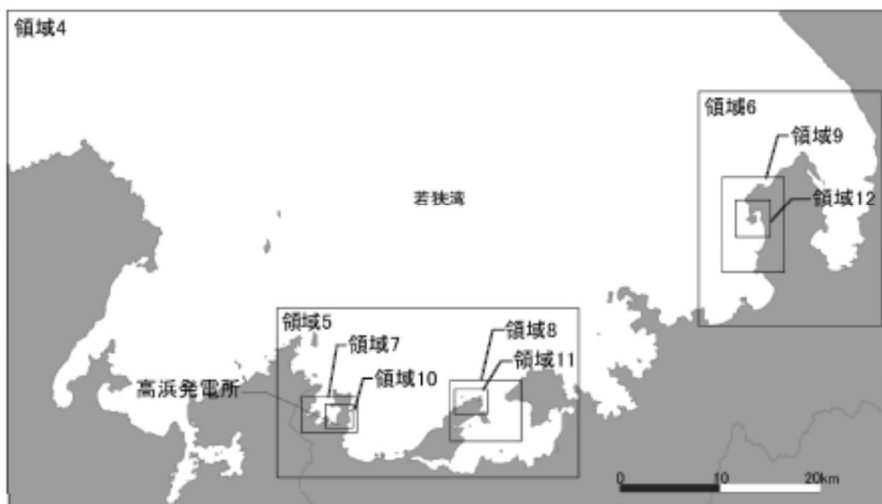


領域番号	空間格子間隔 $\Delta x(\text{m})$	最大水深 $h_{\text{max}}(\text{m})$	CFL条件を満たす $\Delta t(\text{sec})$ ※1
1	1350	3800	4.95
2,3	450	3700	1.67
4	150	240	2.19
5,6	50	90	1.19
7,8,9	25	80	0.63
10,11,12	12.5	60	0.36

※1)

$$\Delta t \leq \frac{\Delta x}{\sqrt{2gh_{\text{max}}}}$$

ここに、
 Δx : 空間格子間隔
 Δt : 時間格子間隔
 h_{max} : 最大水深
 g : 重力加速度



第 2-3-2 図 概略津波計算モデル（津波伝播計算領域及び空間格子間隔）



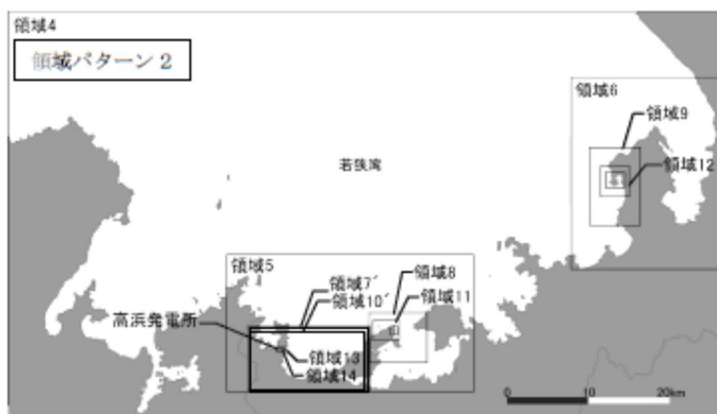
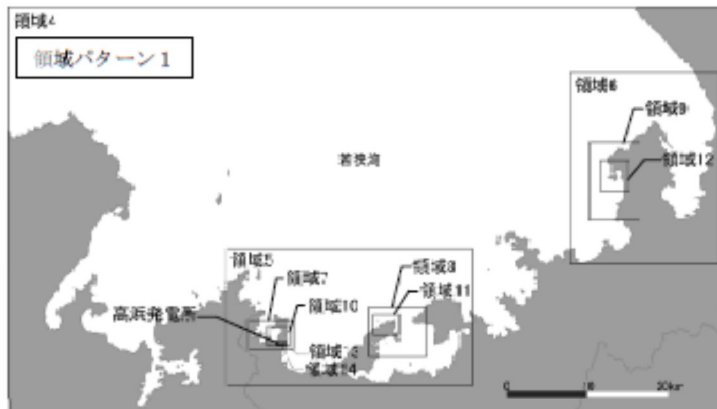
領域番号	空間格子 間隔 Δx (m)	最大 水深 h_{max} (m)	CFL条件 を満たす Δt (sec) ^{※1}
1	1350	3800	4.95
2,3	450	3700	1.67
4	150	240	2.19
5,6	50	90	1.19
7or7 ^{※2} ,8,9	25	80	0.63
10or10 ^{※2} ,11,12	12.5	60	0.36
13	6.25	10	0.44
14	3.125	10	0.22

※1)

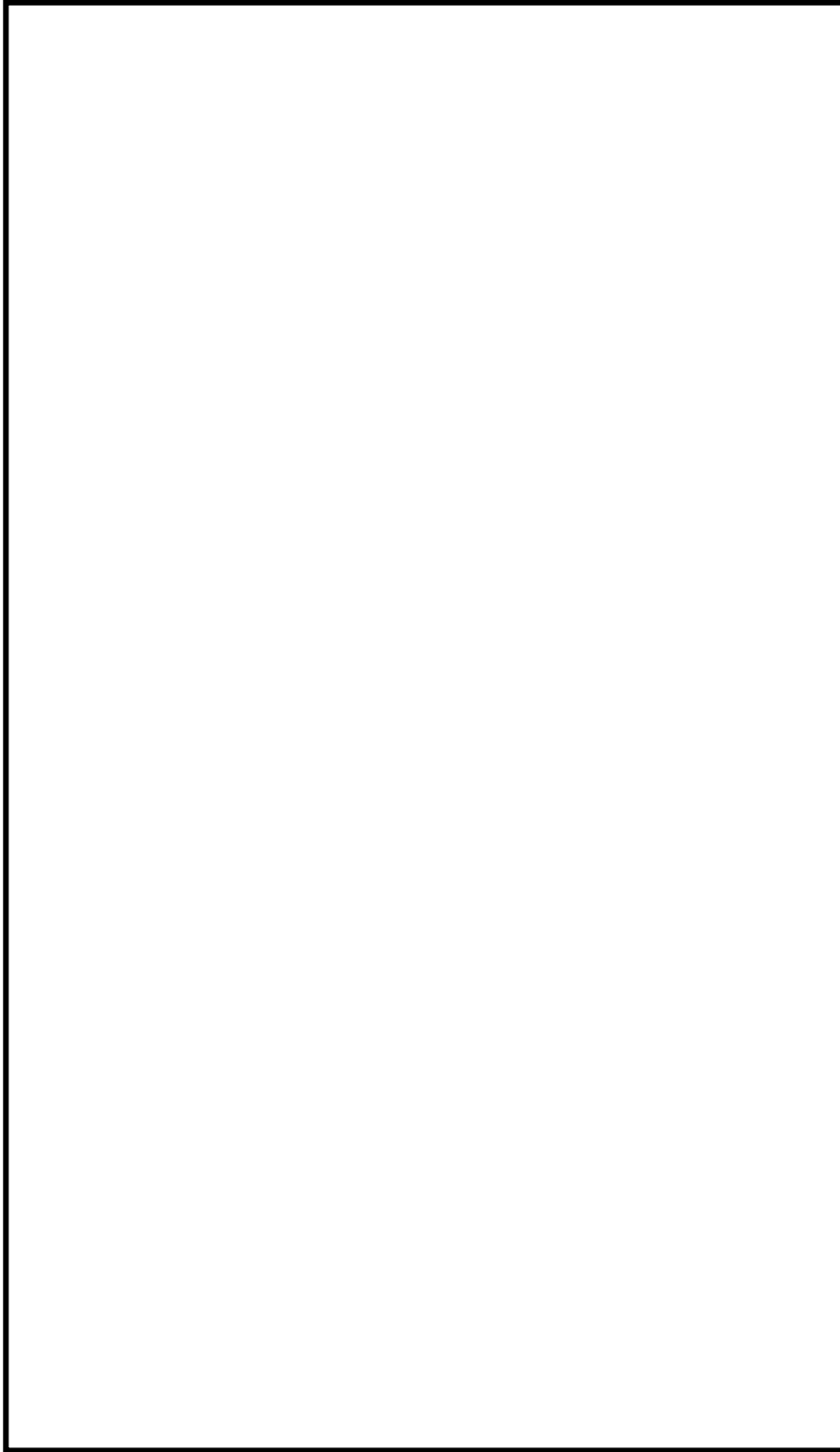
$$\Delta t \leq \frac{\Delta x}{\sqrt{2gh_{max}}}$$

ここに、
 Δx : 空間格子間隔
 Δt : 時間格子間隔
 h_{max} : 最大水深
 g : 重力加速度

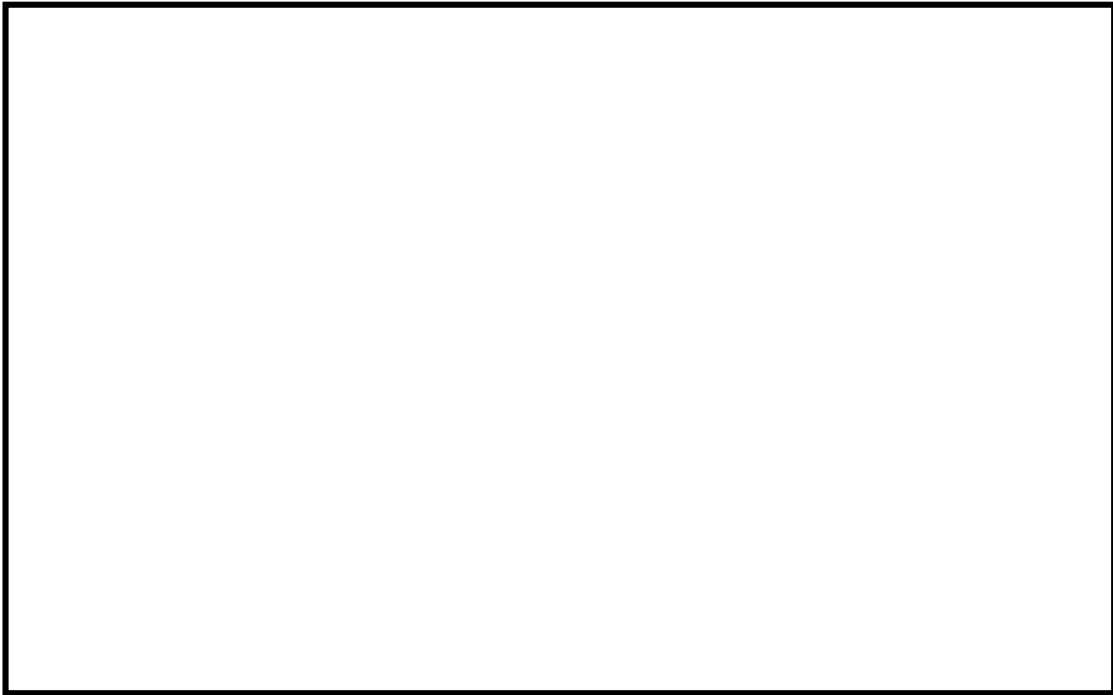
※2) PO-A~PO-B断層~箱川断層、陸上地すべりの計算時には7'及び10' (領域パターン2) を用いている。



第 2-3-3 図 詳細津波計算モデル (津波伝播計算領域及び空間格子間隔)



第 2-3-4 図 詳細津波計算モデル (敷地内)

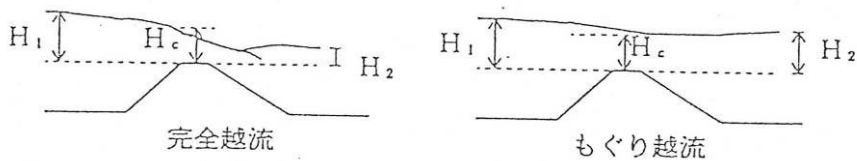


越流量の計算方法(本間公式)

- 高浜発電所の構造物(カーテンウォール、隔壁、角落し)については、水位がその天端を超える場合に本間公式を用いて越流量を計算する。
- 天端高を基準とした防波堤前後の水深を H_1 、 H_2 ($H_1 > H_2$) としたとき、線流量 Q は次式に示すとおりである。

$$Q = 0.35 H_1 \sqrt{2gH_1} \quad ; \quad H_2 \leq 2H_1/3 \quad (\text{完全越流})$$

$$Q = 0.91 H_1 \sqrt{2g(H_1 - H_2)} \quad ; \quad H_2 > 2H_1/3 \quad (\text{もぐり越流})$$

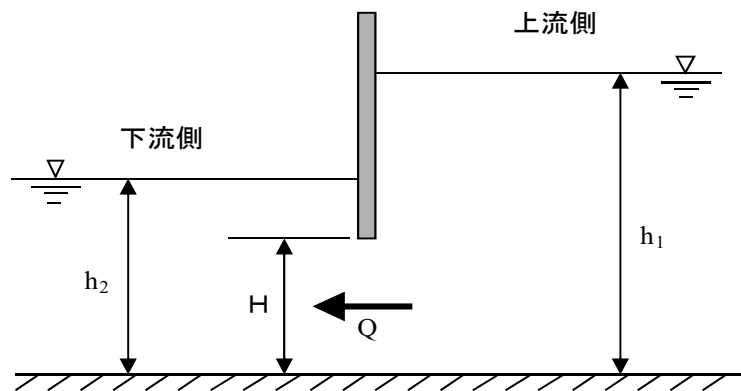


第 2-3-5 図 取水口及び放水口のカーテンウォール(1/2)

カーテンウォールの通過流量の計算方法(土木研究所(1996)の計算式)

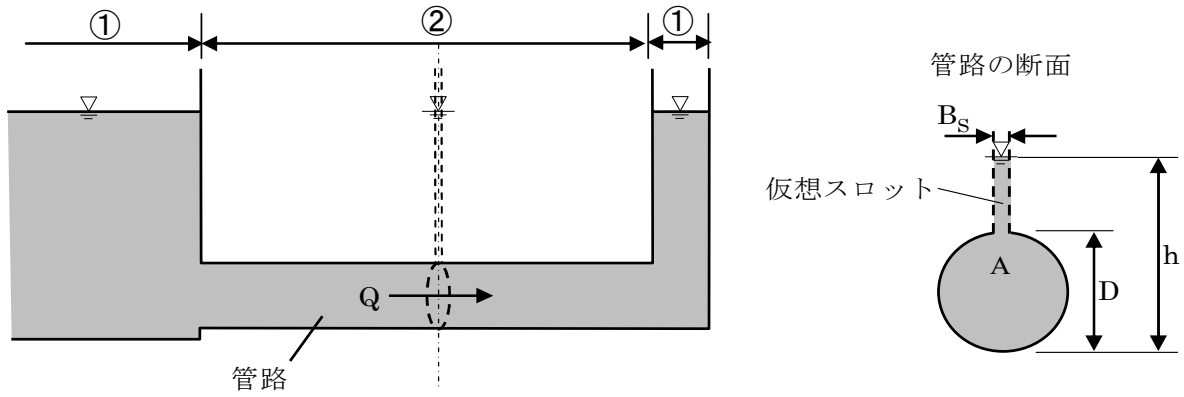
- 高浜発電所のカーテンウォールを通過する流量は、ゲートからの流出量算定式として、一般によく用いられる土木研究所(1996)の計算式により求めるものとする。
- なお、津波がカーテンウォールの天端を超える場合には、本間公式から求まる越流量を加算する。

	水位の関係		計算式	流量 係数 C
①	$h_2 \geq H$	$h_1 < \frac{3}{2}H$	自由流出： $Q = CBh_2 \sqrt{2g(h_1 - h_2)}$ ただし、 $\frac{h_1}{h_2} \geq \frac{3}{2}$ の場合は $h_2 = \frac{2}{3}h_1$ とする	0.79
②		$h_1 \geq \frac{3}{2}H$	中間流出： $Q = CBH \sqrt{2gh_1}$	0.51
③	$h_2 < H$		潜り流出： $Q = CBH \sqrt{2g(h_1 - h_2)}$	0.75



h_1 、 h_2 : 施設前後の水位 (m) H : 開口部高さ (m) Q : 流量 (m^3/s)
 B : 開口幅 (m) C : 流量係数 g : 重力加速度 (m/s^2)

第 2-3-6 図 取水口及び放水口のカーテンウォール (2/2)



管路部の計算条件

計算条件	条件設定
スクリーン損失	・海水ポンプ室内のスクリーン損失については考慮しない
貝付着	・貝の付着を考慮した粗度係数を採用 (粗度係数: $n=0.02$)
海水ポンプの 運転条件	・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

第 2-3-7 図 仮想スロットモデルによる一次元不定流計算手法 (1/2)

①開水路の連続式及び運動方程式

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + f_c \frac{MQ}{D^2} = 0$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + f_c \frac{NQ}{D^2} = 0$$

ここに、 η : 水面の鉛直変位量,
 $D = \eta + h$, h : 静水深,
 $M = uD$, $N = vD$, (u, v) : (x, y) 方向の流速,
 $Q = \sqrt{M^2 + N^2}$, g : 重力加速度,
 $f_c = gn^2 D^{-1/3}$, n : マニングの粗度係数

②管路の連続式及び運動方程式

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

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + g \frac{\partial M}{\partial x} = gA(s_0 - s_f)$$

ここに、 $A = A_0 + B_s(h - D)$, $B_s = \frac{gA_0}{a^2}$, $M = \frac{Q^2}{gA} + h_G A \cos \theta$, $S_0 = -\sin \theta = -dz/dx$, $S_f = \frac{n^2 Q |Q|}{R^{4/3} A^2}$,

A : 流水断面積, M : 比力,
 Q : 流量, S_0 : 水路底勾配,
 D : 管径 (円形の場合), S_f : 摩擦勾配,
 B_s : 仮想スロット幅, n : マニングの粗度係数,
 h : 水深(圧力水頭), R : 径深,
 A_0 : 管断面積 (円形の場合 $\pi D^2 / 4$), h_G : 水面から図心までの距離,
 g : 重力加速度,
 a : 圧力伝播速度,

第 2-3-7 図 仮想スロットモデルによる一次元不定流計算手法 (2/2)

2.4 入力津波の不確かさの考慮について

2.4.1 考慮の程度の妥当性についての検討の方針

浸水防護施設の設計においては、以下の2つの不確かさを考慮する。

- ① 入力津波が有する数値計算上の不確かさ
- ② 各施設・設備の機能損傷モードに対応した津波荷重の算定過程に介在する不確かさ

このうち、①の不確かさについては、各施設・設備の設置位置で算定された津波高さを安全側に評価することで考慮している。今回、考慮の程度の妥当性について、数値計算上の不確かさの要因である、地震津波と海底地すべり又は陸上地すべりの組み合わせ、地すべり角度の考慮、地盤変状の考慮並びに設備形状又は管路解析のパラメータスタディを比較することで確認する。

また、②の不確かさについては、津波荷重の算定において、不確かさを考慮した既往の津波波力算定式を使用することで考慮している。今回、考慮の程度の妥当性について、当該サイトの津波条件を踏まえた現実的な津波荷重に対して、適用した算定式による津波荷重がどの程度の余裕を確保しているか検討することで確認する。

2.4.2 検討の対象

第2-4-1表に設備毎の検討の対象範囲を示す。「①入力津波が有する数値計算上の不確かさ」については、全ての設備を対象とする。また「②津波荷重の算定過程に介在する不確かさ」については、設計に津波波力算定式を使用している設備を対象とする。すなわち津波の遡上波が直接作用する、取水路防潮ゲート、放水口側防潮堤、防潮扉が対象となる。

第 2-4-1 表 検討の範囲

設備位置	設備名称	設備区分	不確かさ	
			①	②
取水路	取水路防潮ゲート	津波防護施設	○	○
放水路	放水口側防潮堤		○	○
	防潮扉		○	○
	屋外排水路逆流防止設備		○	—
	1号及び2号機放水ピット止水板		○	—
1号機、2号機 及び3、4号機 海水ポンプ室	潮位観測システム（防護用）※	○	—	
1号機及び2号機 海水ポンプ室	海水ポンプ室浸水防止蓋	浸水防止設備	○	—
1号機及び2号機 循環水ポンプ室	循環水ポンプ室浸水防止蓋		○	—
3、4号機 海水ポンプ室	海水ポンプ室浸水防止蓋		○	—
1号機、2号機 及び3、4号機 海水ポンプ室	潮位計	津波監視設備	○	—
3号機格納施設	津波監視カメラ		○	—
4号機原子炉補助 建屋			○	—

※：潮位観測システム（防護用）のうち潮位検出器

2.4.3 入力津波が有する数値計算上の不確かさについて

(1) 不確かさの要因

入力津波が有する数値計算上の不確かさとして、以下の4つの不確かさ（ばらつき）を考慮する。ここで、④の設備形状の影響については、既工認においては考慮していなかったが、設備の形状が確定し、既に設置されている設備についてはその影響を考慮する。

- ① 地震津波と海底地すべり又は陸上地すべりの組み合わせ
- ② 地すべり角度の考慮
- ③ 地盤変状の考慮
- ④ 設備形状及び管路解析のパラメータスタディ

(2) 不確かさの考慮の程度

不確かさやばらつきを考慮した設備の設置位置における入力津波高さの算定式は以下の式で表される。

入力津波高さ＝基準津波＋朔望平均潮位＋潮位のばらつき＋数値計算上の不確かさ

第2-4-2表に各設備位置における流入、遡上に伴う入力津波高さと、不確かさ及びばらつきの考え方を示す。なお、朔望平均潮位を考慮した入力津波高さの評価は「資料2-2-3 入力津波の設定」による。第2-4-2表に示すとおり、数値計算上の不確かさについては0.24～0.6m程度を考慮している。

第2-4-2表 (1/3) 各設備におけるばらつきの考慮の程度について

設備位置	設備名称	② 流入入力 津波水位	② 遡上入力津波 水位	数値計算上のばら つきの考慮の程度 (最小値)
取水路	取水路防潮ゲート		—	0.6m
放水路	放水口側防潮堤		—	0.44m
	屋外排水路 逆流防止設備			
	1号及び2号機 放水ピット止水板			
	防潮扉	—		0.41m

第2-4-2表 (2/3) 各設備におけるばらつきの考慮の程度について

設備位置	設備名称	③ 流入入力 津波水位	② 遡上入力津波 水位	数値計算上のばら つきの考慮の程度 (最小値)
1号機 海水ポンプ室	潮位観測システム (防護用) ※		—	0.49m
2号機 海水ポンプ室			—	0.46m
3, 4号機 海水ポンプ室			—	0.24m
1号機 海水ポンプ室	海水ポンプ室 浸水防止蓋		—	0.49m
1号機 循環水ポンプ室	循環水ポンプ室 浸水防止蓋		—	
2号機 海水ポンプ室	海水ポンプ室 浸水防止蓋		—	0.46m
2号機 循環水ポンプ室	循環水ポンプ室 浸水防止蓋		—	

※：潮位観測システム（防護用）のうち潮位検出器

第2-4-2表 (3/3) 各設備におけるばらつきの考慮の程度について

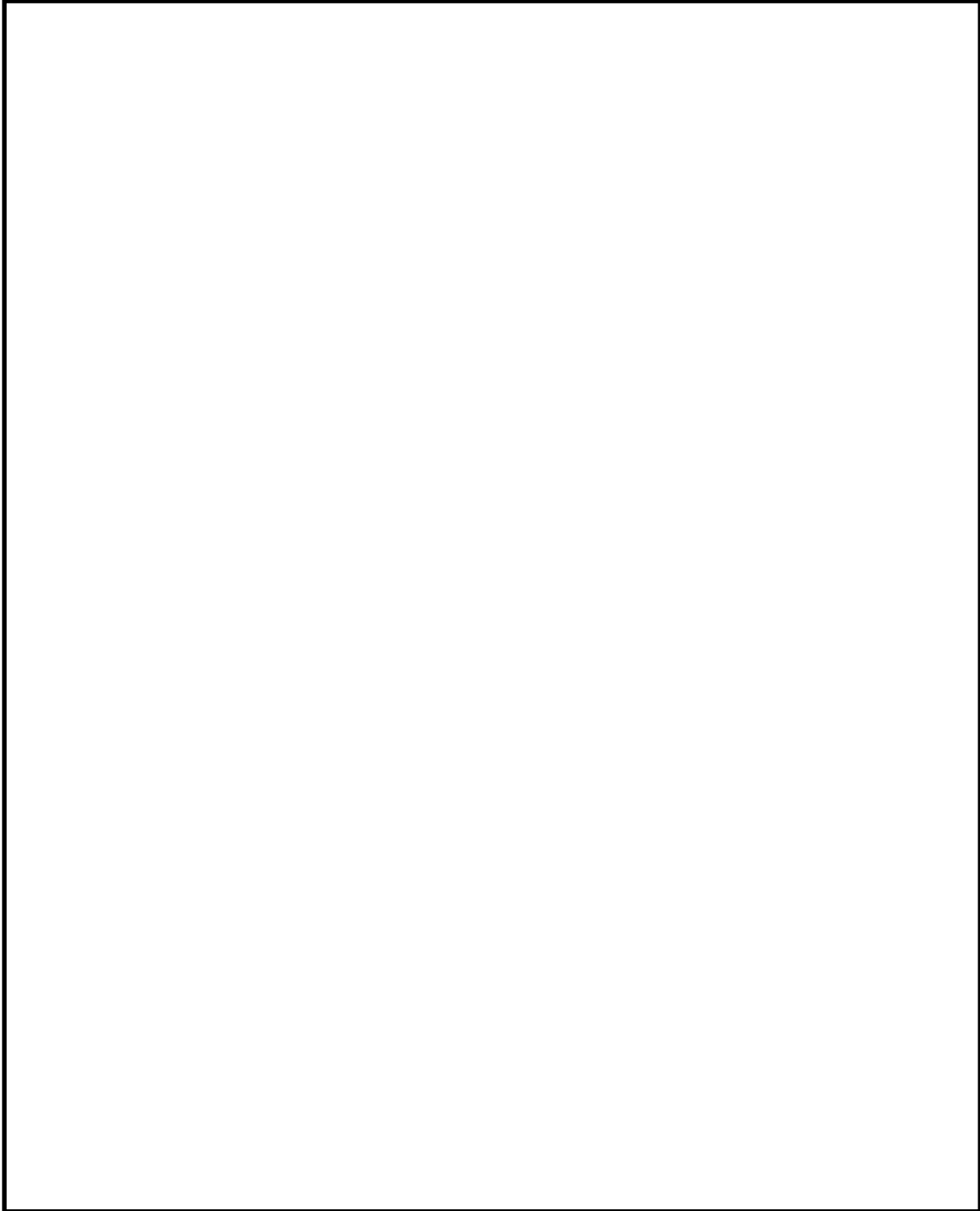
設備位置	設備名称	④ 流入入力 津波水位	② 遡上入力津波 水位	数値計算上のばら つきの考慮の程度 (最小値)
3, 4号機 海水ポンプ室	海水ポンプ室 浸水防止蓋		—	0.24m
1号機 海水ポンプ室	潮位計		—	0.49m
2号機 海水ポンプ室			—	0.46m
3, 4号機 海水ポンプ室			—	0.24m

(3) 不確かさが与える影響

a. 地震津波と海底地すべり又は陸上地すべりの組み合わせ

基準津波では、若狭海丘列付近断層と隠岐トラフ海底地すべりの組合せ及びF O - A ~ F O - B ~ 熊川断層と陸上地すべりとの組合せとして、断層と地すべりによる初期水位を同一の伝播計算上で考慮した一体計算の結果としているが、入力津波としては、計算手法のばらつきとして各波源及び地すべりの単体組合せを考慮する。

第 2-4-3 表 単体組合せと一体計算



b. 地すべり角度の考慮

日本海における大規模地震に関する調査検討会においては、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、津波水位評価にあたっては、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2-4-4表）。

第2-4-4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

--

c. 地盤変状の考慮

放水口側については、放水口側防潮堤周辺における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2-4-5表)。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しないことから、基準津波1の波源のみで検討した。

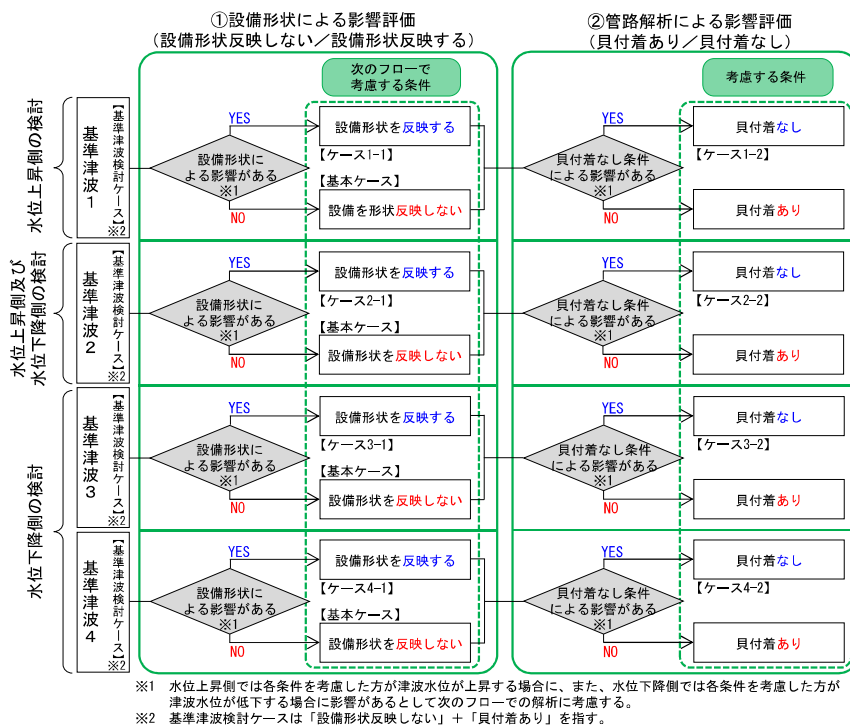
第2-4-5表 地盤変状を考慮した津波水位結果

--

d. 設備形状又は管路解析のパラメータスタディ

取水口側については、設備形状による影響及び管路解析による影響を考慮し、津波水位を評価した。取水口側の影響評価は、基準津波1、2、3及び4で検討する。

影響評価の検討フローを第2-4-1図に示す。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、より保守的な津波水位となる場合(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2-4-1図 影響評価検討フロー

①設備形状による影響評価

設備形状による影響評価結果を第 2-4-6 表に示す。

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又は 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又は 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。

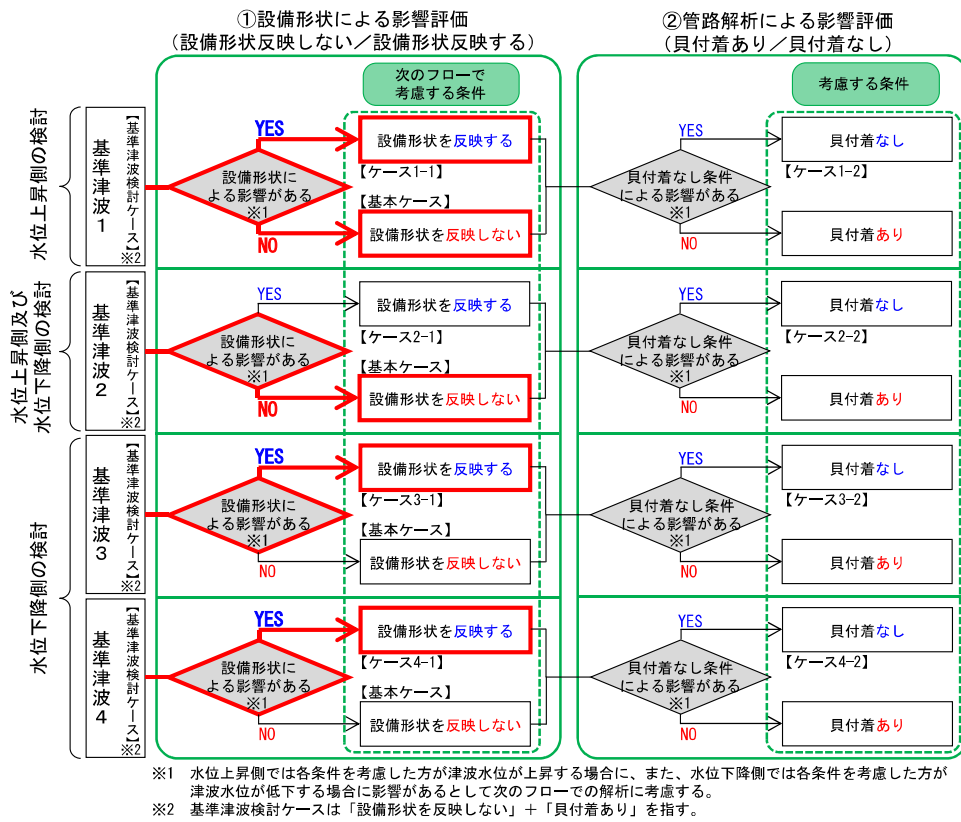
基準津波 4（取水路防潮ゲート【開→閉】条件）では、設備形状を反映することで、水位下降側の検討における各評価点の最低水位は 0.3m 程度低下する結果が得られた。

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結果を第 2-4-2 図に示す。

第 2-4-6 表 設備形状による影響評価における津波水位の比較

--	--



第 2-4-2 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

管路解析による影響評価を第 2-4-7 表に示す。

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。

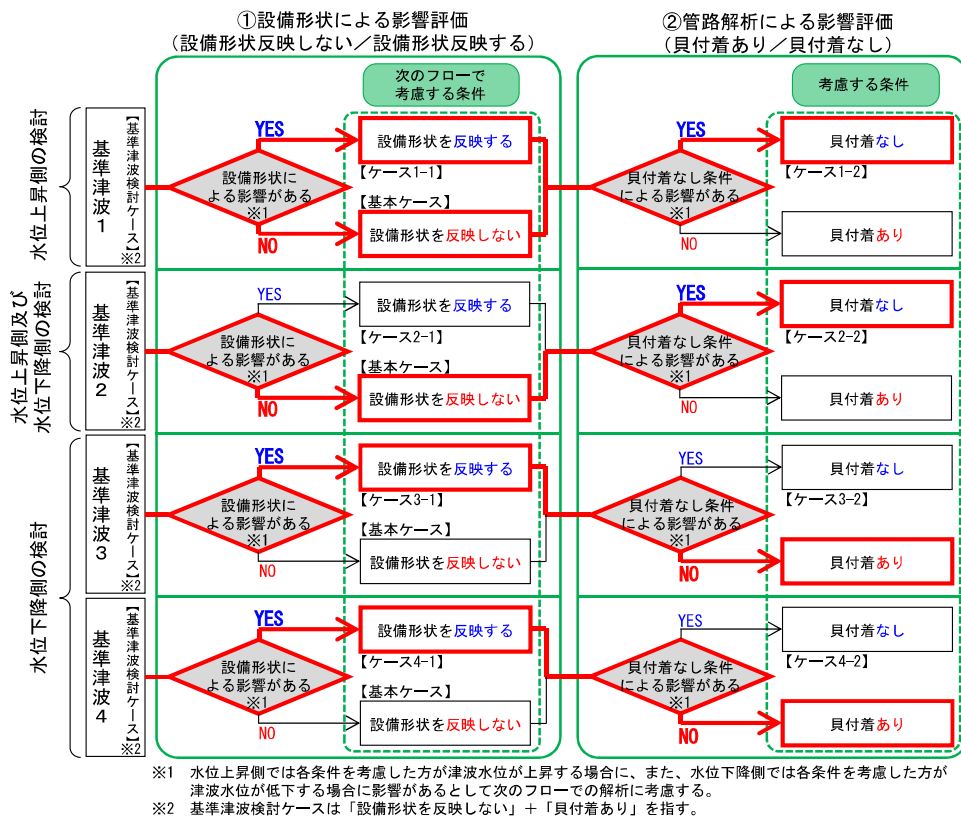
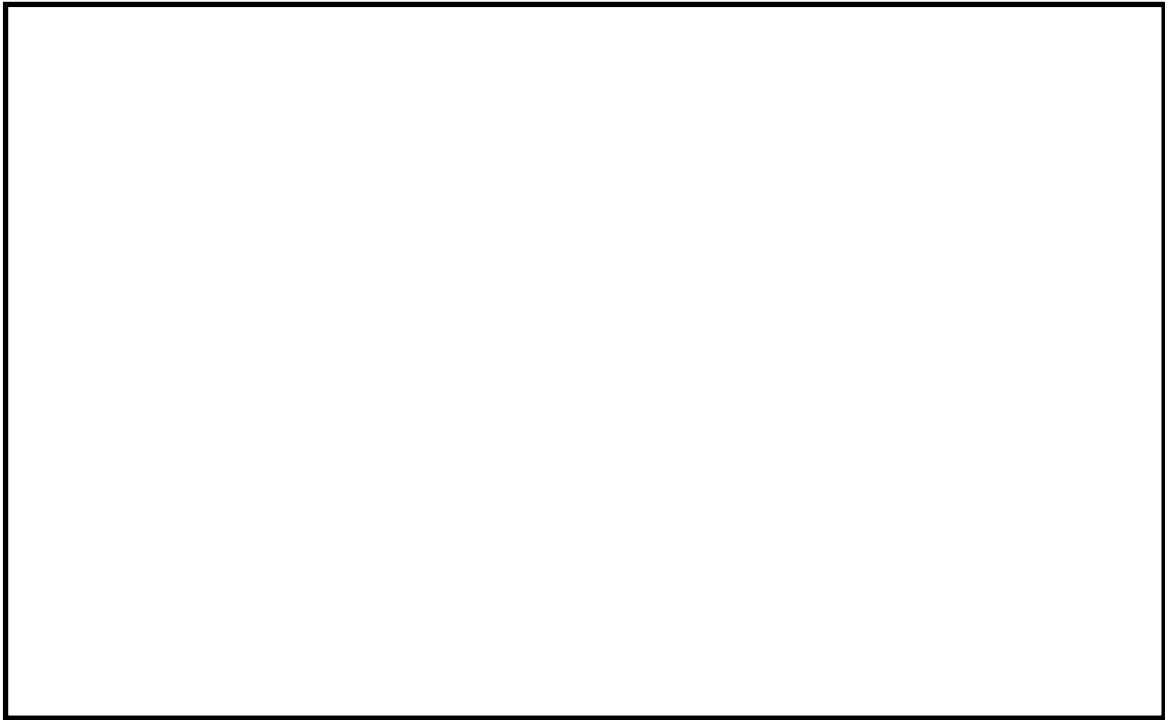
基準津波 2（取水路防潮ゲート【開】条件）においては、貝付着なしとすることで、水位上昇側の検討における 3, 4 号機海水ポンプ室前面の最高水位が 0.2m 程度上昇する結果が得られた。また、水位下降側の検討における 3, 4 号機海水ポンプ室前面の最低水位が 0.1m 程度低下する結果が得られた。

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。

設備形状による影響評価結果を第 2-4-3 図に示す。

第 2-4-7 表 管路解析による影響評価における津波水位の比較



第 2-4-3 図 管路解析による影響評価結果

a. ～d. の検討を踏まえ、設計又は評価に用いる入力津波は以下ようになる。
入力津波は、最高（最低）水位に潮位のばらつきを加えたものとする。

第 2-4-8 表 入力津波高さ一覧表

--

2.4.4 各施設・設備の機能損傷モードに対応した荷重の算定過程に介在する不確かさの考慮について

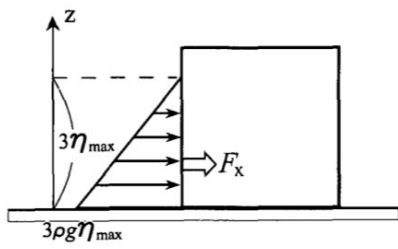
(1) 不確かさの要因

津波の荷重算定過程に介在する不確かさとして、以下の6つの不確かさやばらつきを考慮する。

- ①海水密度
- ②海底勾配
- ③波高
- ④周期
- ⑤初期位相
- ⑥護岸からの距離

なお、②～⑥については適用する津波荷重の算定式の中で考慮されている要因である。第2-4-9表に津波荷重の算定に適用する津波波圧及び作用高さの算定式を示す。

第2-4-9表 津波波圧及び作用高さの算定式

対象構造	陸上構造部	 <p style="text-align: center;">荷重作用イメージ</p>
該当設備	放水口側防潮堤のうち杭基礎形式部 防潮扉	
津波波圧・ 作用高さの 算定式	津波波圧 $p=3.0\rho g\eta_{\max}$ 作用高さ $\eta=3\eta_{\max}$ η_{\max} : 最大遡上水深 ρ : 水の単位体積重量 g : 重力加速度	

(2) 海水密度のばらつき

各種文献に示される海水密度の値を第 2-4-10 表に示す。

第 2-4-10 表 海水密度の値

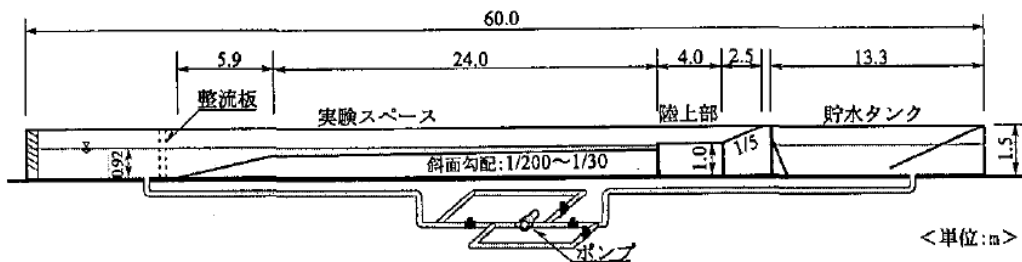
参考文献	海水密度 ρ (t/m ³)	備考
FEMA ^(注1)	1.20	堆積物を含んだ液体の比重
国土交通省港湾局 ^(注2)	1.03	海水

(注 1) 津波からの避難のための構造物の設計ガイドライン(アメリカ合衆国連邦緊急事態管理庁(FEMA))

(注 2) 港湾の施設の技術上の基準・同解説(国土交通省港湾局 2007 年版)

(3) 既往の算定式に含まれるばらつき

朝倉らの実験においては、上記の②～⑥の要因をそれぞれ変化させて合計形 84 ケースの実験を行っている。第 2-4-4 図に実験水路の図を、第 2-4-11 表に実験条件を示す。また、実験は実験毎のばらつきを考慮して 1 ケースについて 3 回ずつ行い、その平均値を用いている。



第 2-4-4 図 実験水路

第 2-4-11 表 実験条件

斜面勾配	1/200, 1/100, 1/50, 1/30	
波条件 (正弦波)	波高 (cm)	10, 15, 20
	周期 (秒)	42, 63, 126, 336
	初期位相	押し初動, 引き初動
構造物の位置	護岸先端 からの距離	50, 100, 150, 200 (cm)
護岸前面の水深	11.0 cm	
護岸の天端高	静水面から 8.0 cm	

第 2-4-5 図に実験で得られた構造物に作用する最大波圧分布を示す。縦軸は波圧計が取り付けられている地表面からの高さであり、横軸は各計測点での波圧の最大値である。第 2-4-5 図を見ると、波条件や斜面の勾配によって波圧の最大値に違いはあるものの分布形としては相似であることが分かる。

構造物前面の無次元最大波圧分布を第 2-4-6 図に示す。ここで $P_{max}/\rho g \eta_{max}$ を無次元最大波圧と呼ぶ。ここで全ケース包絡する直線と横軸との交点を水平波圧指数 α と呼び、周期が短いときは α は 3.0 程度であるが、周期が非常に長くなると、陸上部への遡上現象は準定常現象となり、すなわち水位が静的に上昇して下降する。そのため遡上水深は対応する圧力水頭とその地点での波圧は等しくなり α は 1.0 (静水圧) に近くなる。

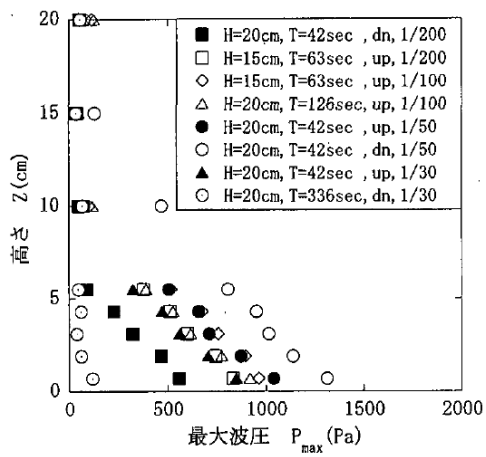
最終的に構造物に働く水平波力は以下の式のように評価できる。

$$F_x = \frac{1}{2} \cdot 3\eta_{max} \cdot 3\rho g \eta_{max} = 4.5\rho g \eta_{max}^2$$

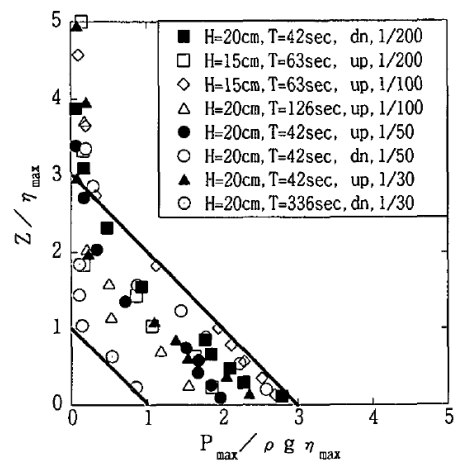
ここで、 F_x : 水平波力、 η_{max} : 最大遡上水深、 ρ : 水の密度、 g : 重力加速度

上式を用いると水平波力は第 2-4-7 図のようになり推定値で包絡できる。

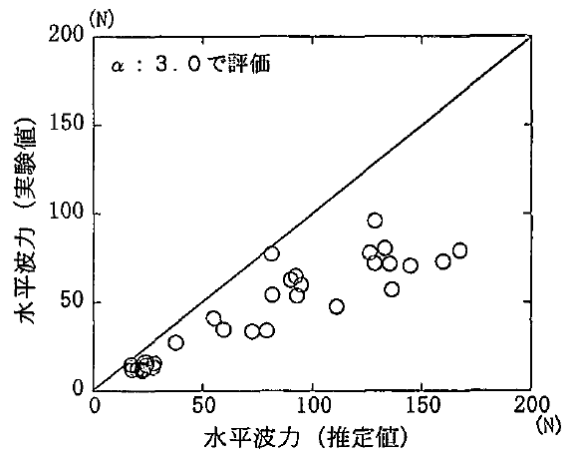
以上のように今回適用した津波波力算定式は、 α に 3.0 を適用することで各種ばらつきを包絡した式である。



第 2-4-5 図 最大波圧分布



第 2-4-6 図 無次元最大波圧分布



第 2-4-7 図 水平波力の推定

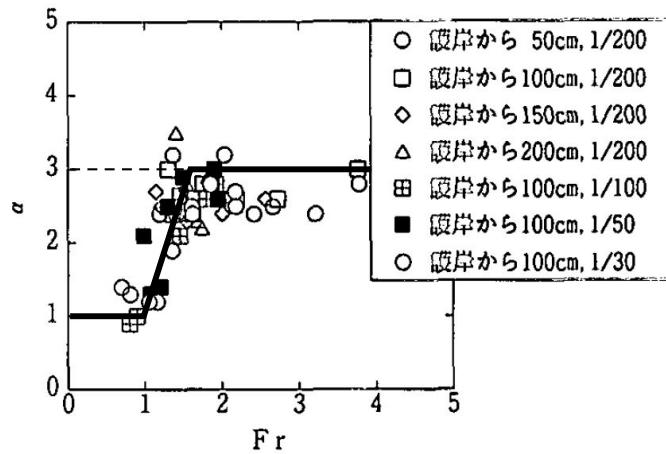
(4) サイト条件を踏まえた津波荷重

当該サイトの条件を踏まえた現実的な津波荷重について朝倉らの実験結果を参考に推定する。

朝倉らは、構造物前面での α (水平波圧指数) と Fr (フルード数) の関係を第 2-4-8 図のように整理している。フルード数が 1.5 以上では α が 3.0 程度であり、フルード数が小さくなり 1.0 近くになると、 α はほぼ 1.0 となることが分かる。

一方で、当該サイトの構造物前面におけるフルード数は第 2-4-12 表のように 1.0 以下であることから、 α は 1.0 として、津波荷重は以下のように算定される。

$$\text{津波荷重 } F = 1/2 \cdot \rho \cdot \eta_{\max} \cdot g \cdot \eta_{\max}$$



第 2-4-8 図 α と Fr の関係

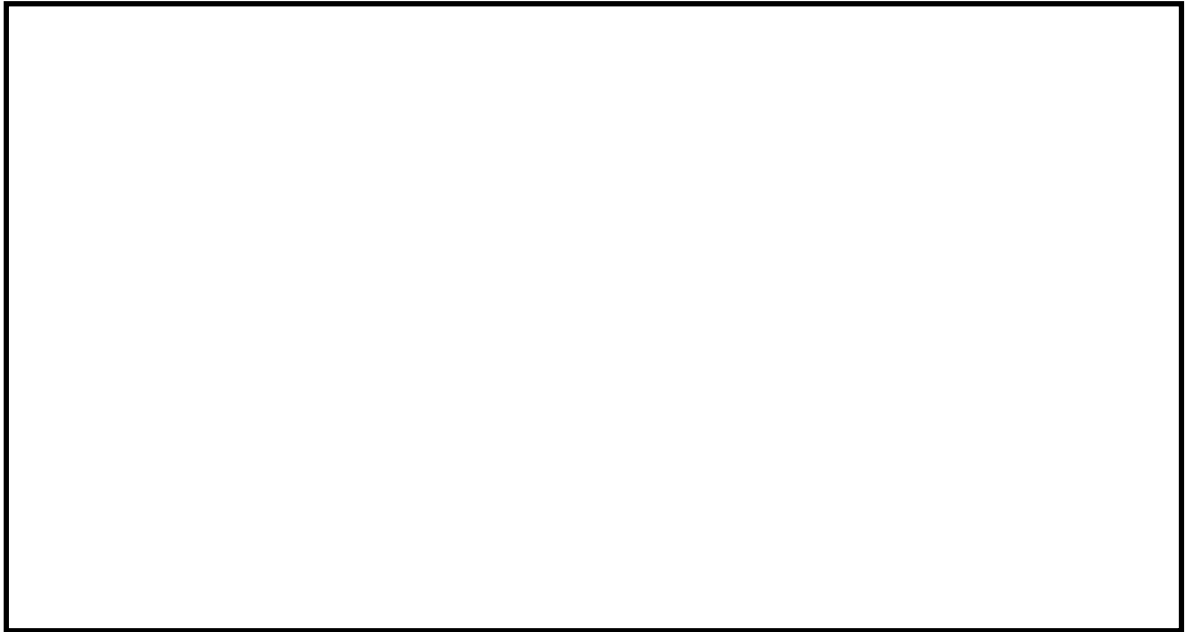
第 2-4-12 表 当該サイトの構造物前面におけるフルード数

	フルード数
防潮扉前面	0.9

(5) 余裕の程度

津波荷重の算定式が有する余裕の程度を第 2-4-13 表に示す。①に示す当該サイト条件を踏まえた津波荷重、及び②に示す海水密度のばらつきを考慮した津波荷重に対して、③、④に示す朝倉式又は谷本式を適用した場合の津波荷重は十分に保守的であり、約 4 倍から 9 倍の余裕の程度を有している。

第 2-4-13 表 津波荷重の算定式が有する余裕の程度



2.5 遡上解析のモデルについて

基準津波による敷地周辺の遡上解析に当たっては、遡上解析上影響を及ぼす斜面や道路、取・放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 (3.125m) に合わせた形状にモデル化した。

(1) 敷地及び敷地周辺の地形及び標高

a. 陸 域

発電所の竣工図に基づいた。

b. 海 域

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した。

(2) 津波伝播経路上の人工構造物

a. 図面等による調査

既設の人工構造物については、高さ及び面積を設備図面で確認した。

将来設置される計画がある人工構造物は、計画図面により調査した。

b. 現場調査

図面等による調査において確認した既設の人工構造物は、社員による現場ワークダウンにより図面と相違ないことを確認した。また、図面に反映されていない人工構造物は、遡上解析に影響する変更がないことを確認した。

(3) 敷地モデルの作成

(2)で実施した調査の結果を踏まえ、津波の遡上解析結果に影響を及ぼす人工構造物をモデル化した。津波伝播経路上の人工構造物のうち、使用済燃料輸送容器保管建屋、放水口モニタ信号処理建屋などの人工構造物については、構造物が存在することで津波の影響軽減効果が生じ、遡上範囲を過小に評価する可能性があることから、遡上解析上で保守的な評価となるよう対象外とした。

なお、遡上解析で考慮する設備は数十メートル程度の大きさであるため、適切な形状にモデル化されるメッシュサイズとなっている。

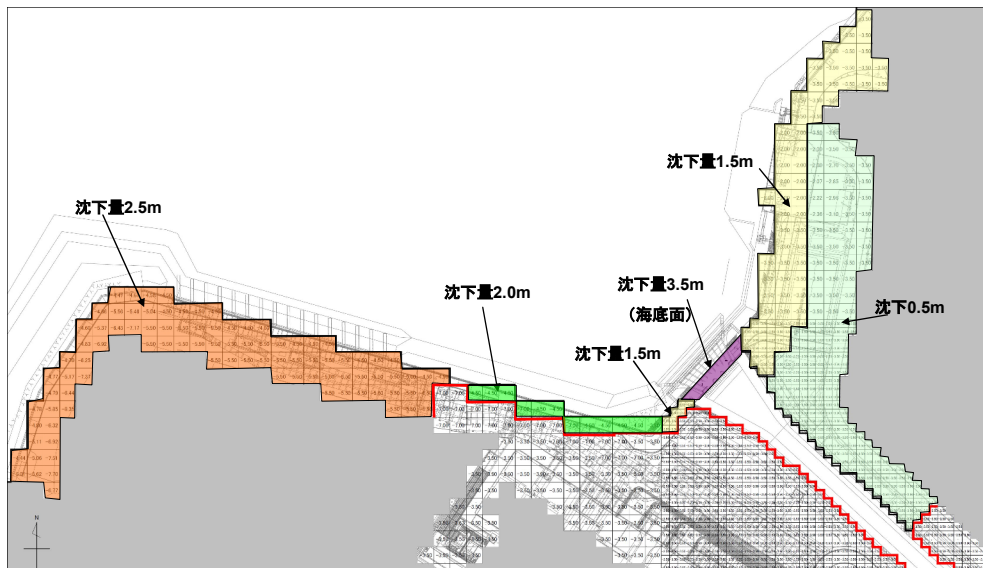
また、地震による地形の変化が津波遡上に及ぼす影響について評価を行った。高浜発電所への津波の浸入経路は、敷地及びプラントの配置より、取水口側と放水口側の2箇所である。

このうち、放水口側は、埋立層およ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2-5-1 図に示す沈下量を設定し、沈下後の敷地高さを津波の遡上解析の条件として考慮した。

一方、取水口側については、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い。

第 2-5-1 表に遡上解析モデルに反映した設備などを、第 2-5-2 図に遡上解析モデルを示す。

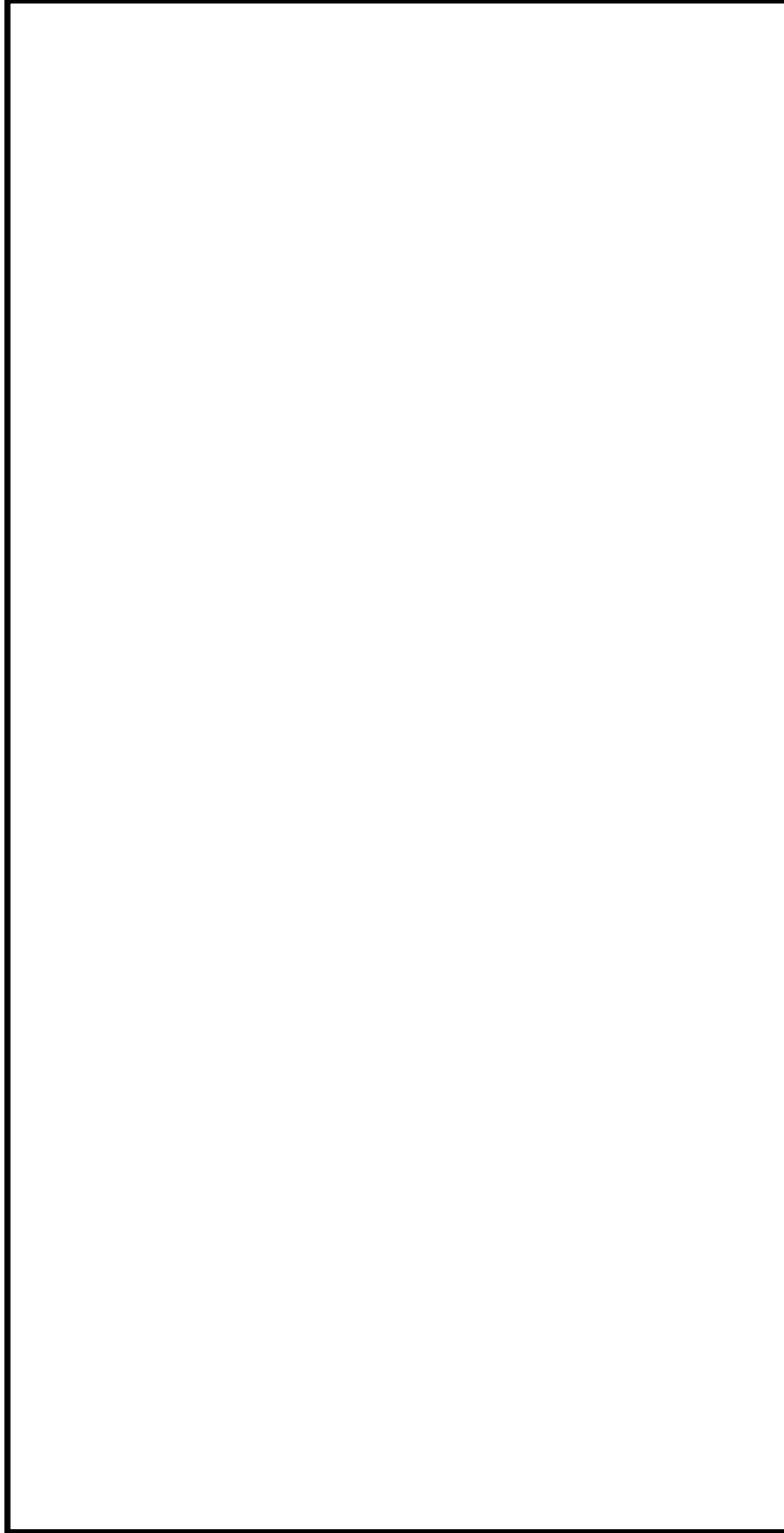
なお、基準津波 3 及び基準津波 4 の遡上解析は、4 基稼働（1～4 号機）・取水路防潮ゲート 4 門開を前提条件としているが、2 基稼働（3，4 号機）、取水路防潮ゲートを開放している門数、循環水ポンプ及び海水ポンプの稼働状況など実運用の条件を踏まえた遡上解析について、参考として別紙に示す。



第 2-5-1 図 現地盤からの沈下量想定

第 2-5-1 表 津波の遡上解析モデルへの反映

分類	設備
遡上解析モデルに反映した設備など	放水口側防潮堤、取水路防潮ゲート、海水取水トンネル、3，4号機海水ポンプ室、取水口、放水口など
遡上解析モデルに反映していない設備など	使用済燃料輸送容器保管建屋、放水口モニタ信号処理建屋など



第 2-5-2 図 遡上解析モデル図

(別紙)

取水路防潮ゲートの開閉条件及び実運用を踏まえた遡上解析について

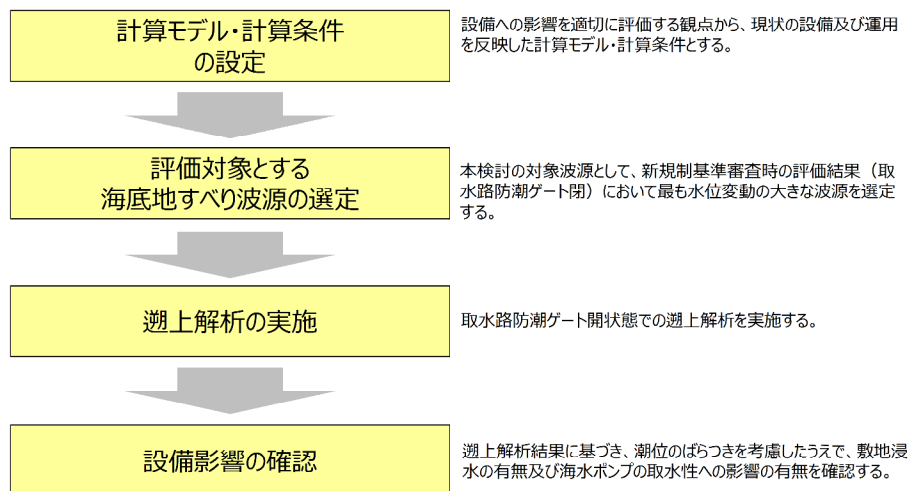
本資料では、発電所構内の潮位計を用いた取水路防潮ゲートの閉止運用を考慮しないことを前提とした遡上解析の結果を示す。遡上解析においては、2 基稼働（3，4号機）・取水路防潮ゲート 2 門開 2 門閉の条件とし、循環水ポンプ及び海水ポンプの取水条件は実運用を踏まえた設定としている。

遡上解析の概要を第 1 図（2019 年 6 月 13 日第 1 回警報が発表されない可能性のある津波への対応の現状聴取に係る会合 資料 1 抜粋）に示す。同図より、水位上昇側については敷地への遡上が生じないこと及び水位下降側については 1～4 号機海水ポンプの取水性に影響がないことを確認した。

2-1. 検討方法

4

「隠岐トラフ海底地すべり」による津波に対する取水路防潮ゲート開状態での遡上評価及び設備影響の確認については、3,4号炉稼動時（現状）及び1～4号炉再稼動時を対象として、以下の流れで検討を行う。



第1図 (1/9) 津波シミュレーションの概要 (2019年6月13日第1回警報が発表されない可能性のある津波への対応の現状聴取に係る会合 資料1抜粋)

2-2. 計算条件・計算モデル

第314回審査委員会
資料1-4-2, p.21修正

7

(2) 津波伝播計算領域及び空間格子間隔

津波伝播計算領域及び空間格子間隔については、新規制基準審査時と同様とする。

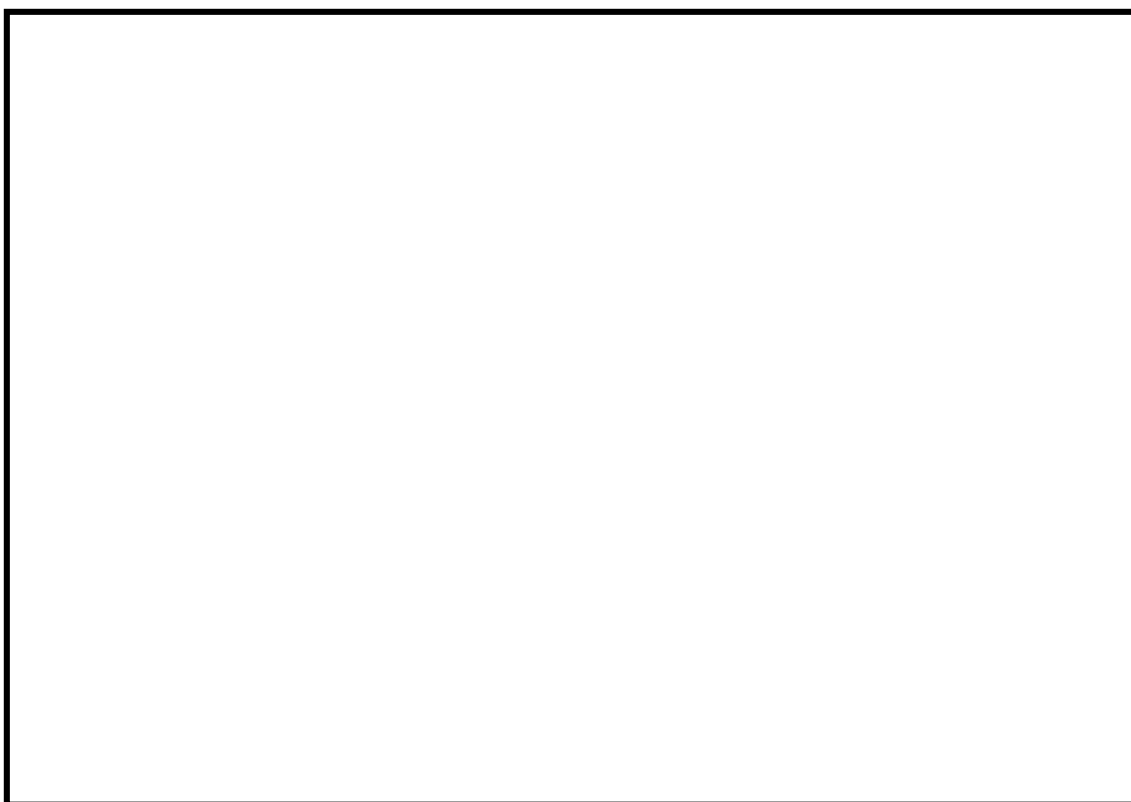
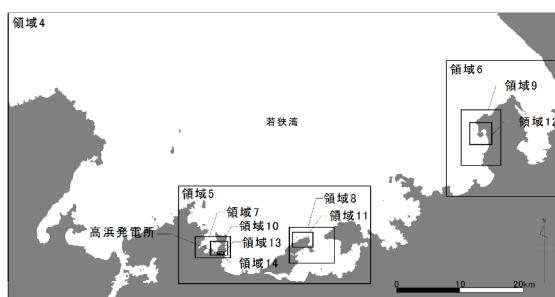


領域番号	空間格子間隔 Δx (m)	最大水深 h_{max} (m)	CFL条件を満たす Δt (sec) ※1
1	1350	3800	4.95
2,3	450	3700	1.67
4	150	240	2.19
5,6	50	90	1.19
7,8,9	25	80	0.63
10,11,12	12.5	60	0.36
13	6.25	10	0.44
14	3.125	10	0.22

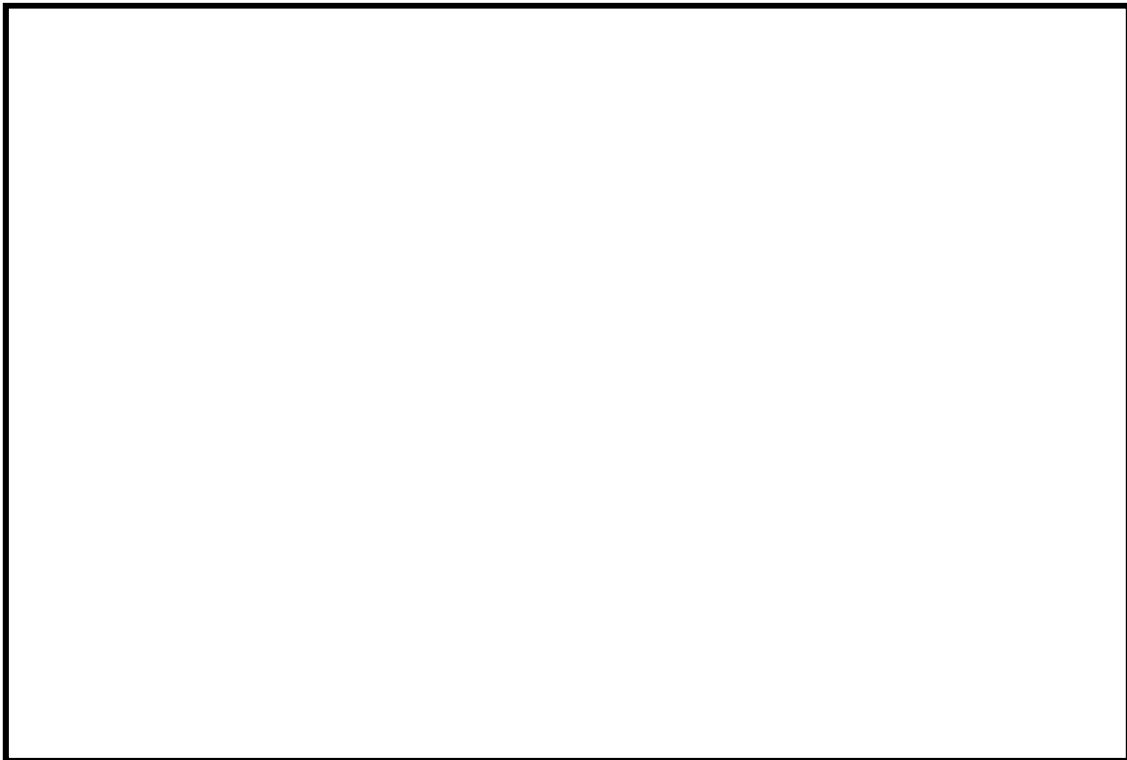
※1

$$\Delta t \leq \frac{\Delta x}{\sqrt{2gh_{max}}}$$

ここに、
 Δx : 空間格子間隔
 Δt : 時間格子間隔
 h_{max} : 最大水深
 g : 重力加速度



第1図 (2/9) 津波シミュレーションの概要 (2019年6月13日第1回警報が発表されない可能性のある津波への対応の現状聴取に係る会合 資料1抜粋)



2-2. 計算条件・計算モデル

10

● 取水路防潮ゲートの開閉条件及び循環水ポンプ・海水ポンプの取水条件

- ▶ 取水路防潮ゲートは、現状の3,4号炉稼動時については片系列（2門）「開」条件とし、将来的に4基運転となった場合（1～4号炉稼動時）については両系列（4門）「開」条件とする。
- ▶ 循環水ポンプは、大津波警報が発表されない前提に基づいて「取水あり」とし、水位上昇側・水位下降側でそれぞれ保守的になるよう、ユニット運転状態を考慮した取水量を設定する。海水ポンプについても、循環水ポンプで設定したユニット運転条件に基づいて取水量を設定する。

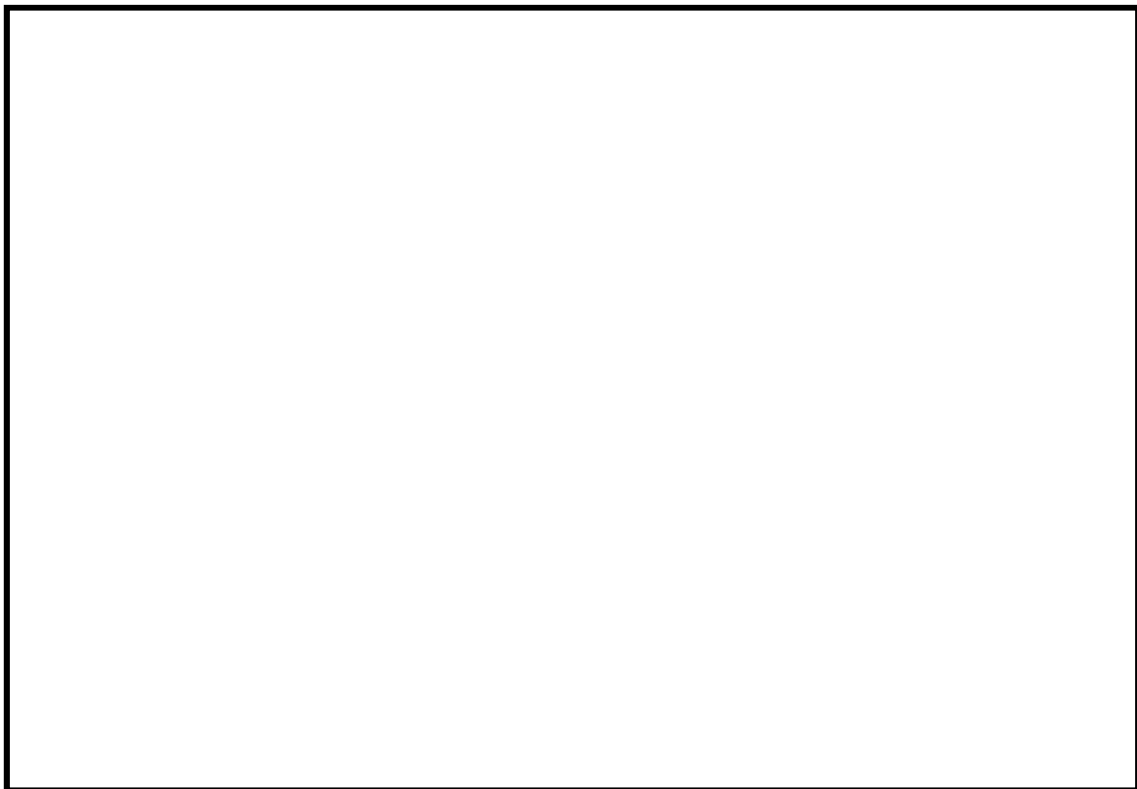
検討ケース	取水路防潮ゲート開閉条件	循環水ポンプ取水量※1※3		海水ポンプ取水量※1	
		水位上昇側※2	水位下降側	水位上昇側※2	水位下降側
3,4号炉稼動時（現状）	片系列「開」（2門開）	3,4号定検時 1号：91,500m ³ /h×1 2号：取水なし 3号：116,000m ³ /h×1 4号：取水なし	3,4号運転時 1号：91,500m ³ /h×1 2号：取水なし 3号：116,000m ³ /h×2 4号：116,000m ³ /h×2	3,4号定検時 1号：3,200m ³ /h×1 2号：3,200m ³ /h×1 3号：5,100m ³ /h×1 4号：5,100m ³ /h×1	3,4号運転時 1号：3,200m ³ /h×1 2号：3,200m ³ /h×1 3号：5,100m ³ /h×1 4号：5,100m ³ /h×1
1～4号炉稼動時	両系列「開」（4門開）	2,4号定検時 1号：91,500m ³ /h×2 2号：取水なし 3号：116,000m ³ /h×2 4号：取水なし	1～4号運転時 1号：91,500m ³ /h×2 2号：91,500m ³ /h×2 3号：116,000m ³ /h×2 4号：116,000m ³ /h×2	2,4号定検時 1号：3,200m ³ /h×2 2号：3,200m ³ /h×1 3号：5,100m ³ /h×1 4号：5,100m ³ /h×1	1～4号運転時 1号：3,200m ³ /h×3 2号：3,200m ³ /h×3 3号：5,100m ³ /h×1 4号：5,100m ³ /h×1

※1：循環水ポンプ・海水ポンプによる取水は水位を低下させるため、水位上昇側の評価では取水量が少ないほうが、水位下降側の評価では取水量が多いほうが、それぞれ保守的な条件設定となる。

※2：定検は、基本的に各ユニットが重ならないように計画されるが、水位上昇側の検討では保守的に2ユニットの定検が重なった場合を想定した取水量とする。

※3：循環水ポンプは、水位がT.P.-2.50mまで低下した場合に取水を停止することから、これを計算条件として設定する。なお、水位検知からポンプ取水が完全に停止するまでの時間を考慮し、水位がT.P.-2.50mまで低下してから5分後に取水停止するものとする。

第1図 (3/9) 津波シミュレーションの概要 (2019年6月13日第1回警報が発表されない可能性のある津波への対応の現状聴取に係る会合 資料1抜粋)



2-2. 計算条件・計算モデル

12

(5) 新規制基準審査時との計算条件・計算モデルの差異

計算条件 計算モデル	新規制基準審査時	今回 (現在の設備状態・運用を反映)
取水路防潮ゲートのモデル化	ゲート開口幅を実際より広く設定	ゲート開口幅を現状の設備形状に合わせて設定
取水口のモデル化	取水口カーテンウォールをモデル化	取水口カーテンウォールとカーテンウォール背後の重量コンクリートをモデル化
取水路防潮ゲートの開閉条件 (海底地すべりによる津波の場合)	「閉」条件 (4門閉)	<u>3,4号炉再稼動時 (現状) : 「開」条件 (2門開)</u> 1~4号炉再稼動時 : 「閉」条件 (4門開)
ポンプの 取水量	循環水 ポンプ	水位上昇側：取水あり (定検中の取水量) ※ 水位下降側：取水あり (運転中の取水量) ※ ※実運用を反映して、各循環水ポンプは、水位がT.P.-2.50mまで低下した場合に取水を停止する。
	海水 ポンプ	水位上昇側：取水あり (定検中の取水量) 水位下降側：取水あり (運転中の取水量)

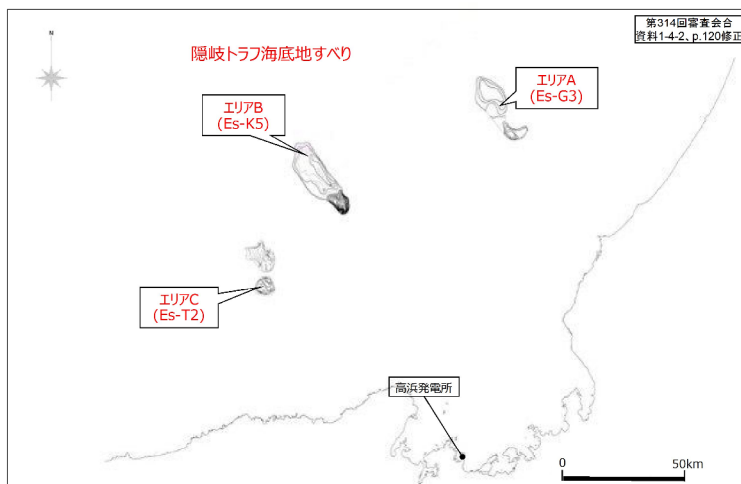
第1図 (4/9) 津波シミュレーションの概要 (2019年6月13日第1回警報が発表されない可能性のある津波への対応の現状聴取に係る会合 資料1抜粋)

2-3. 評価対象とする海底地すべり

14

(1) 海底地すべりの位置・形状

高浜発電所への影響が大きいと考えられる海底地すべりとしては、新規制基準適合性審査において、隠岐トラフ海底地すべりのうち、エリアA (Es-G3)、エリアB (Es-K5)、エリアC (Es-T2) が選定されている。



新規制基準適合性審査においては、検討対象とする隠岐トラフ海底地すべりは、隠岐トラフの南東側及び南西側の水深約500～1,000m付近の大陸斜面において抽出された、最終氷期の海面低下時に背斜による傾斜角増大と堆積物の供給増加によって崩壊したとされる海底地すべり跡のうち、最大規模のものを考慮することとしている。(第314回審査会合 資料1-4-2, p.71要約)

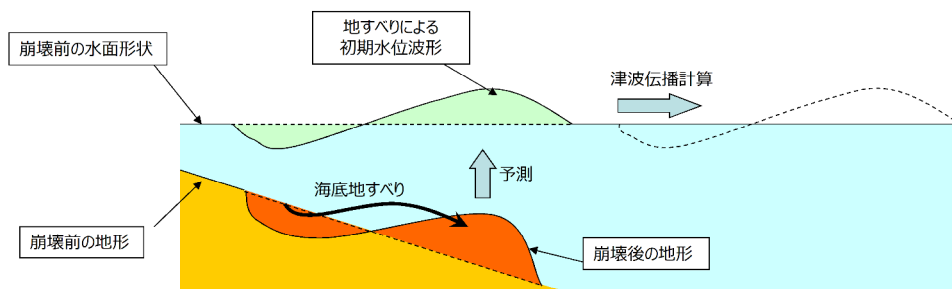
2-3. 評価対象とする海底地すべり

第314回審査会合
資料1-4-2, p.86修正

15

(2) 海底地すべりによる津波評価の方法

- 海底地すべりによる津波の評価では、崩壊前後の海底地すべり地形を元に初期水位波形を設定（予測）し、伝播計算を行う。
- 新規制基準適合性審査において、初期水位波形の設定には以下の2つの予測手法を用いている。



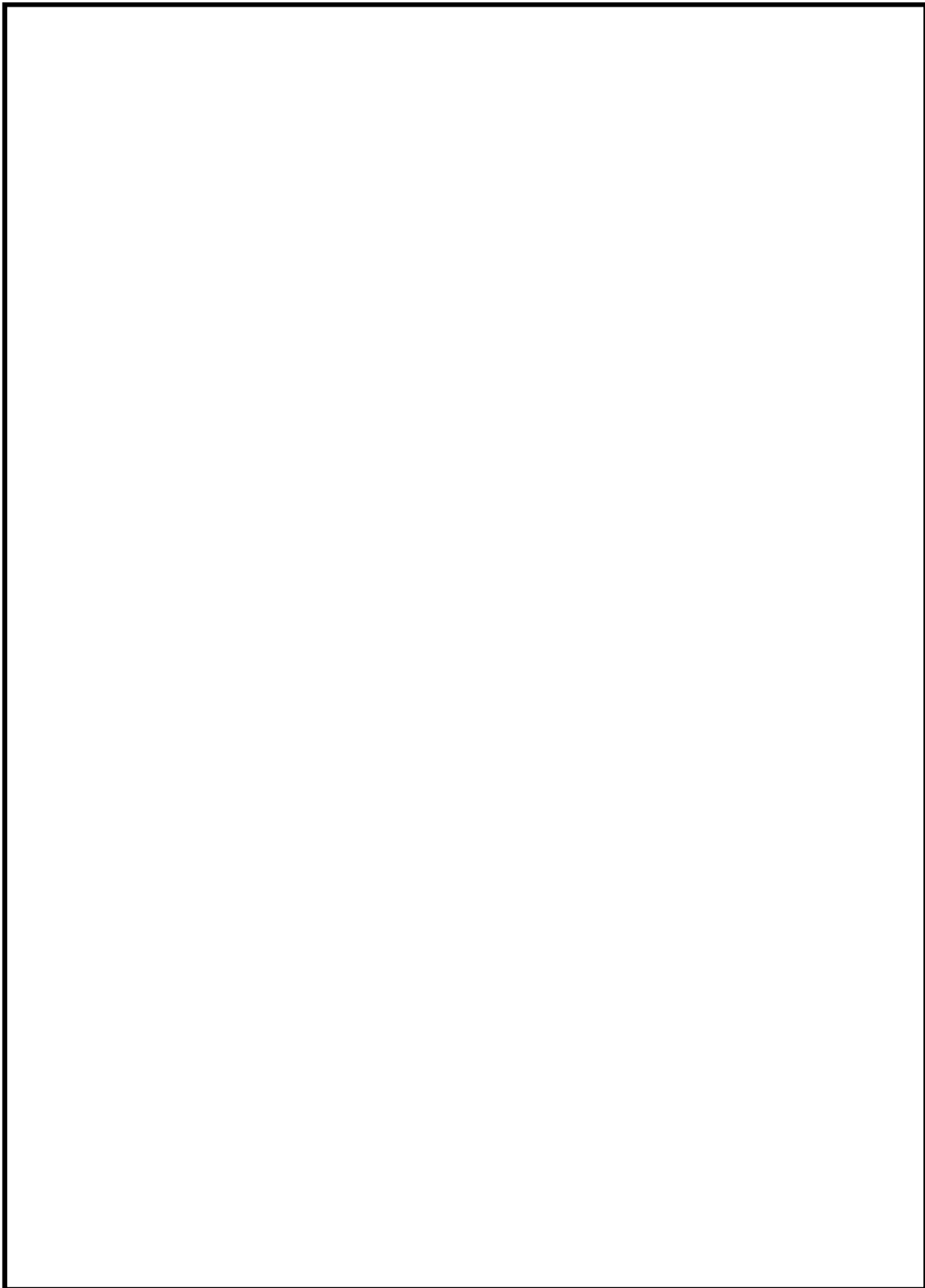
- ① 実験や海底地すべりの数値解析モデルの再現性を確認しているGrilli and Watts (2005) ※1及びWatts et al. (2005) ※2による予測式（Watts他の予測式）
- ② 佐竹・加藤 (2002) ※3が用いた運動学的海底地すべりモデルによる予測方法（Kinematicモデルによる方法）

※1: Grilli, S.T., and P. Watts (2005) : Tsunami Generation by Submarine Mass Failure. I : Modeling, Experimental Validation, and Sensitivity Analysis, Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, ASCE, pp.283-297.

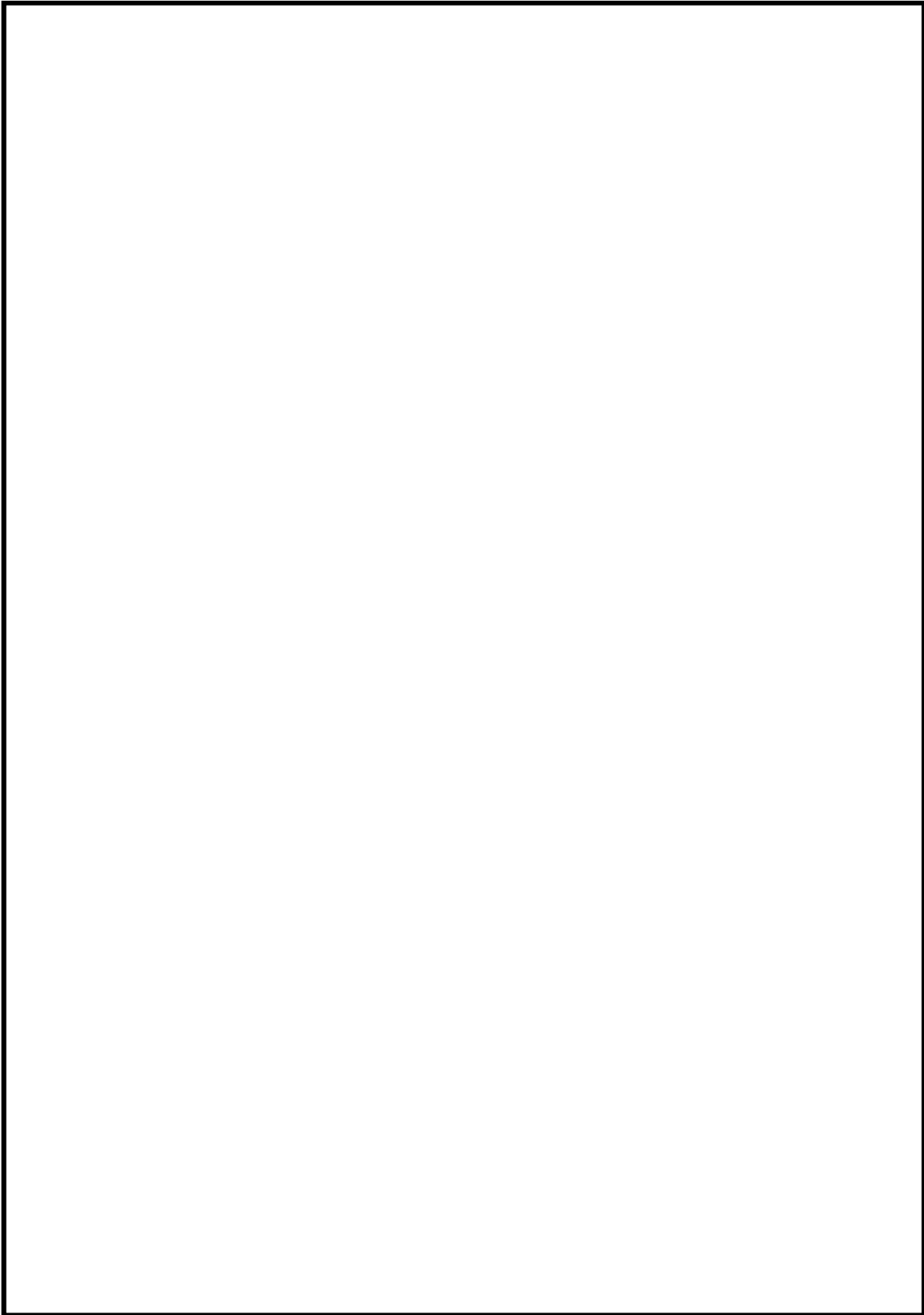
※2: Watts, P., S.T. Grilli, D.R. Tappin, and G.J. Fryer (2005) : Tsunami Generation by Submarine Mass Failure. II: Predictive Equations and Case Studies, Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, ASCE, pp.298-310.

※3: 佐竹健治・加藤幸弘(2002):「1741年寛保津波は渡島大島の山体崩壊によって生じた」, 月刊海洋/号外, No.28, pp.150-160.

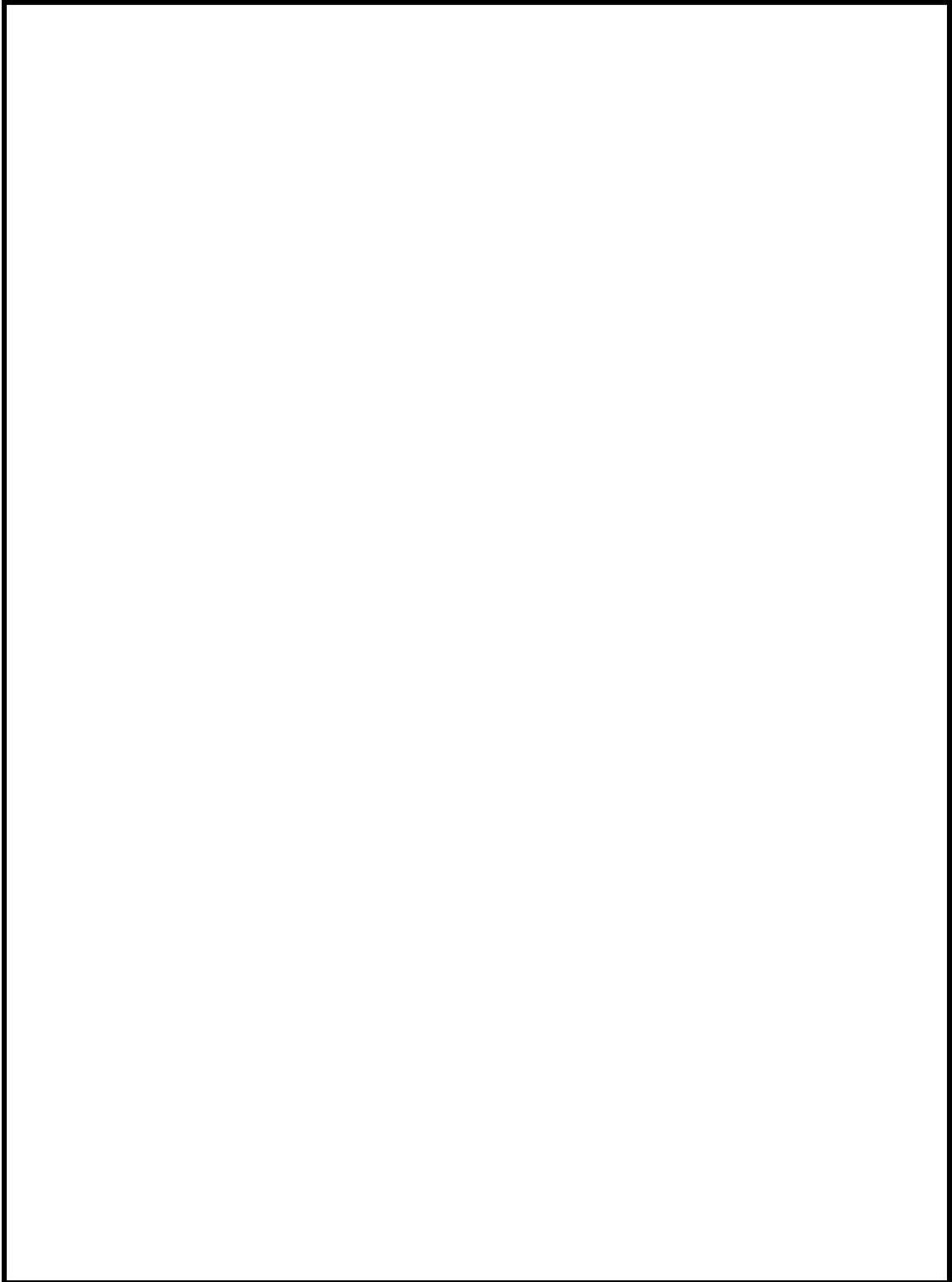
第1図 (5/9) 津波シミュレーションの概要 (2019年6月13日第1回警報が発表されない可能性のある津波への対応の現状聴取に係る会合 資料1抜粋)



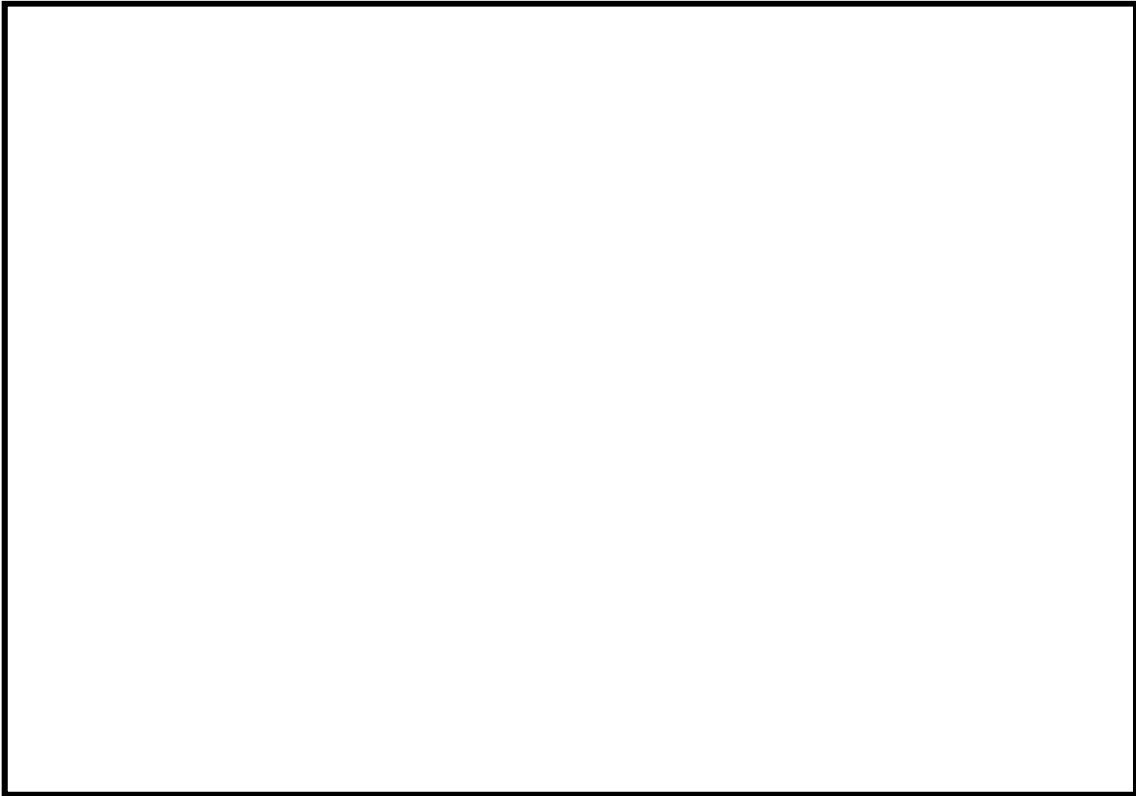
第1図 (6/9) 津波シミュレーションの概要 (2019年6月13日第1回警報が発表されない可能性のある津波への対応の現状聴取に係る会合 資料1抜粋)



第1図 (7/9) 津波シミュレーションの概要 (2019年6月13日第1回警報が発表されない可能性のある津波への対応の現状聴取に係る会合 資料1抜粋)



第1図 (8/9) 津波シミュレーションの概要 (2019年6月13日第1回警報が発表されない可能性のある津波への対応の現状聴取に係る会合 資料1抜粋)



4. まとめ

39

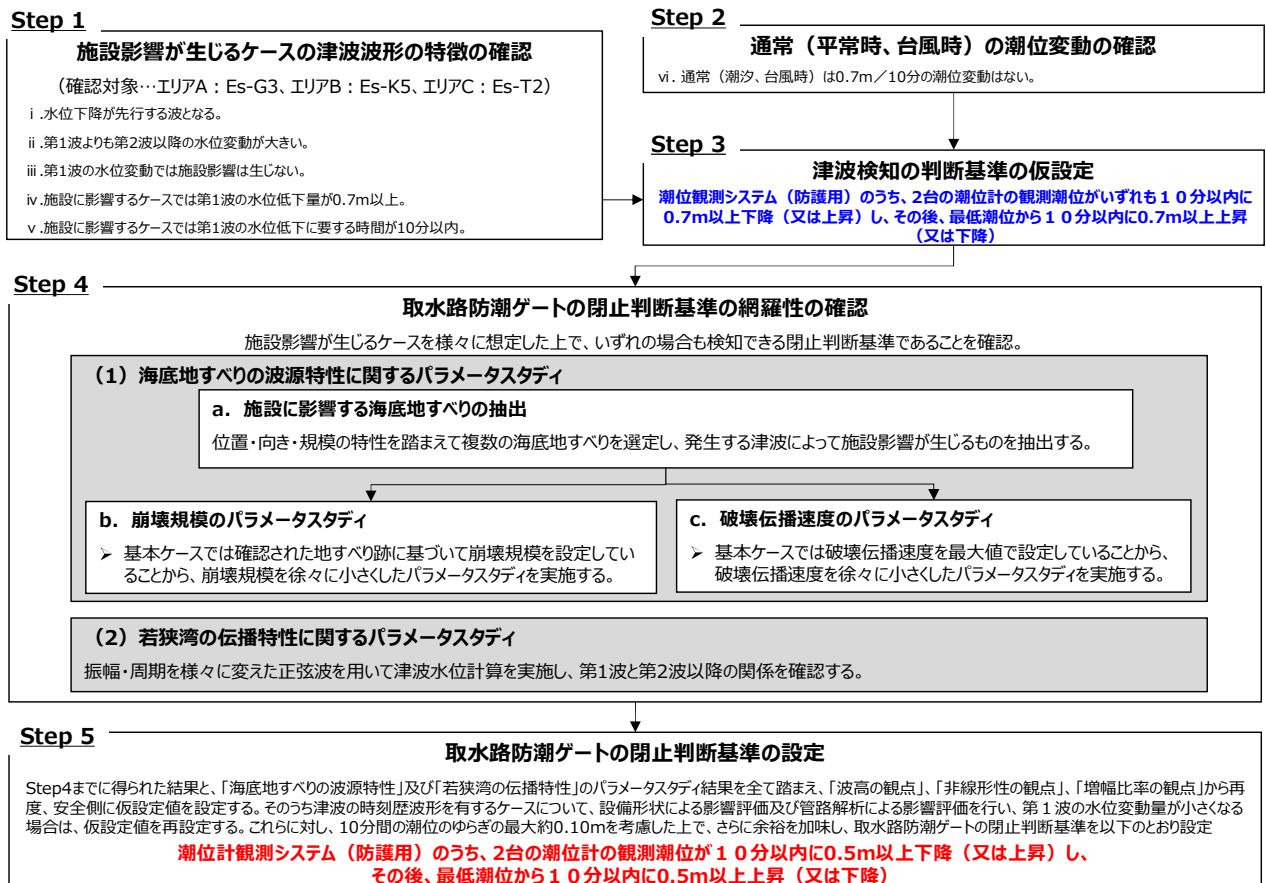
- 取水路防潮ゲート開状態での遡上評価を行った結果、現状の3,4号炉稼動時（取水路防潮ゲート2門開）では、水位上昇側については敷地浸水が生じないこと及び水位下降側については1～4号炉海水ポンプの取水性に影響がないことを確認した。
- 取水路防潮ゲート開状態での遡上評価を行った結果、1～4号炉再稼動時（取水路防潮ゲート4門開）では、水位上昇側については敷地浸水が生じないことを確認した。また、水位下降側については、潮位計の観測値に基づいて取水路防潮ゲートを閉止する運用を見直し済みであり、1～4号炉海水ポンプの取水性に影響がないことを確認した。

第1図 (9/9) 津波シミュレーションの概要 (2019年6月13日第1回警報が発表されない可能性のある津波への対応の現状聴取に係る会合 資料1抜粋)

2.6 取水路防潮ゲートの閉止判断基準の設定について

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上で、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2-6-1図に設定フローを示す。

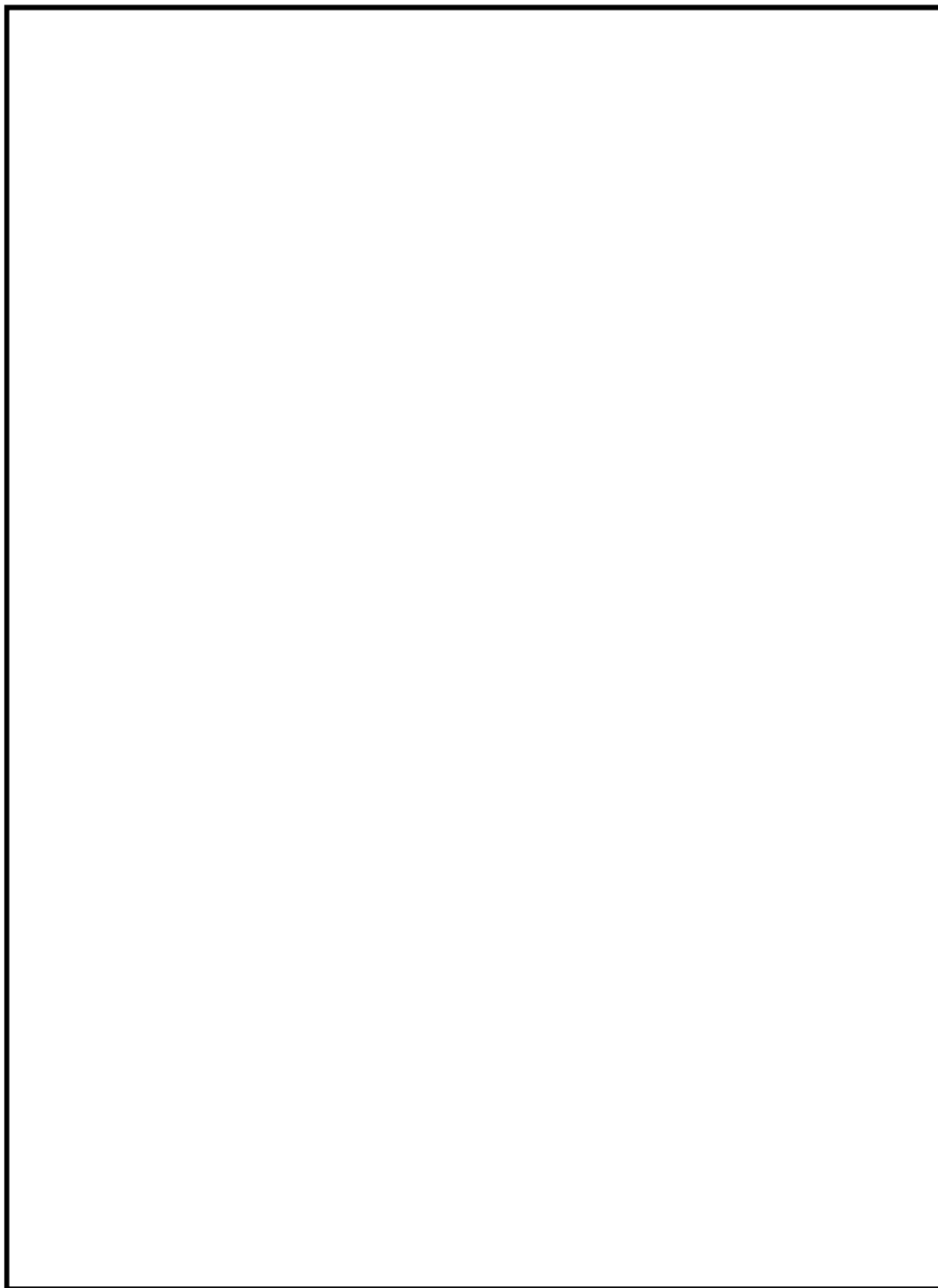


第2-6-1図 取水路防潮ゲートの閉止判断基準の設定フロー

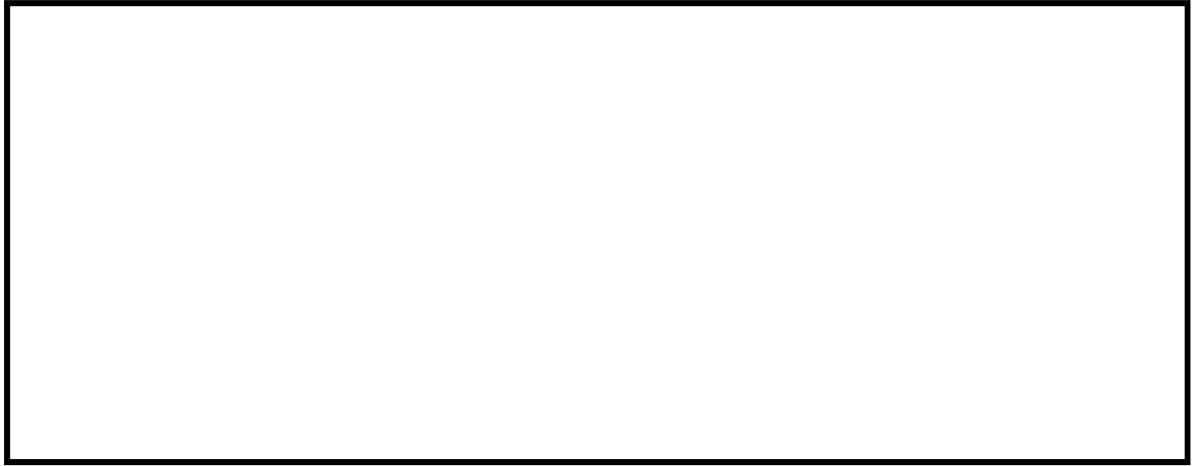
2.6.1 施設影響が生じる波源の津波波形の特徴の確認

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、「第1波より第2波以降のほうが水位変動が大きい」、「第1波の水位変動では

施設影響は生じないが、第2波以降では施設影響が生じる」、「第1波の水位変動量は0.7m以上」、「第1波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2-6-2図）



第2-6-2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



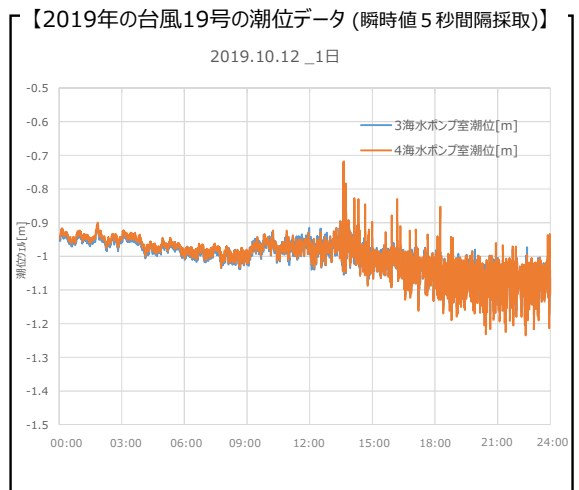
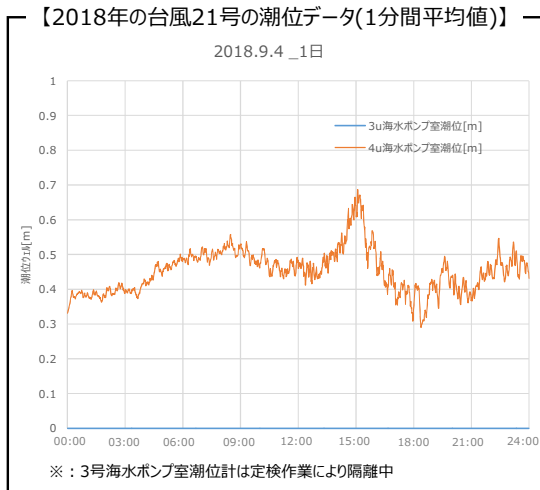
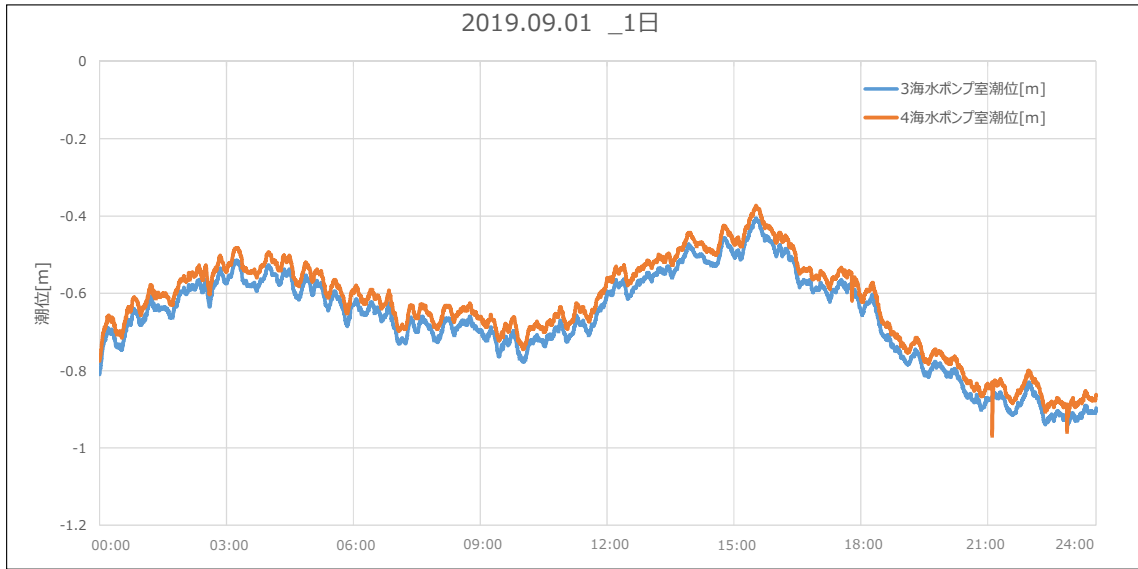
第 2-6-2 図(2/2) エリア B の Es-K5 (Kinematic モデル) とエリア C の Es-T2 (Kinematic モデル) の津波波形の特徴の確認

2.6.2 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 2-6-3 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 2-6-1 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 2-6-3 図 通常の潮位変動の確認 (上：平常時、下：台風時)

第 2-6-1 表 0.7m 以上の潮位変動の観測実績

【第 1 波が下げ波の場合】

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。

【第 1 波が上げ波の場合】

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。

2.6.3 取水路防潮ゲートの閉止判断基準の仮設定

2.6.1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、第1波よりも第2波以降の水位変動が大きく、第1波の水位変動では施設影響が生じないが、第2波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、第1波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、第2波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第1波の水位変動量は、2.6.1及び2.6.2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、2.6.1に示す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、「第1波の水位が上昇し、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。

2.6.4 取水路防潮ゲートの閉止判断基準の網羅性の確認

2.6.3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、パラメータスタディを実施する。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(Umax)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、第1波より第2波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2-6-4 図)

(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

隠岐トラフ海底地すべりのうち、生じる津波が施設に影響する海底地すべりを全て抽出し、それらの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、施設に影響するケースを網羅的に検知できる判断基準となっていることを確認する。

a. 施設に影響する海底地すべりの抽出

位置・向き・規模の特性を踏まえて複数の海底地すべりを選定し、発生する津波によって施設影響が生じるものを抽出する。

b. 崩壊規模のパラメータスタディ

- 基本ケースでは確認された地すべり跡に基づいて崩壊規模を設定していることから、崩壊規模を徐々に小さくしたパラメータスタディを実施する。
- 施設に影響するケースについて、設定した判断基準で検知できることを確認する。

c. 破壊伝播速度のパラメータスタディ

- 基本ケースでは破壊伝播速度を最大値で設定していることから、破壊伝播速度を徐々に小さくしたパラメータスタディを実施する。
- 施設に影響するケースについて、設定した判断基準で検知できることを確認する。

(2) 若狭湾の伝播特性に関するパラメータスタディ

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、第1波と第2波以降の関係について以下を確認する。

- ・「第1波よりも第2波以降の水位変動が大きい」という津波波形の特徴が津波波形の一般的な傾向であることを確認する。
- ・第2波以降の増幅の程度や影響する周期について、波源特性のパラメータスタディと異なる傾向がないか確認する。

第2-6-4 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

(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

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 2.6.3 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 2-6-5 図）

		海底地すべりの波源特性		
		位置・向きの特性 (38の海底地すべり)	崩壊特性	
			【静的】 崩壊の規模 (崩壊断面積)	【動的】 崩壊の進展速度 (破壊伝播速度)
検討用波源 の設定	<目的> 最大規模の 津波波源の 選定。	エリア毎のチャンピオンを選定 ▶ 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、各エリアで最大規模のものを選定。	最大値で設定 ▶ 複数回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最大規模で評価。	最大値で設定 ▶ Kinematicモデルにおける破壊伝播速度は最大値で評価。(Watts他の予測式による海底地すべりの速度の最大値)
施設に影響するケースを網羅的に検知できることを確認するために検討を充実化				
判断基準の 網羅性の検討	<目的> 施設に影響する津波波源の網羅的な確認。	施設影響が生じるケースを抽出 (①-1) ▶ 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1位～3位のものを選定。 ▶ エリアに関わらず、 <u>発電所方向に崩壊するもの</u> を選定。 ⇒これらの津波計算結果から、施設影響が生じるケースを抽出。(各地すべりの崩壊規模・破壊伝播速度は最大値で設定)	パラメータスタディを実施 (①-2) ▶ 地すべりの進展が途中で止まる場合を考慮し、Kinematicモデルにおける崩壊規模を徐々に小さくしたパラメータスタディを実施。	パラメータスタディを実施 (①-3) ▶ 地すべりの進展が比較的遅い場合を考慮し、Kinematicモデルにおける破壊伝播速度を徐々に小さくしたパラメータスタディを実施。

第 2-6-5 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施設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：+0.49m）を津波水位計算結果に加味した値を、敷地高さ及び海水ポンプの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 2-6-6 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。

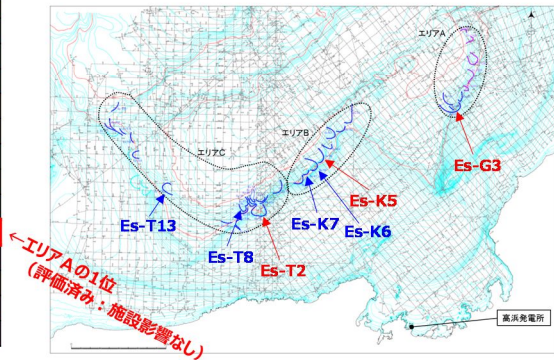
(ii) では、隠岐トラフの海底地すべりはほとんどが発電所から遠ざかる方向に崩壊する形状となっている中で、崩壊の傾向が異なる海底地すべりとして、崩壊方向が発電所方向に近いものを選定した。その結果、(ii) ではエリア A の Es-G101、エリア C の Es-T13 及び Es-T14 を選定した。(i) の各エリアで規模が 1 位～3 位の海底地すべり及び(ii) の発電所方向に崩壊する海底地すべりによる津波水位計算結果を第 2-6-2 表に示す。また、各波源の津波水位計算結果に潮位のばらつき及び高潮の裕度を加味した値と敷地高さ及び海水ポンプの取水可能水位を比較した結果を、第 2-6-7 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。

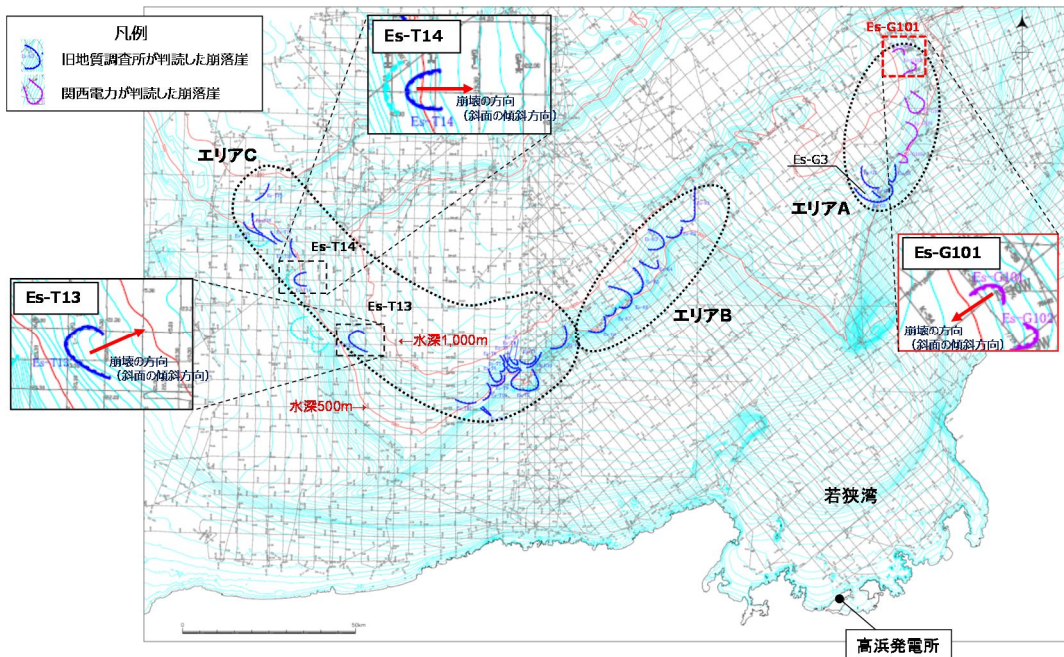
●地すべり地形の規模の算出結果（断面積上位20個）

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	8,592	97	833,402
3	Es-T8	C	GA-22	4,374	150	656,141
4	Es-K7	B	K-119	3,618	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	76	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	4,462	67	298,878
14	Es-T15	C	GA-13	8,326	33	274,765
15	Es-K1	B	K-121	5,198	52	270,276
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-119	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2-6-6 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 2-6-2 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）

An empty rectangular frame representing the content of Table 2-6-2, which is currently blank.

（上昇側：ばらつき+0.15m 及び高潮裕度+0.49m 考慮、下降側：ばらつき-0.17m 考慮）

第 2-6-7 図 施設影響が生じる波源の確認

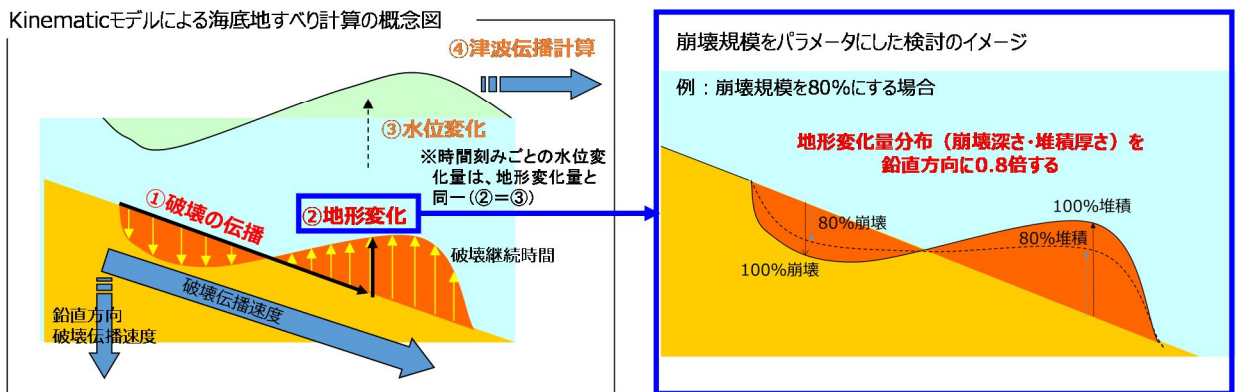
b. 崩壊規模のパラメータスタディ

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 2-6-8 図）。

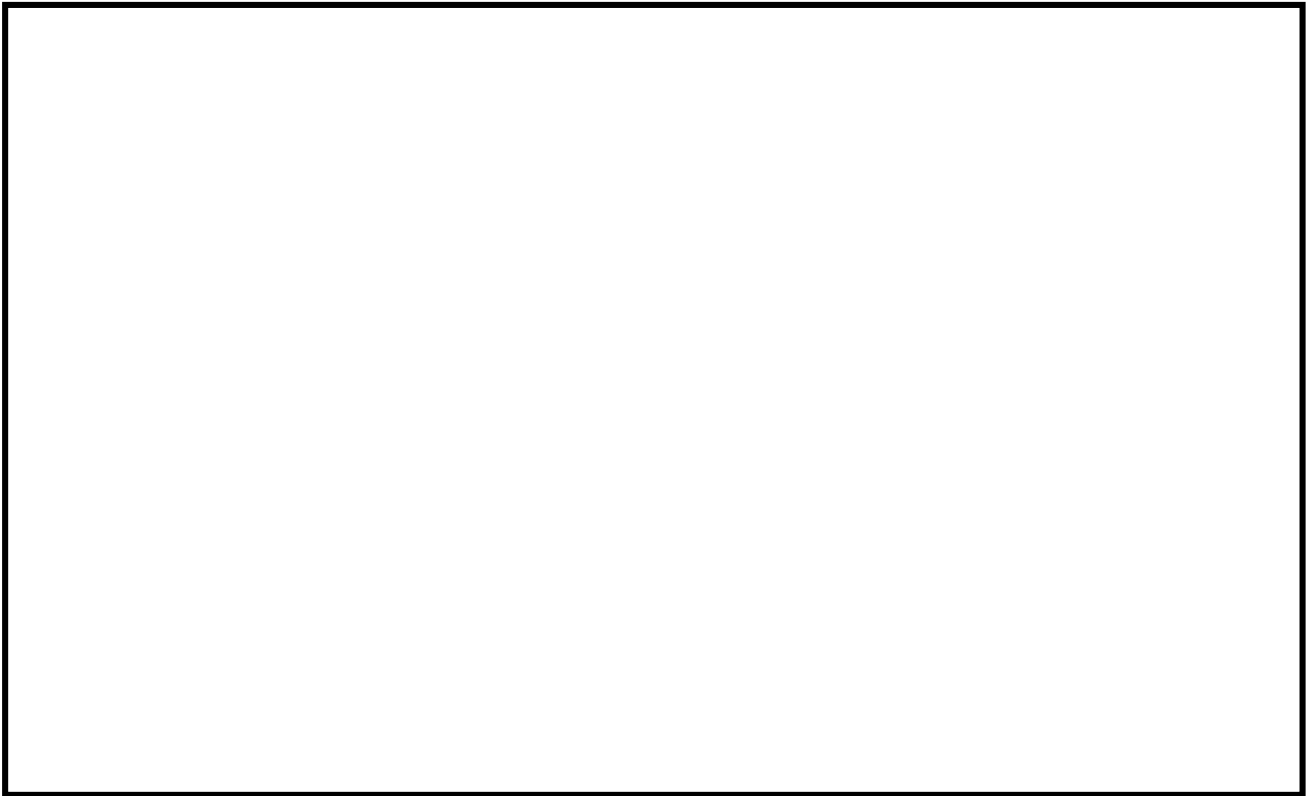
崩壊規模のパラメータスタディの結果、崩壊規模が小さくなるほど水位変動が小さくなることが確認されたが（第 2-6-9 図）、いずれの場合でも施設影響が生じるケースは仮設定した取水路防潮ゲートの閉止判断基準で確認できることを確認した。（第 2-6-10 図、第 2-6-11 図）

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。

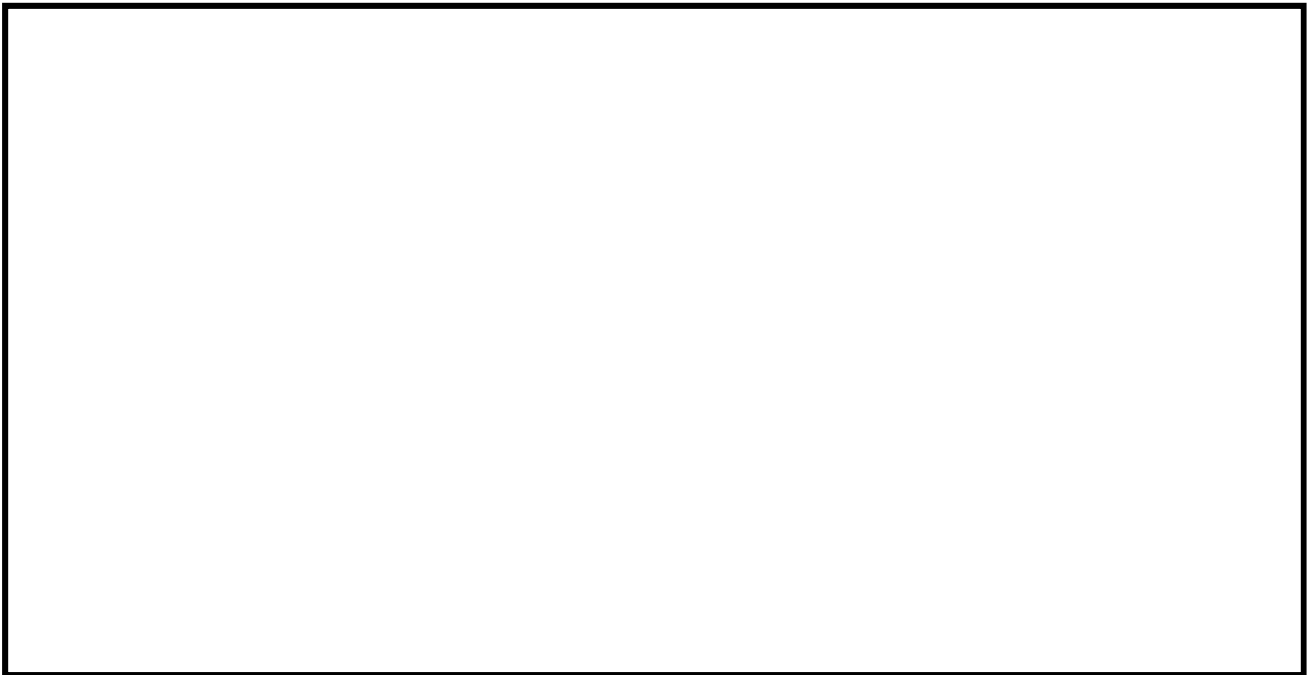
海底地すべり	崩壊規模のパラメータスタディケース	
	水位上昇側	水位下降側
Es-K5（エリアB）	100%（基本ケース）, 80%, 70%, 60%, 50%, 40%	100%（基本ケース）, 80%
Es-T2（エリアC）	100%（基本ケース）, 80%, 60%, 50%, 45%, 40%	



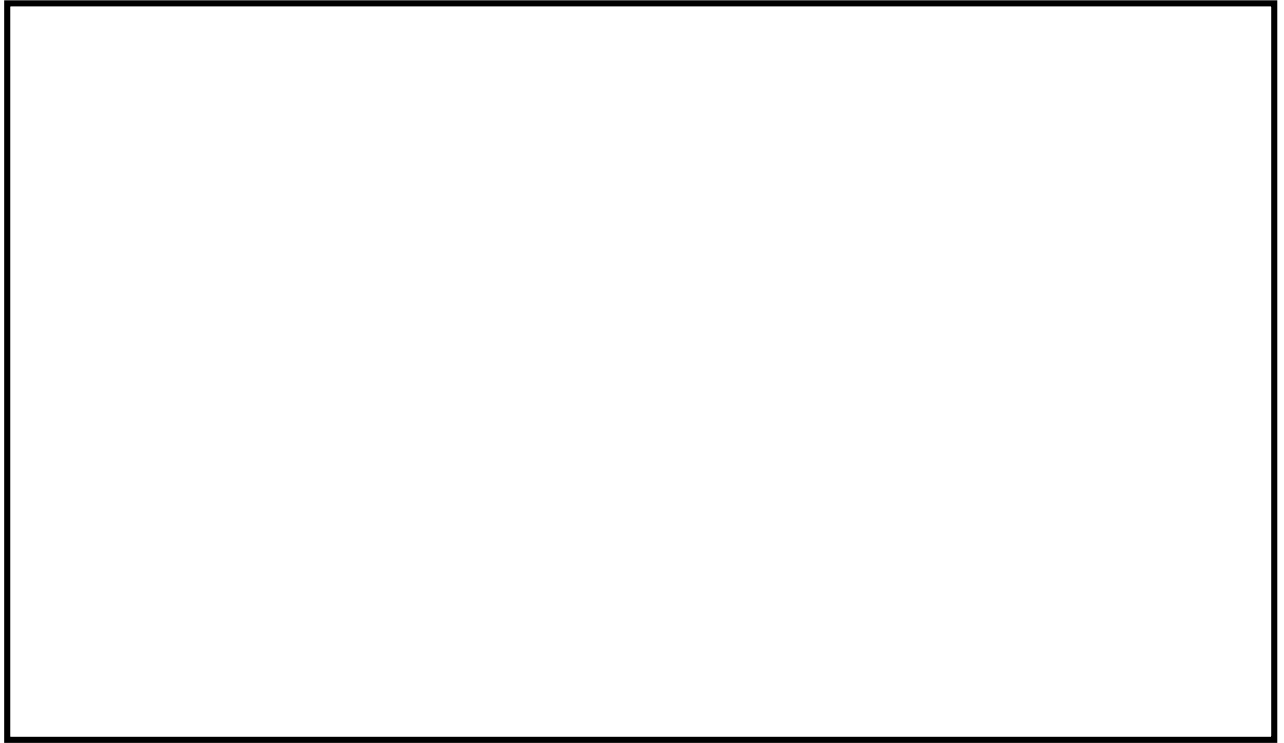
第 2-6-8 図 崩壊規模のパラメータスタディ方法



第 2-6-9 図 崩壊規模のパラメータスタディ結果（時刻歴波形）



第 2-6-10 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 2-6-11 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 2-6-12 図)。

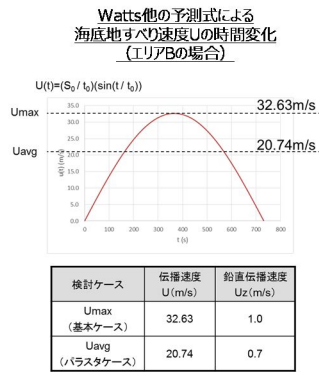
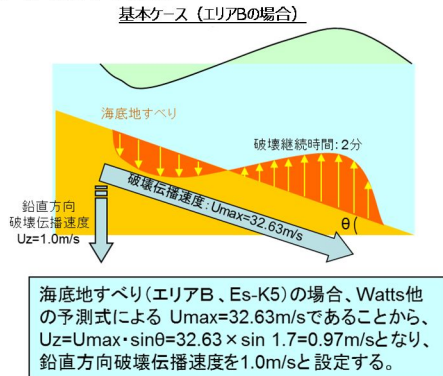
破壊伝播速度のパラメータスタディの結果、破壊伝播速度が小さくなるほど水位変動が小さくなり、周期は長くなることが確認されたが (第 2-6-13 図)、いずれの場合でも施設影響が生じるケースは仮設定した取水路防潮ゲートの閉止判断基準で確認できることを確認した。(第 2-6-14 図、第 2-6-15 図)

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、第 1 波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。この間での第 1 波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低下量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。

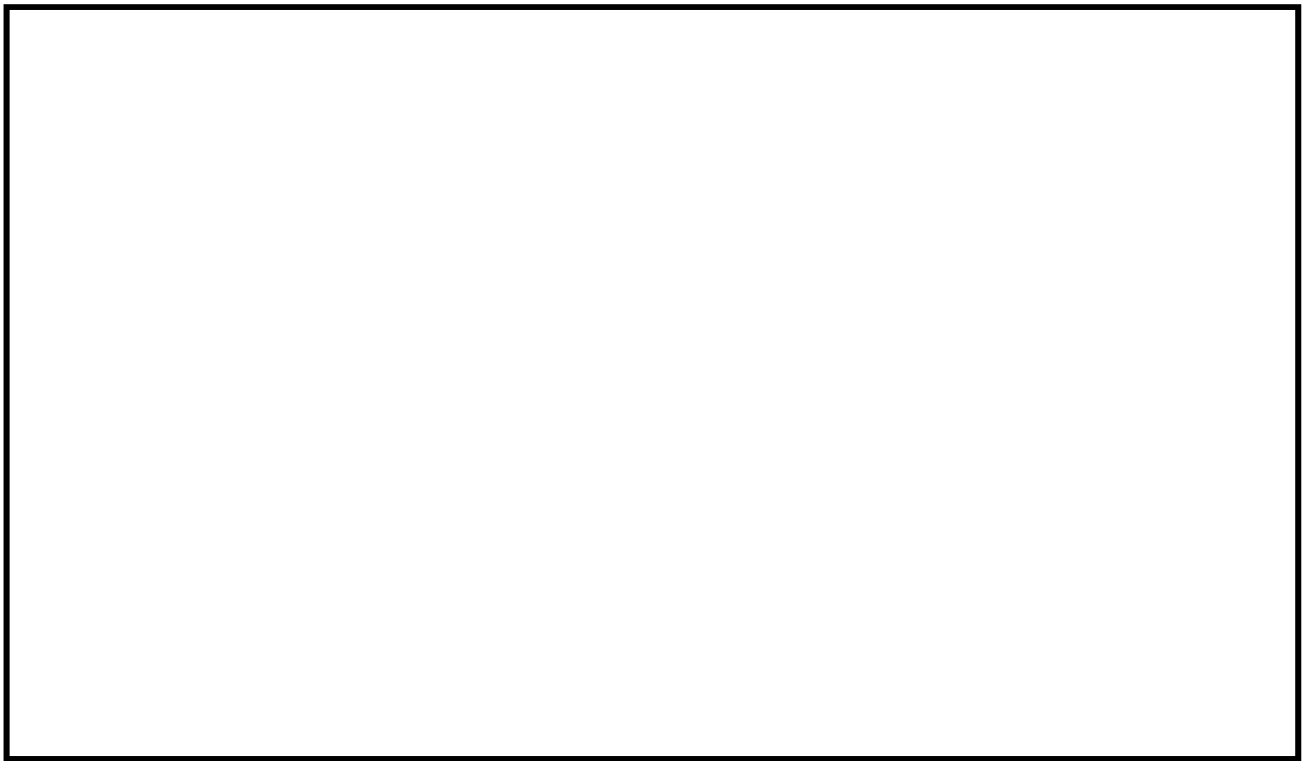
津波の第 1 波の水位低下量の大小が破壊伝播速度の大小と整合していない非線形性領域については、①第 1 波の非線形性が見られる区間は、破壊伝播速度 $0.50\text{m/s} \sim 0.60\text{m/s}$ であること、及び②破壊伝播速度 $0.40\text{m/s} \sim 1.00\text{m/s}$ 全体を通しては、線形性があることから、①の区間の第 1 波の水位低下量を下回る、破壊伝播速度 0.40m/s のケースにおいて、非線形区間よりも低い水位で線形性が回復することを確認した。なお、破壊伝播速度 0.40m/s の場合の潮位のばらつき及び高潮の裕度を考慮した最高水位は m、第 1 波の水位低下量は、 0.67m である。(第 2-6-16 図)

海底地すべり	破壊伝播速度（鉛直方向）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)	1.0m/s（基本ケース）、0.8m/s、0.7m/s、0.6m/s、0.55m/s、0.5m/s、0.4m/s	1.0m/s（基本ケース）、0.8m/s、0.7m/s、0.6m/s、0.5m/s、0.4m/s
Es-T2 (エリアC)	0.5m/s（基本ケース）、0.4m/s、0.3m/s、0.2m/s	

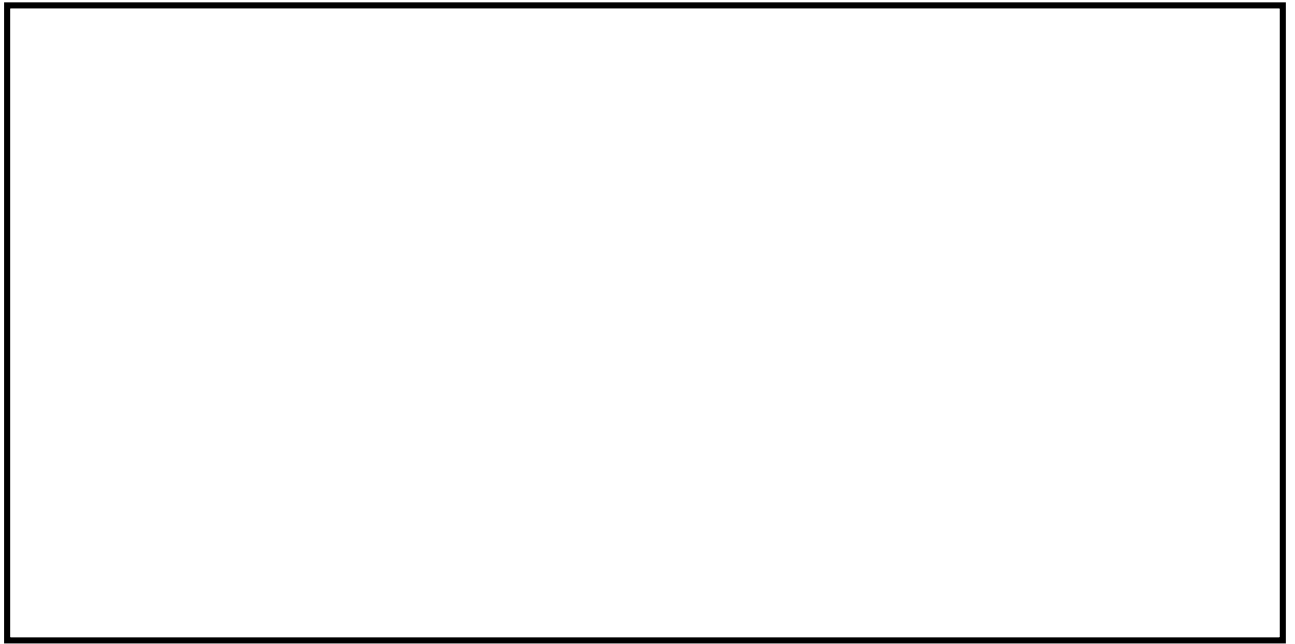
(参考) 既許可時の検討



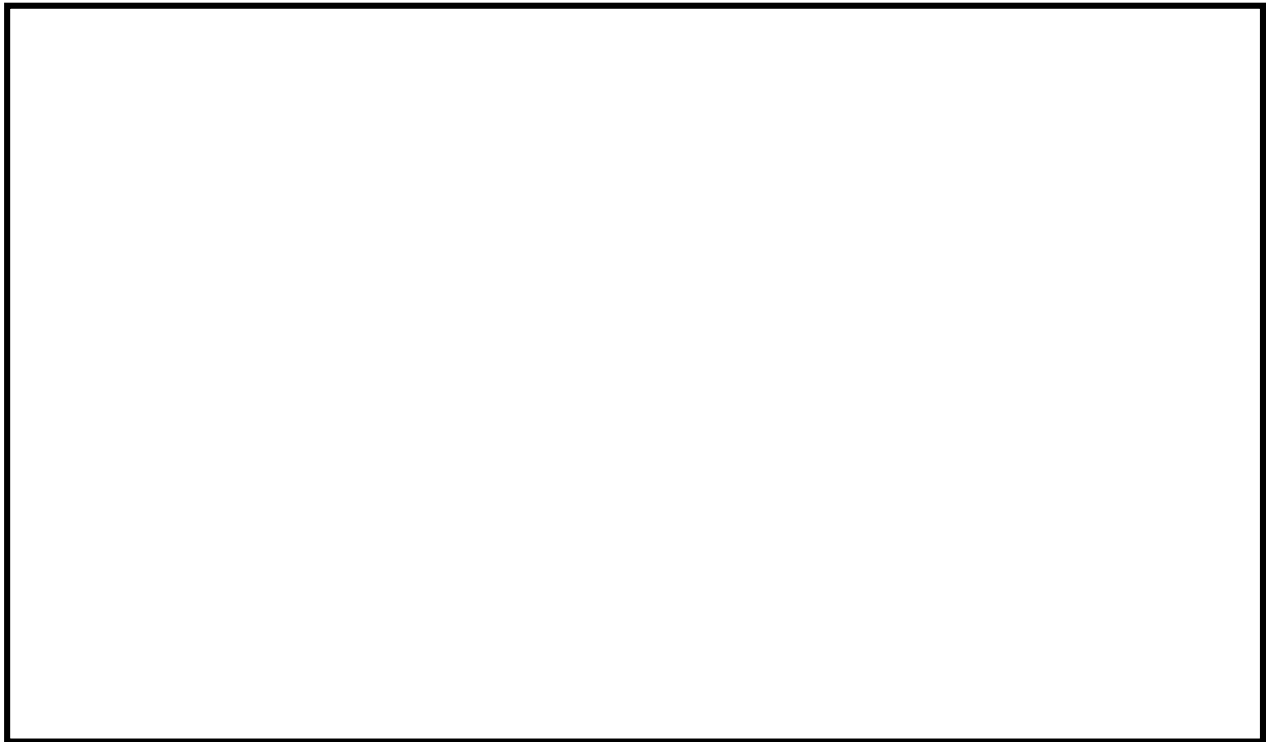
第 2-6-12 図 破壊伝播速度のパラメータスタディ方法



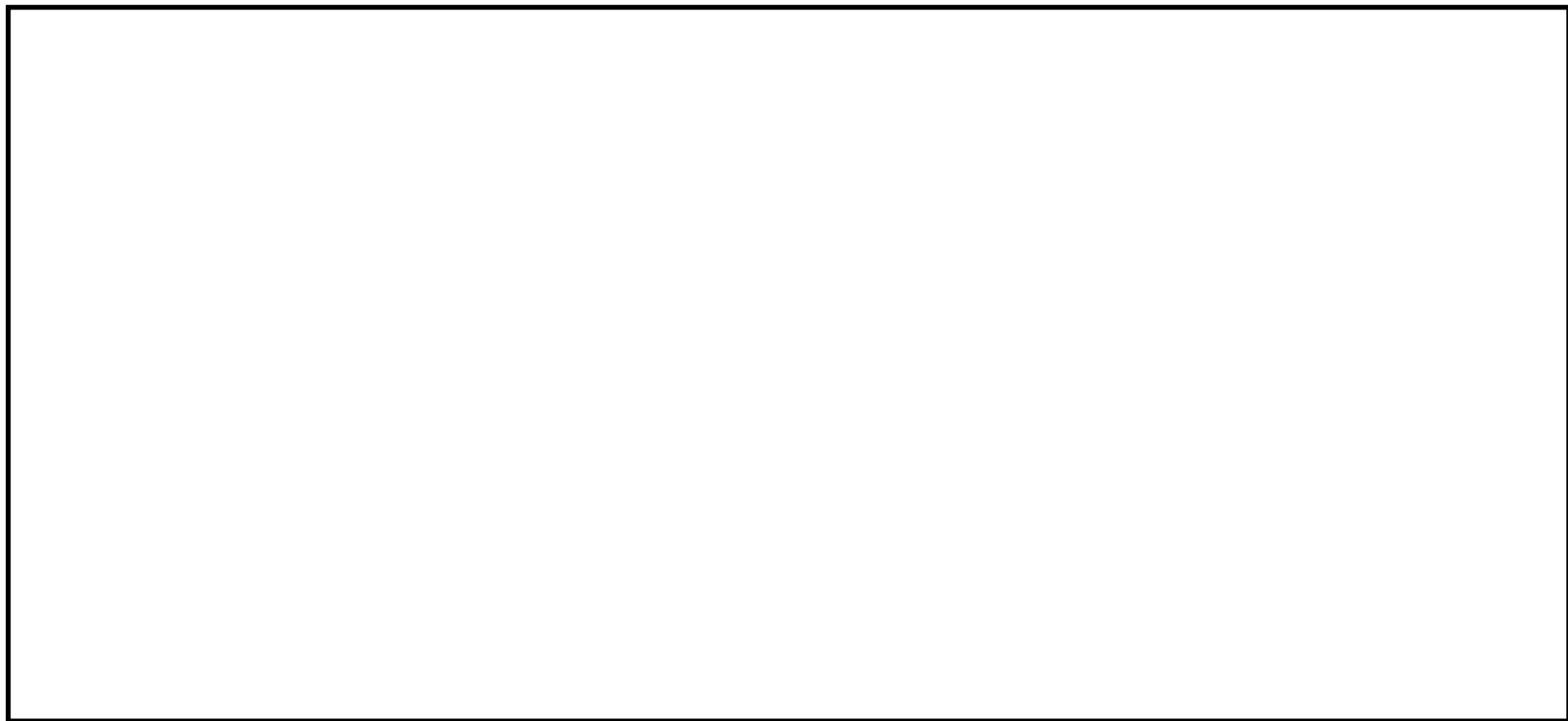
第 2-6-13 図 崩壊規模のパラメータスタディ結果（時刻歴波形）



第 2-6-14 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 2-6-15 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 2-6-16 図 破壊伝播速度パラメータスタディにおける第 1 波の非線形性

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、「第1波よりも第2波以降の水位変動が大きい」という前提に基づき、第1波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第2波以降の水位変動が第1波と同程度以下なのに対して、取水口前の時刻歴波形では第2波以降の水位変動の増幅が見られるが、これは第1波では波源からの直達波のみが到達するのに対して、第2波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2-6-17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第2波以降が増幅することが確認されているが、これは第2波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。

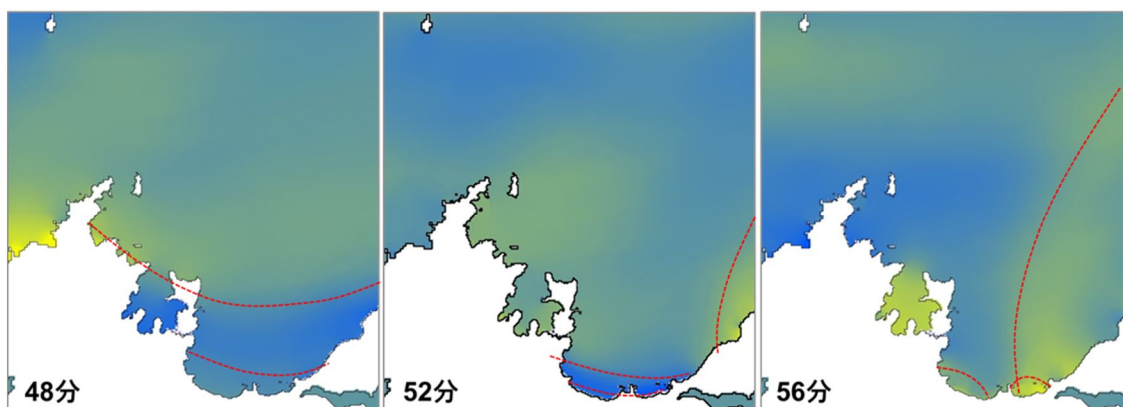
この傾向をより網羅的に確認し、特に「波源のパラメータスタディ結果とは異なるような特異的に大きな増幅傾向がないこと」及び「第1波の水位低下が10分を超えるような周期の長い波（周期40分以上）では大きな増幅はしないこと」を確認するため、振幅・周期を様々に変えた正弦波を用いて津波水位計算を実施し、第1波と第2波以降の関係を確認した。計算条件を第2-6-18図に示す。この検討では第1波と第2波以降の振幅の比（以下「増幅比率」という。）を指標として確認を行った。

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2-6-19図）

正弦波の検討による第2波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の水位変動量では確認できないような特異な増幅傾向はなく、第1波の水位低下が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2-6-20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3.7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3.7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。

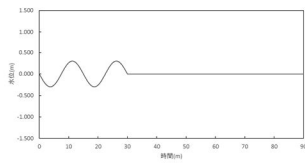


第 2-6-17 図 海底地すべりエリア B (Es-K5、Kinematic モデル) の計算結果
(津波波形、スナップショット)

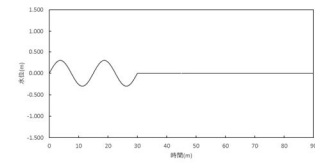
正弦波のパラメータ	設定	考え方
波数	2波	海底地すべりによる津波の基準津波定義位置の波形及びスナップショットから、入力波として明瞭な振幅が存在する波数として2波とする。
初動方向	・水位下降波先行 ・水位上昇波先行	隠岐トラフでは地形的にほとんどの地すべりが発電所とは逆方向に崩壊していることから水位下降波先行と考えられるが、発電所方向に崩壊する一部の地すべりではわずかに水位上昇波が先行する計算結果となることから、両パターンを設定する。
振幅	0.3~0.6m	・取水口位置での1波目の振幅が各周期で概ね0.7m程度となる振幅として0.3mとする。 ・周期10分・15分・40分については、施設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

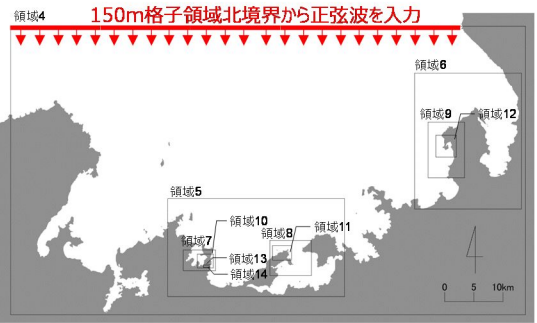
◆波数2・水位下降波先行・周期15分・振幅0.3m



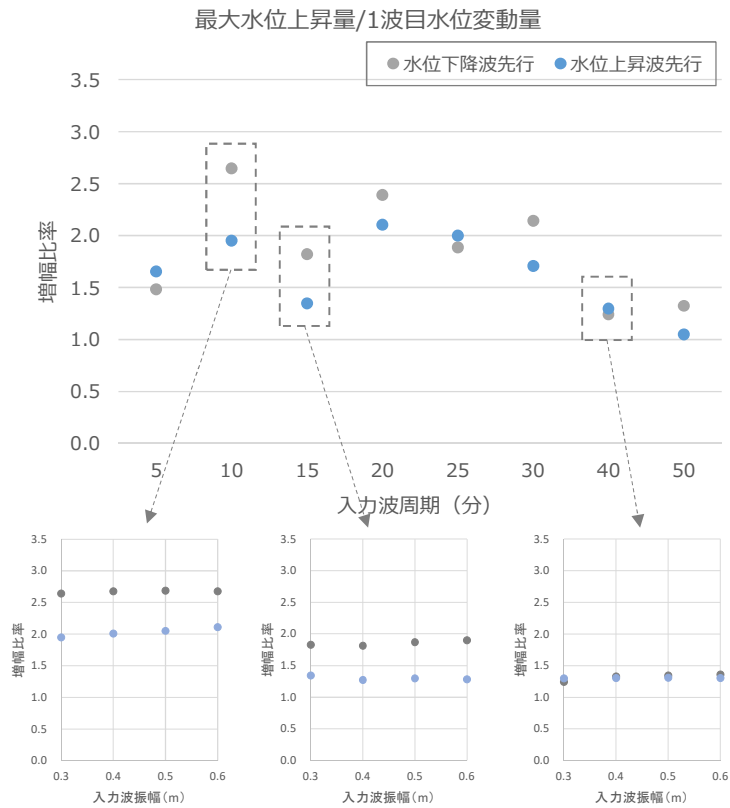
◆波数2・水位上昇波先行・周期15分・振幅0.3m



正弦波の入力位置

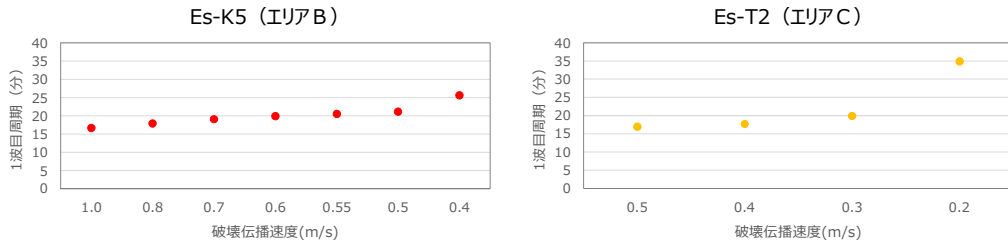


第 2-6-18 図 正弦波によるパラメータスタディの計算条件

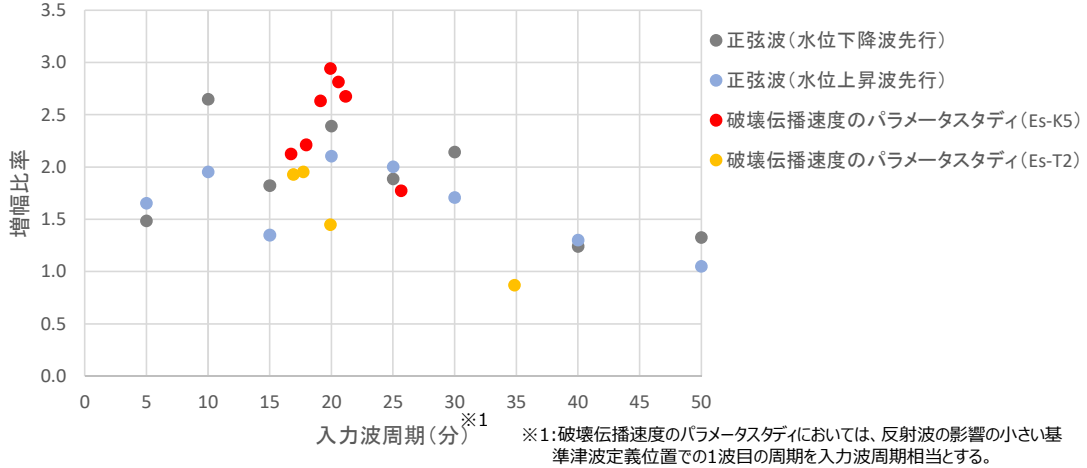


第 2-6-19 図 正弦波によるパラメータスタディ結果（取水口前面）

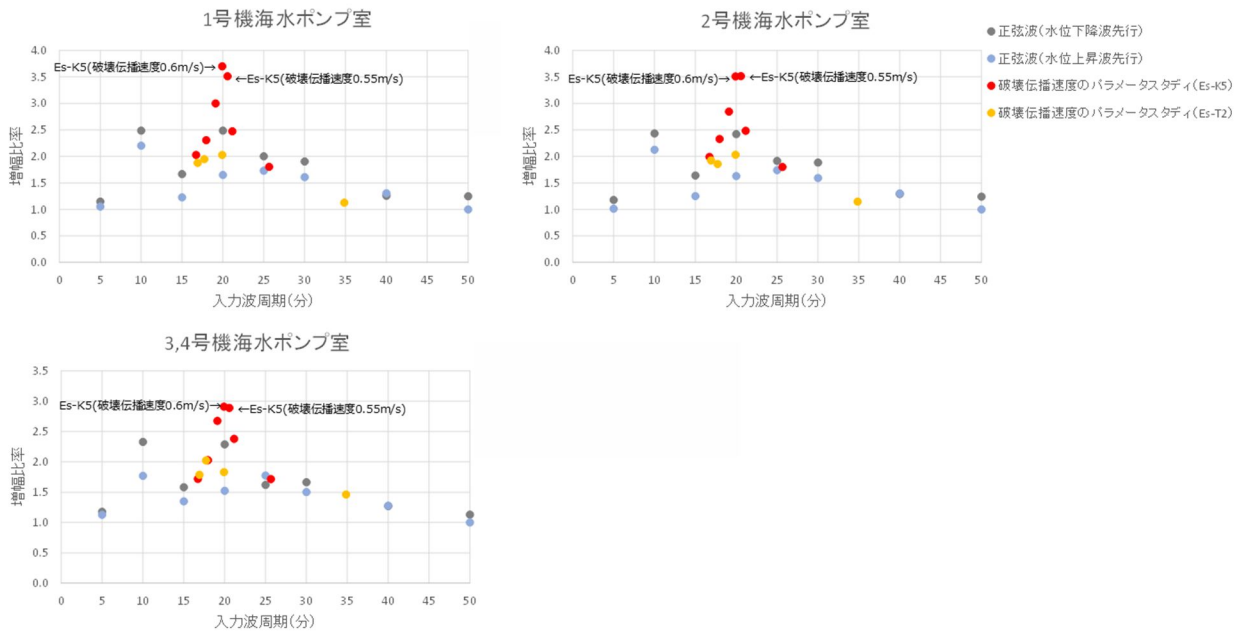
●破壊伝播速度と1波目の周期（基準津波定義位置）の関係



●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 2-6-20 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 2-6-20 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、第2波以降が増幅し、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、取水口位置での第2波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。

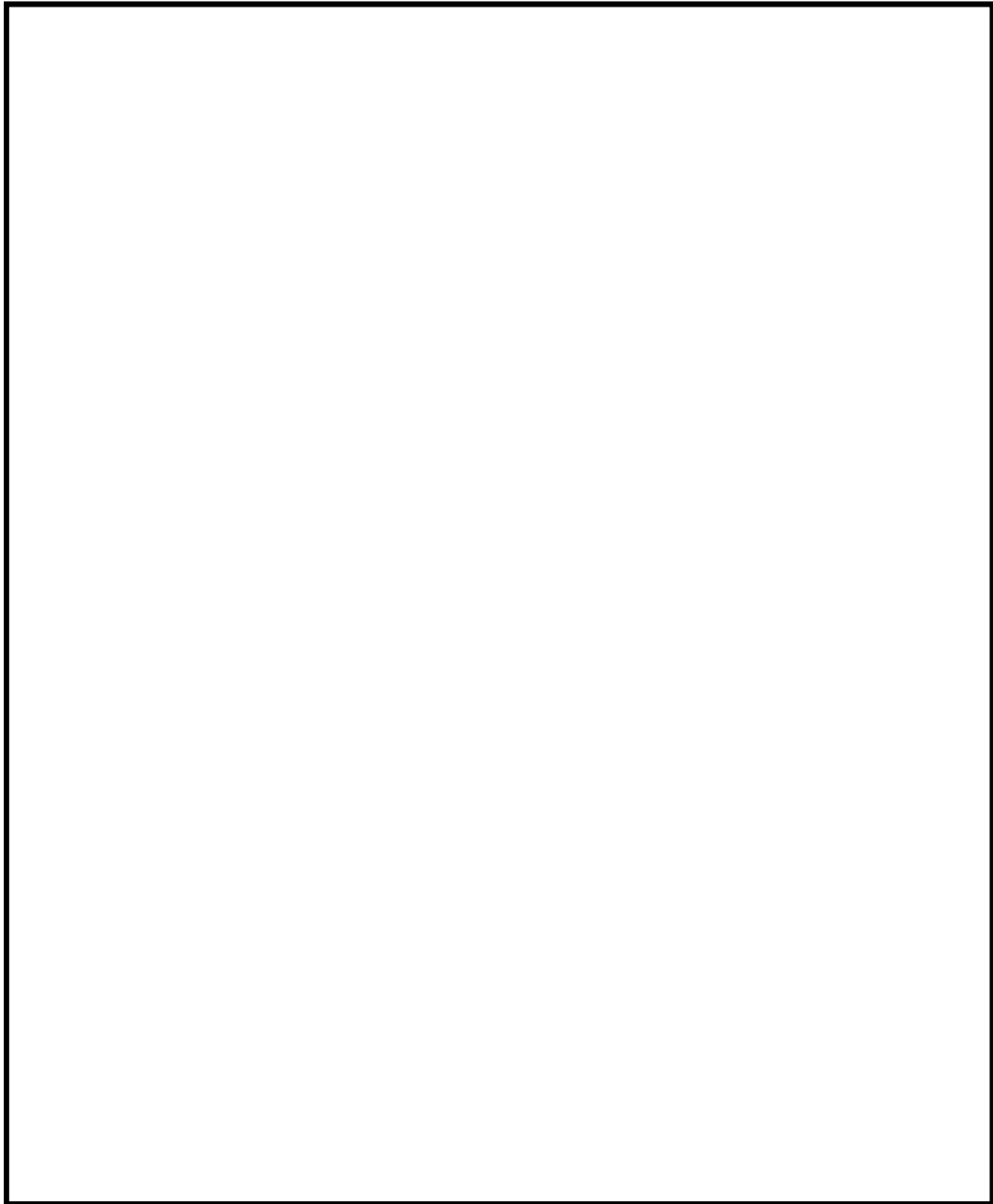
第2-6-21図に海底地すべりによる津波（Es-K5, Kinematicモデル）及び正弦波（入力波周期15分）の計算における若狭湾内のスナップショットと取水口位置の時刻歴波形を示す。それぞれの津波の伝播状況から、波源からの第1波及び第2波は南向きに進行すること、大島半島からの反射波は西向きに進行すること、取水口位置では大島半島からの第1波の反射波と波源からの第2波が重畳すること、大島半島で反射した波が取水口に到達するまでの時間は10～12分程度と考えられること、が確認された。

これを踏まえ、第2-6-22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。

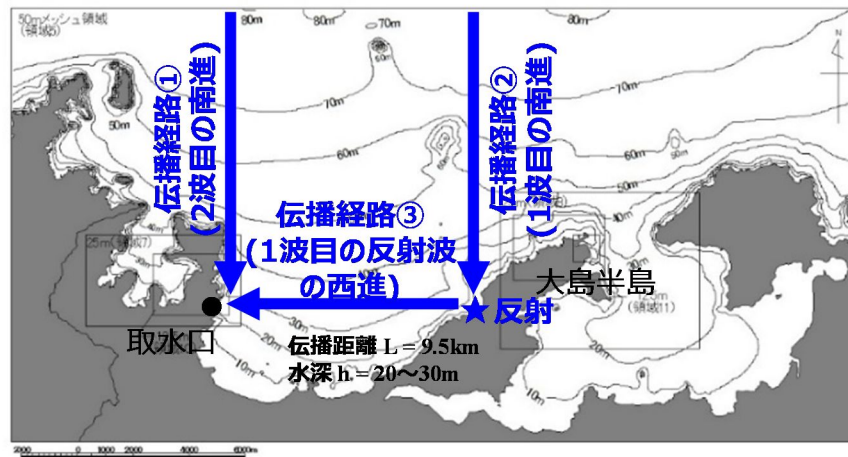
伝播経路①と伝播経路②が同じように津波を伝播させると仮定すると、伝播経路③の進行に要する伝播時間と津波の周期が一致する場合において、伝播経路②及び伝播経路③を通じて到達する第1波のピークと伝播経路①を通じて到達する第2波のピークが取水口前で重畳する。伝播経路③の進行に要する伝播時間は、スナップショット及び時刻歴波形の確認結果から10～12分程度と考えられる。これは伝播距離及び波速に基づく次式の試算とも概ね一致する。

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

従って、周期10～15分程度の波において他の周期よりも第2波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を通じて第2波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 2-6-21 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 2-6-22 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 2-6-22 図において、伝播経路③を西進した第 1 波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、 $T_n = 2L / n\sqrt{gh}$ 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 2-6-23 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。

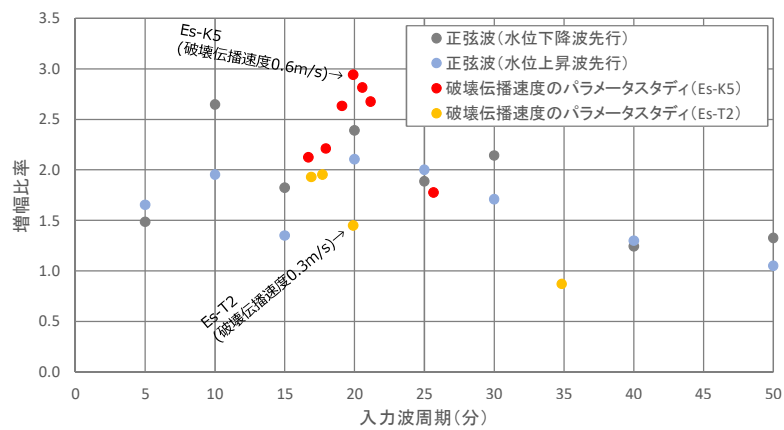
正弦波による検討結果では、特に周期 10 分と周期 20 分において他の周期よりも増幅比率が大きい。これらは伝播経路③の 1 次・2 次の固有周期に近い波である。

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、第 1 波の周期が 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 2-6-23 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 2-6-24 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。

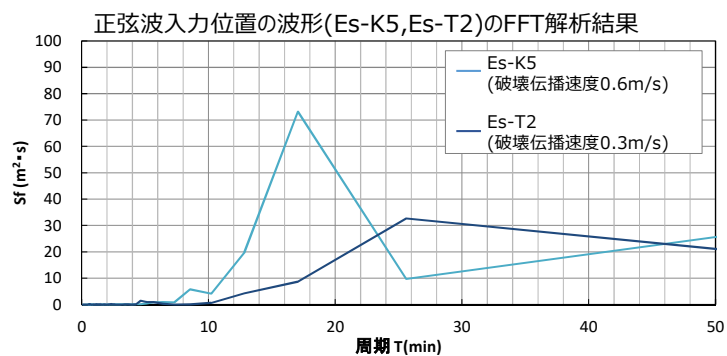
従って、取水口位置における第2波以降の増幅には、大島半島から反射して到達する波の振幅がセイシュによって励起されることが影響している可能性がある。

以上の検討結果から、取水口位置での第2波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第1波の重畳及び、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、いずれの場合も第2波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第2波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第1波の周期を入力波周期相当とする。

第 2-6-23 図 増幅比率と周期の関係 (注：第 2-6-20 図 (1/2) の下側の図の再掲)



第 2-6-24 図 正弦波入力位置の波形 (Es-K5, Es-T2) の FFT 解析結果

2.6.5 取水路防潮ゲートの閉止判断基準の設定

2.6.4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、津波の第1波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の区間の第1波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波の水位が0.67m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3.7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「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」から求めた第

1波の水位低下量を仮設定値として設定する。次に、「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) 波高の観点

パラメータスタディにおいて、第1波の水位低下量と第2波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、第2波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第1波の水位低下量を「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%のケースの第1波の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、第1波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）の第1波の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 3.7 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 波以降の最高水位と仮定（朔望平均満潮位 T.P. +0.49m を初期水位として潮位のばらつき（0.15m）と高潮の裕度（0.49m）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 m）となる。）し、最大の増幅比率（3.7 倍）を用いて逆算した第 1 波の水位低下量として 0.64m (m) 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。

「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 2-6-3 表に示す。

第 2-6-3 表 3つの観点での仮設定値

--

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

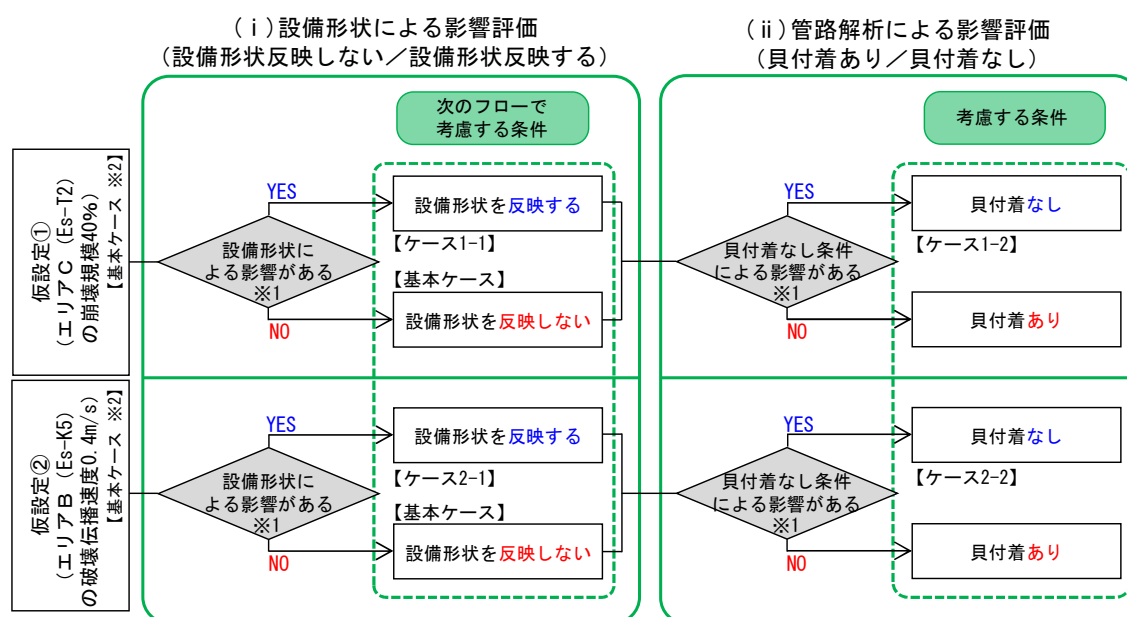
(a) 評価方法

a. に示す「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「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2-6-25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、第1波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2-6-25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、取水ロケ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、取水ロケソン重量コンクリートを考慮する条件としたモデルで第1波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2-6-4表に示す。

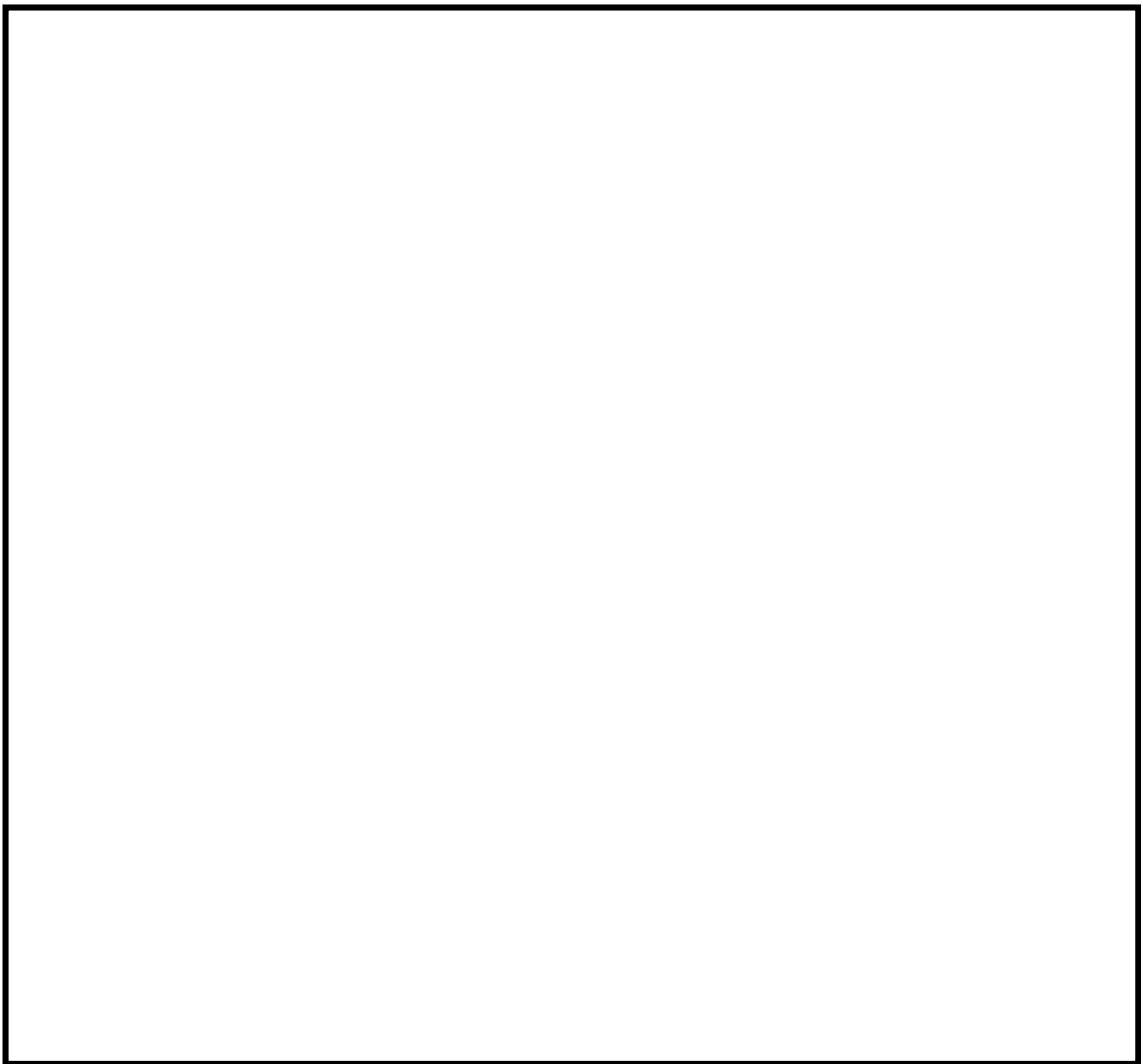
第2-6-4表 設備形状による影響評価の条件

--

(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 2-6-26 図に示す施設状況を考慮し、第 2-6-5 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、第 1 波の水位低下量に及ぼす影響も評価する。



第 2-6-26 図 取水路断面図

第 2-6-5 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第 1 波水位低下量を第 2-6-6 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、各海水ポンプ室の第 1 波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第 1 波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第 1 波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、第 1 波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。

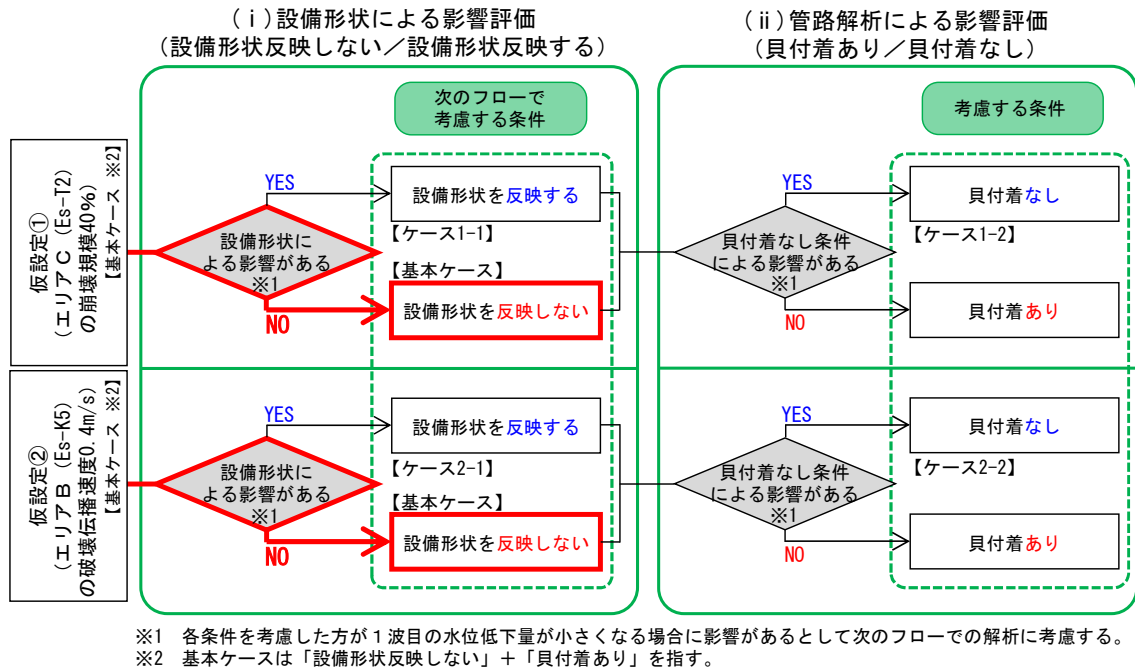
設備形状による影響評価結果を第 2-6-27 図に示す。

第 2-6-6 表 設備形状による影響評価における第 1 波水位低下量の比較

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	【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	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	【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.±0m~+6.5はカーテンウォールあり



第 2-6-27 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第1波水位低下量を第2-6-7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、各海水ポンプ室の第1波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、第1波の水位低下量が減少する結果が得られた。

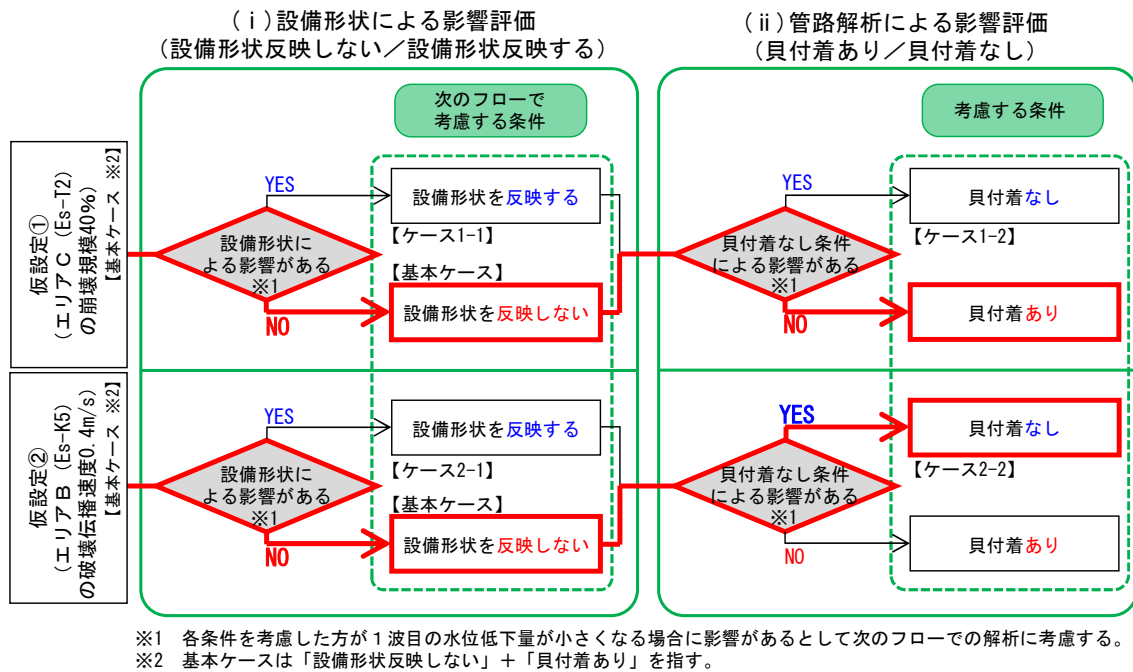
管路解析による影響評価結果を第2-6-28図に示す。

第 2-6-7 表 管路解析による影響評価における第1波水位低下量の比較

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	【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	【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. ±0m ~ +6.5mはカーテンウォールあり



第 2-6-28 図 管路解析による影響評価結果

(iii) 評価結果のまとめ

第 2-6-6 表に示す設備形状による影響評価結果及び第 2-6-7 表に示す管路解析による影響評価結果のまとめを第 2-6-8 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第 1 波の水位低下量に影響はなく、第 1 波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、第 1 波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 2-6-8 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、「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、「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、第1波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2-6-29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2-6-30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2-6-31図に示す。

以上より、「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2-6-9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2-6-32図に示す。

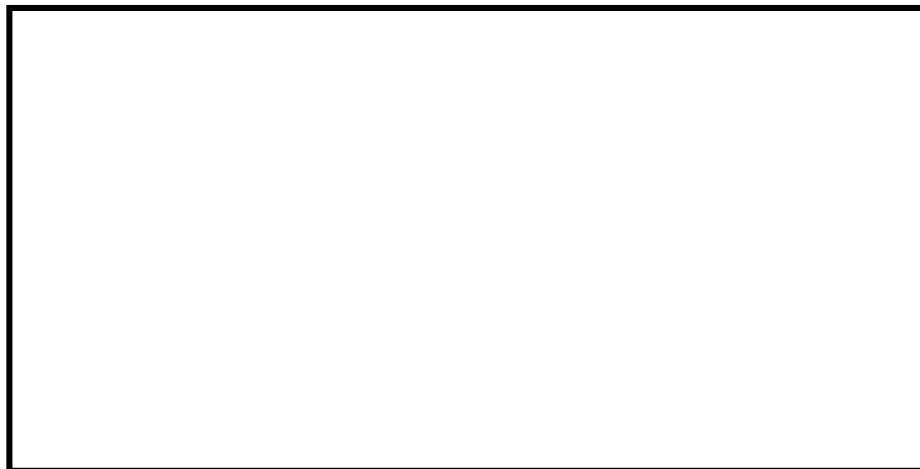
- ・潮位観測システム（防護用）のうち、2台の潮位計の観測潮位が10分以内に0.5m以上上りし、その後、最低潮位から10分以内に0.5m以上上昇する。

又は

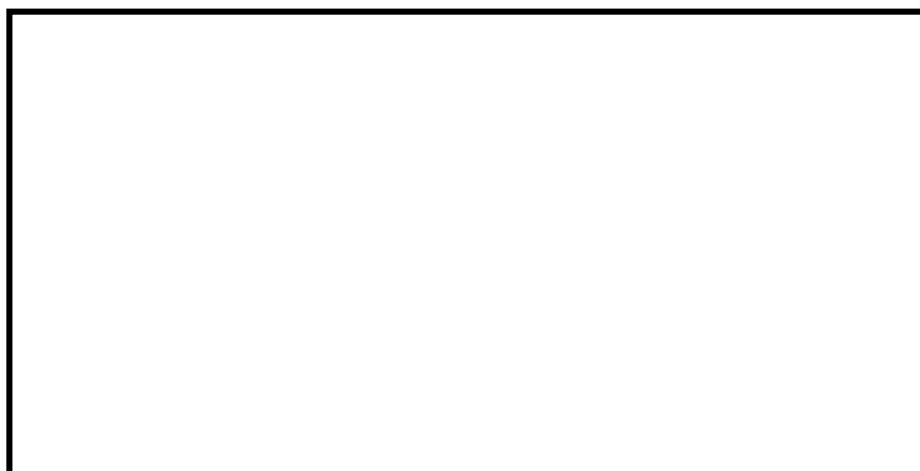
- ・潮位観測システム（防護用）のうち、2台の潮位計の観測潮位が10分以内に0.5m以上上りし、その後、最高潮位から10分以内に0.5m以上下降する。

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、2.6.1～2.6.4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、2.6.5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。

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



第2-6-29図 第1波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

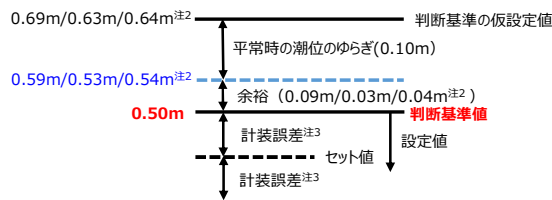
●夏季における10分間の潮位のゆらぎ(m)

	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

●冬季における10分間の潮位のゆらぎ(m)

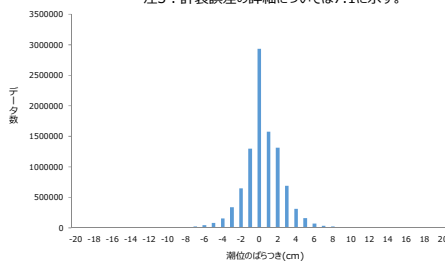
	2019.8.1~10.31及び2020.1.1~3.31(6か月)		
	3号海水ポンプ	4号海水ポンプ	全体
中央値	0.010	0.015	0.012
標準偏差	0.011	0.017	0.014
潮位のゆらぎ	0.021	0.032	0.026

●夏季と冬季の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場合を示す。
注3: 計表誤差の詳細については7.1に示す。

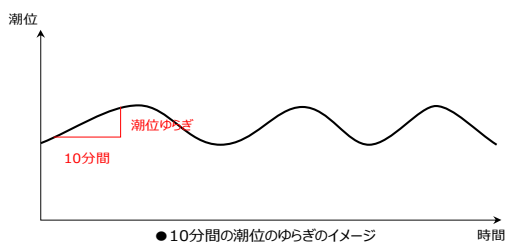


●10分間の潮位のゆらぎのばらつき(過去データ6ヶ月分)

第 2-6-30 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。
- 夏季、冬季、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

	夏季	冬季	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

●夏季と冬季の6ヶ月データによる10分間の潮位のゆらぎ(m)

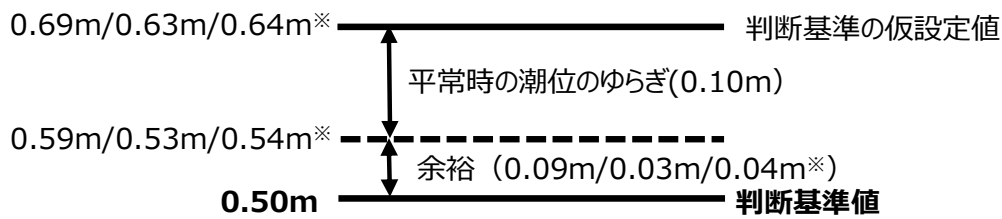
●観測データを用いた10分差及び絶対値の例

日時	観測時刻値		10分差分絶対値	
	3号海水ポンプ室 観位(m)	4号海水ポンプ室 観位(m)	3号海水ポンプ室 差位(m)	4号海水ポンプ室 差位(m)
2019年09月01日 00時10分05秒	-0.71	-0.678	0.098	0.094
2019年09月01日 00時10分10秒	-0.71	-0.678	0.095	0.094
2019年09月01日 00時10分15秒	-0.707	-0.675	0.098	0.095
2019年09月01日 00時10分20秒	-0.707	-0.678	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	-0.673	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	0.012
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	0.015
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	0.014
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	0.008	0.008
2019年09月01日 00時20分10秒	-0.702	-0.673	0.008	0.005
2019年09月01日 00時20分15秒	-0.705	-0.673	0.002	0.002
2019年09月01日 00時20分20秒	-0.707	-0.673	0	0.005
2019年09月01日 00時20分25秒	-0.707	-0.675	0	0

第 2-6-31 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 2-6-9 表 不確かさを考慮した再設定値

		仮設定値		不確かさの考慮 (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 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「期望平均潮位」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 2-6-32 図 取水路防潮ゲートの閉止判断基準の概念図

2.7 施設に影響を及ぼす水位に近接する入力津波の設定について

入力津波は、最も水位変動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、水位変動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ため、施設に影響を及ぼす水位に近接する入力津波を設定する。

本資料では、施設に影響を及ぼす水位に近接する入力津波の設定に関して、以下を説明する。

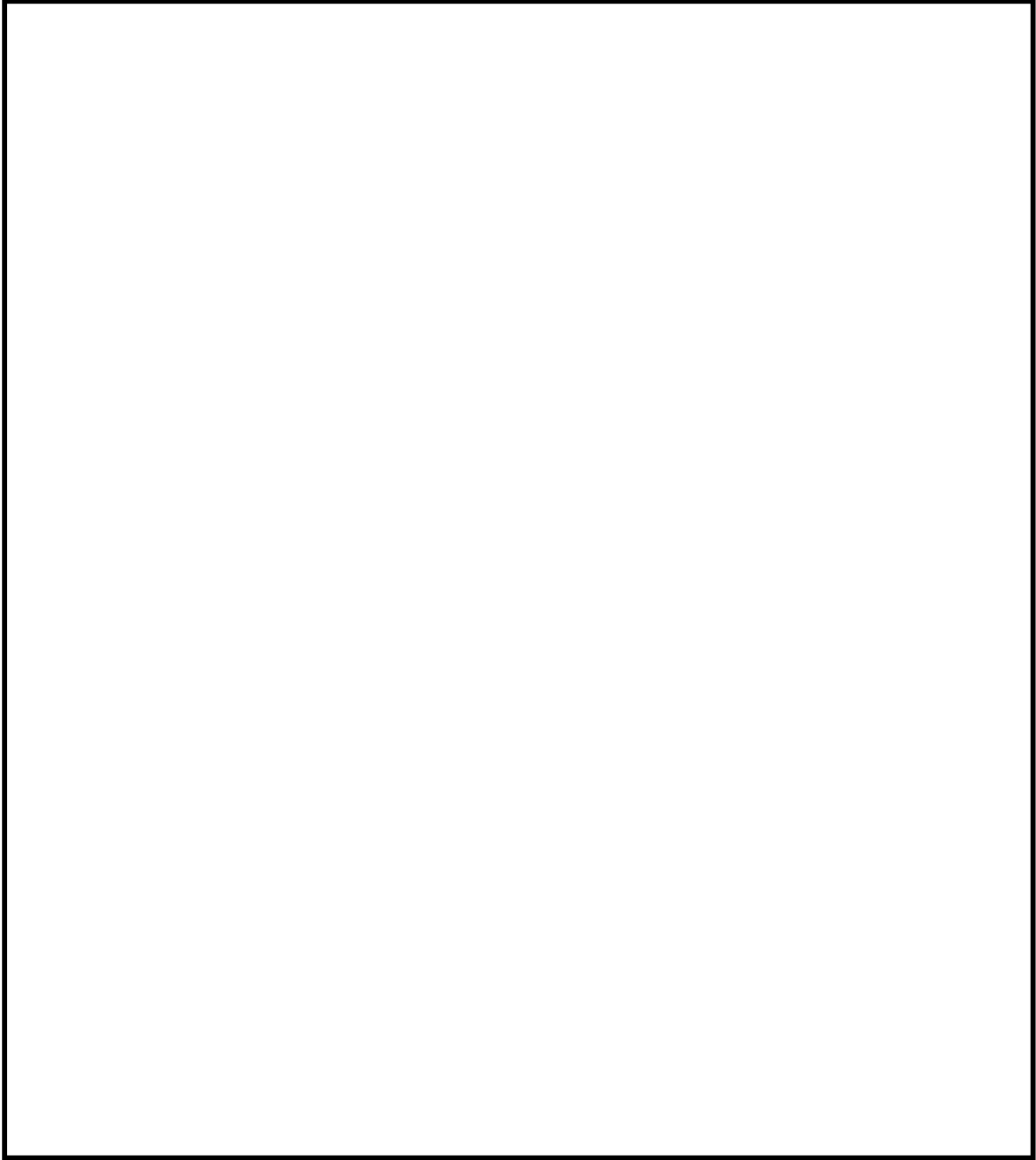
- 2.7.1 では、敷地高さに近接する津波の選定の考え方について、隠岐トラフ海底地すべりのパラメータと第1波の水位低下量の関係において、波高の非線形性による逆転現象が認められることを踏まえ、崩壊規模及び破壊伝播速度と最高水位の関係を整理し、敷地高さに近接する津波を選定する際は、各評価点当たり1ケースで十分であることを示す。
- 2.7.2 では、水位上昇側の検討におけるパラメータスタディ及び施設評価で考慮する影響評価の方法及び結果について示す。
- 2.7.3 では、水位下降側の検討におけるパラメータスタディ及び施設評価で考慮する影響評価の方法及び結果について示す。
- 2.7.4 では、潮位観測システム（防護用）のうち、潮位計が設置されている各評価点（1号機、2号機及び3，4号機海水ポンプ室前面）において、施設影響が生じる津波について「第1波の水位低下量が0.5mであること」及び「第1波が0.5m低下するのに要する時間が10分以内であること」を確認することにより、潮位観測システム（防護用）の測定点の妥当性を示す。

2.7.1 敷地高さに近接する津波の選定の考え方について

敷地高さに近接する津波の選定に当たっては、隠岐トラフ海底地すべりの破壊伝播速度と第1波の水位低下量の関係において、波高の非線形性による逆転現象（以下「非線形性」という。）が認められることを踏まえ、最高水位についても、崩壊規模及び破壊伝播速度との関係において非線形性がないか確認する。

第2-7-1図に示すとおり、4つの評価点とも、崩壊規模及び破壊伝播速度と最高水位の関係が、敷地高さ（T.P. m）付近で右上がりの傾向を示している。従って、エリアBの破壊伝播速度のパラメータスタディに当たり、破壊伝播速度0.5～0.6m/sにおいて確認された非線形性はないことを確認した。

以上から、敷地高さに近接する津波を選定する際は、各評価点当たり1ケースで十分であることが言える。



第 2-7-1 図 崩壊規模及び破壊伝播速度と最高水位の関係

2.7.2 水位上昇側の敷地高さに近接する入力津波の設定

敷地高さに近接する入力津波は、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及び3、4号機循環水ポンプ室前面のそれぞれの評価点において、敷地高さをわずかに超える水位となるように、崩壊規模及び破壊伝播速度のパラメータスタディ及び影響評価を実施した上で設定する。

なお、第2-7-1表のとおり、基準津波3、4の水位上昇側については、取水路防潮ゲートが開の状態では取水路防潮ゲートの内側の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及び3、4号機循環水ポンプ室前面で施設影響が生じることを確認している。従って、取水路防潮ゲート閉止により施設への影響を防止する必要があるため、これら4地点を評価点として選定した。

第2-7-1表 施設影響のおそれのある波源の津波評価結果
(潮位のばらつき、高潮裕度を考慮)

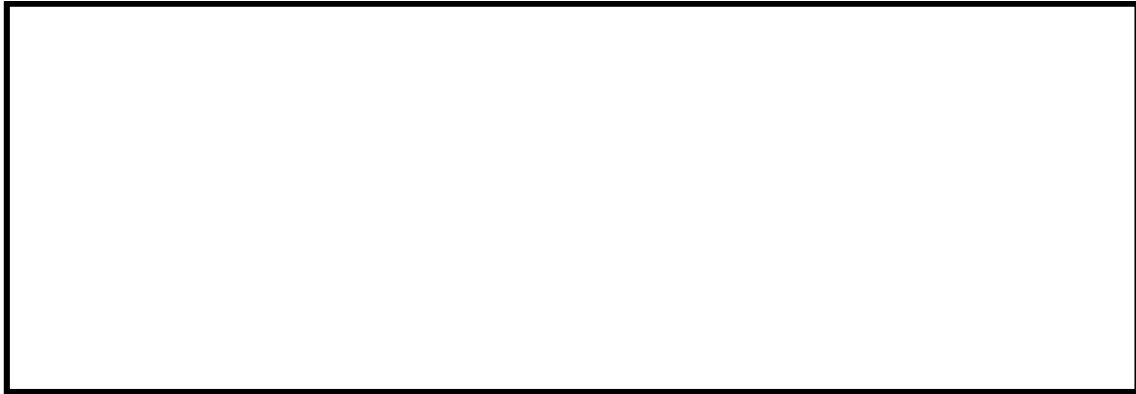
--

(1) パラメータスタディ及び影響評価による津波水位への影響の整理

敷地高さをわずかに超える水位となる津波の抽出に当たり、崩壊規模及び破壊伝播速度のパラメータスタディ及び影響評価による津波水位への影響を整理する。

a. パラメータスタディによる津波水位への影響の整理

崩壊規模及び破壊伝播速度のパラメータスタディの結果を整理し、最高水位と第1波の水位低下量の関係を確認した(第2-7-2図)。なお、図中の基本ケースとは、エリアBにおいては崩壊規模100%・破壊伝播速度1.0m/sの波源、エリアCにおいては崩壊規模100%・破壊伝播速度0.5m/sの波源を指す。



第 2-7-2 図 崩壊規模及び破壊伝播速度のパラメータスタディ結果
(最高水位と第 1 波の水位低下量の関係)

上図に示す最高水位と第 1 波の水位低下量との関係より、パラメータスタディによる津波水位への影響として、下記の「i.」～「iii.」の 3 つの傾向を確認した。

- i. エリア C の崩壊規模のパラメータスタディによる第 1 波の水位低下量は、エリア C の破壊伝播速度のパラメータスタディによる第 1 波の水位低下量よりも小さい
- ii. エリア B 及びエリア C の崩壊規模並びにエリア C の破壊伝播速度のパラメータスタディでは、最高水位と第 1 波の水位低下量の関係はほぼ比例関係である
- iii. エリア B の破壊伝播速度のパラメータスタディでは、最高水位と第 1 波の水位低下量の関係において、非線形性が見られる

「i.」の傾向を踏まえ、破壊伝播速度よりも崩壊規模をパラメータとした波源を選定するほうが、検知性の観点で保守的と考えられることから、「b. 影響評価による津波水位への影響の整理」にて、崩壊規模をパラメータとした場合に、最高水位が敷地高さに近接するようなパラメータの設定値を推定する。

また、「ii」及び「iii.」の傾向を踏まえ、敷地高さをわずかに超える水位となる津波の抽出に当たり、非線形性の影響を考慮するために、「(2) 敷地高さに近接する入力津波の設定」において、非線形性が確認されている破壊伝播速度のパラメータに対して崩壊規模のパラメータを組み合わせたパラメータスタディを実施する。

b. 影響評価による津波水位への影響の整理

最高水位が敷地高さに近接するような崩壊規模のパラメータを推定するため、影響評価による津波水位への影響を整理した（第 2-7-2 表）。

同表より、設備形状の影響評価、設備形状の影響評価及び管路解析の影響評価の組合せを行った場合は、最高水位が約 10～40cm 程度下がること、また、管路解析の影響評価を行った場合は、最高水位が数 cm 上がることを確認した。

上記を踏まえ、第 2-7-3 図に示すとおり、最高水位が敷地高さに近接するような

崩壊規模のパラメータとしては、エリアBの崩壊規模40%、50%、エリアCの崩壊規模40%、70%付近と推定される。

従って、「(2) 敷地高さに近接する入力津波の設定」において、これらのパラメータを基本としてパラメータスタディ及び影響評価を実施し、敷地高さに近接する津波を選定する。

第2-7-2表 影響評価による最高水位への影響について



第2-7-3図 最高水位が施設影響を及ぼす水位に近接する崩壊規模の推定の考え方

(2) 敷地高さに近接する入力津波の設定

a. 崩壊規模をパラメータとする波源の検討

「(1)b. 影響評価による津波水位への影響の整理」にて抽出したエリアBの崩壊規模40%、並びにエリアCの崩壊規模40%、70%を基本に、崩壊規模のパラメータスタディ及び影響評価を実施した(第2-7-3表)。同表より、エリアBの崩壊規模35%、38%、48%、エリアCの40%、68%、69%で最高水位がT.P. mを超えることを確認した。このうち、最高水位がT.P. mであり、より敷地高さに近接する波源であるエリアBの崩壊規模48%、エリアCの崩壊規模40%、68%、69%を抽出する。なお、エリアBの崩壊規模48%とエリアCの崩壊規模69%については、いずれも設備形状を反映するという条件で影響評価を実施するケースであることから、第1波の水位低下量が、より小さい波源であるエリアBの崩壊規模48%を代表とする。

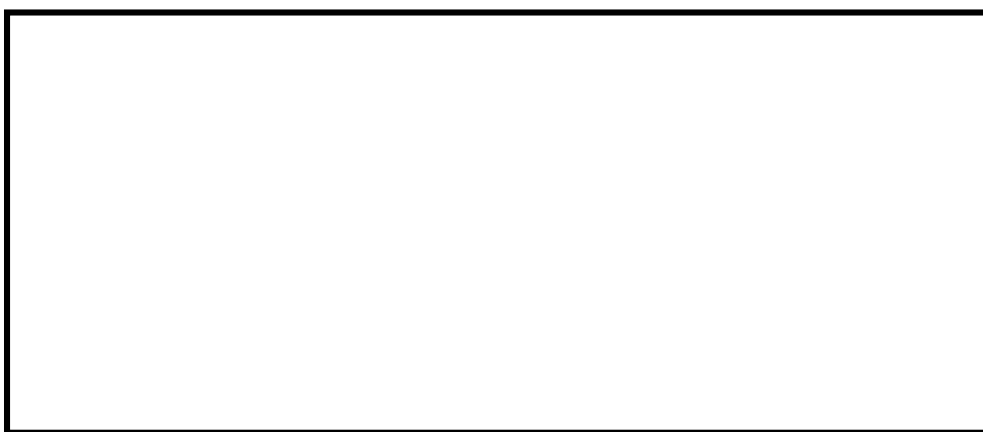
以上を踏まえ、最高水位が T.P. m となるエリア B の崩壊規模 48%、エリア C の崩壊規模 40%、68% の波源による津波を敷地高さに近接する津波として選定した。

第 2-7-3 表 崩壊規模のパラメータスタディ及び影響評価の結果

--

b. エリアBの破壊伝播速度の非線形性を考慮した検討

第2-7-2図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の結果を基に、最高水位と第1波の水位低下量の関係を確認したところ、エリアBのパラメータスタディにおいては、敷地高さ近傍で崩壊規模と破壊伝播速度の第1波の水位低下量の大小関係が交差するといった、波高の非線形性による逆転現象を確認した。従って、最高水位が敷地高さに近接するような崩壊規模と破壊伝播速度を組み合わせたパラメータスタディを実施し、最高水位と第1波の水位低下量を確認した。



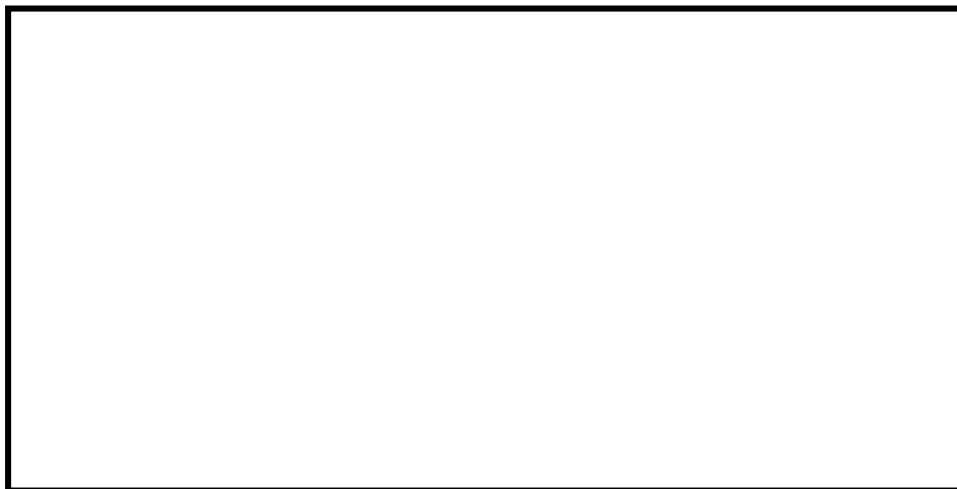
第2-7-4図 波高の非線形性による逆転現象が確認される範囲における崩壊規模と破壊伝播速度の組合せ

第2-7-4図のとおり、破壊伝播速度のみのパラメータスタディの結果、破壊伝播速度0.55m/sにおいて第1波の水位低下量が低かったことから、この破壊伝播速度において崩壊規模のパラメータを90%、92%、94%、96%、98%としてパラメータスタディを行い、崩壊規模92%と94%のパラメータスタディで最高水位がそれぞれT.P. mとT.P. mとなることを確認した。これより敷地高さT.P. mに近接するよう崩壊規模を93%に変更してパラメータスタディを実施した。

以上の結果より、最高水位が敷地高さT.P. mに近接するケースとして、崩壊規模92%・破壊伝播速度0.55m/s及び崩壊規模93%・破壊伝播速度0.55m/sのケースに対して、施設評価で考慮する影響評価を実施した(第2-7-4表)。

同表より崩壊規模92%・破壊伝播速度0.55m/sのいずれのケースにおいても最高水位が敷地高さT.P. mを下回ることを確認したことから、最高水位が敷地高さに近接するケースのうち、最も低い第1波の水位低下量となるケースとして、崩壊規模93%・破壊伝播速度0.55m/sの設備形状及び管路解析を考慮しないケースを抽出した。

第 2-7-4 表 崩壊規模のパラメータスタディ及び影響評価の結果



上記の検討において、最高水位は 3, 4 号機海水ポンプ室前面及び 3, 4 号機循環水ポンプ室前面のものから高い値を採用し、第 1 波の水位低下量は 3 つの評価点のうち最も水位低下量が小さい値を採用して、それらの関係を確認している。(第 2-7-4 図の左の図を参照)

ここで、第 2-7-1 図において、エリア B のパラメータスタディにおける最高水位と破壊伝播速度の関係を確認したが、敷地高さ (T.P. m) 付近において、非線形性は示さないことを確認していることから、第 2-7-4 図及び第 2-7-5 図で確認された非線形性は第 1 波の水位低下量によるものと考えられる。

以上のことから、非線形性に影響のある第 1 波の水位低下量については、3 つの評価点の最も小さい値を採用しており、1 号機海水ポンプ室前面及び 2 号機海水ポンプ室前面においても、現在評価している第 1 波の水位低下量を下回ることはないと考ええる。

2.7.3 水位下降側の海水ポンプの取水可能水位に近接する入力津波の設定

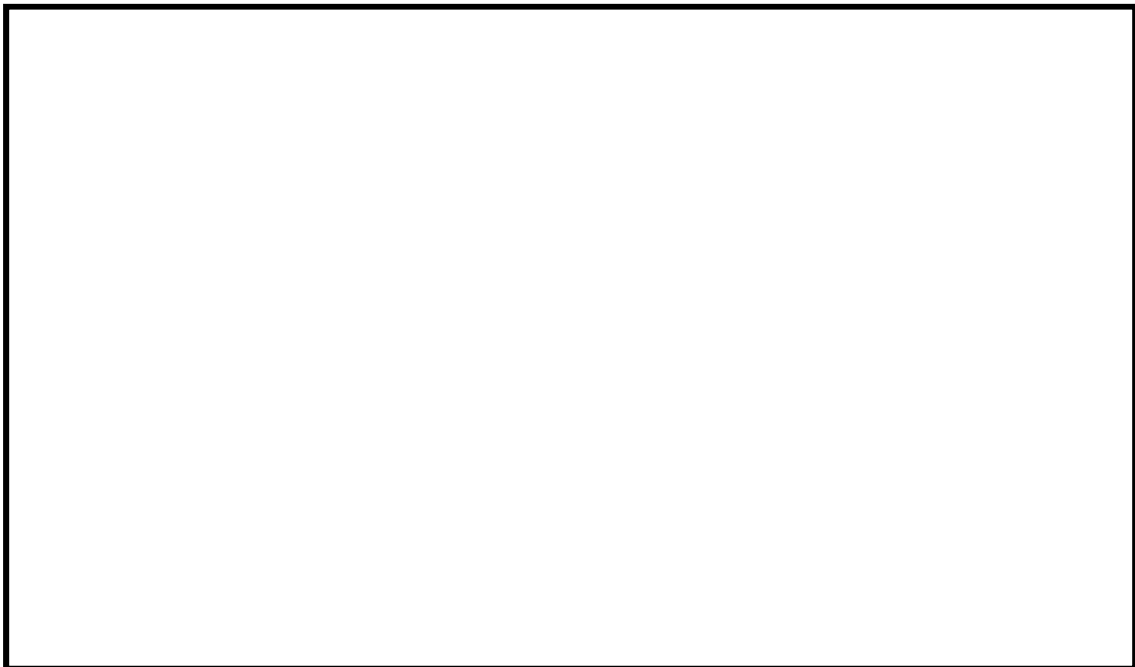
海水ポンプの取水可能水位に近接する入力津波の設定については、1号機海水ポンプ室前面、2号機海水ポンプ室前面及び3，4号機海水ポンプ室前面のそれぞれの評価点において、海水ポンプの取水可能水位に近接する入力津波を設定する。なお、海水ポンプの取水可能水位は1号機海水ポンプ及び2号機海水ポンプでT.P. m、3，4号機海水ポンプでT.P. mである。

なお、第2-7-1表のとおり、基準津波3，4の水位下降側については、取水路防潮ゲートが開の状態では取水路防潮ゲートの内側の1号機海水ポンプ室前面、2号機海水ポンプ室前面及び3，4号機海水ポンプ室前面で施設影響が生じることを確認している。従って、取水路防潮ゲート閉止により施設への影響を防止するため、これら3地点を評価点として選定した。

(1) パラメータスタディによる津波水位への影響の整理

海水ポンプの取水可能水位をわずかに下回る水位となる津波の抽出に当たり、崩壊規模及び破壊伝播速度のパラメータスタディによる津波水位への影響を整理する。

水位上昇側と同様に、崩壊規模及び破壊伝播速度のパラメータスタディの結果を整理し、最低水位と第1波の水位低下量の関係を確認した（第2-7-6図）。



第2-7-6図 崩壊規模及び破壊伝播速度のパラメータスタディ結果
(最低水位と第1波の水位低下量の関係)

上図に示す最高水位と第1波の水位低下量との関係より、パラメータスタディによる津波水位への影響として、下記の「i.」～「iii.」の3つの傾向を確認した。

- i. ①の図より、1号機海水ポンプ室前面及び2号機海水ポンプ室前面におけるエリアBのパラメータスタディにおいて、最低水位と第1波の水位低下量の関係はほぼ比例関係であり、海水ポンプの取水可能水位を下回る以下の波源では、第1波の水位低下量が1m以上となる
(崩壊規模100%・破壊伝播速度1.0m/s)、(崩壊規模100%・破壊伝播速度0.8m/s)、(崩壊規模80%・破壊伝播速度1.0m/s)
- ii. ②の図より、3、4号機海水ポンプ室前面におけるエリアBのパラメータスタディでは、最低水位と第1波の水位低下量の関係において、最低水位がT.P. m～T.P. mの範囲で比例関係ではないが、海水ポンプの取水可能水位を下回らない
海水ポンプの取水可能水位を下回り施設影響のある波源（崩壊規模100%・破壊伝播速度1.0m/s）では、第1波の水位低下量が1m以上となる
- iii. ③の図より、エリアCのパラメータスタディでは最低水位が海水ポンプの取水可能水位を下回らない

「i.」及び「ii.」の傾向である「海水ポンプの取水可能水位を下回る範囲では、最低水位と第1波の水位低下量の関係はほぼ比例関係であり、1、2号機側、3、4号機側ともに第1波の水位低下量が1m以上となること」については、水位下降側が水位上昇側よりも水位低下しやすいという特性によるものと考えられる。

このような特性を踏まえると、水位下降側については、水位上昇側に比べて検知性の観点で十分な余裕があること、施設影響を及ぼす範囲では最低水位と第1波の水位低下量の関係はほぼ比例関係であることから、第2-7-4図に示す海水ポンプの取水可能水位を下回る津波のうち、エリアBの崩壊規模100%・破壊伝播速度1.0m/s、崩壊規模100%・破壊伝播速度0.8m/s及び崩壊規模80%・破壊伝播速度1.0m/sの波源を抽出し、「(2) 海水ポンプの取水可能水位に近接する入力津波の設定」にて、影響評価を実施し、海水ポンプの取水可能水位に近接する津波を選定する（第2-7-5表、第2-7-6表）。

第 2-7-5 表 影響評価結果（水位下降側）

--	--	--	--	--	--

第 2-7-6 表 設備形状を反映しない、貝付着なしの波源の影響評価結果

影響評価ケース		海底地すべりの波源特性		第1波の水位低下量(10分間) (m)		
設備形状	管路解析			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
× (考慮しない) 設備形状を反映しない	○ (考慮する) 貝付着なし	崩壊規模 100%	破壊伝播速度 1.0m/s	1.49	1.51	1.78
		崩壊規模 80%	破壊伝播速度 1.0m/s	1.28	1.28	1.45
		崩壊規模 100%	破壊伝播速度 0.8m/s	1.25	1.26	1.48

第 2-7-5 表、第 2-7-6 表より、「設備形状を反映する・貝付着あり」及び「設備形状を反映する・貝付着なし」の影響評価ケースでは、崩壊規模 100%・破壊伝播速度 1.0m/s の波源のみ海水ポンプの取水可能水位を下回ることを確認した。また、「設備形状を反映しない・貝付着なし」の影響評価ケースにおいては、いずれの波源においても海水ポンプの取水可能水位を下回るが、そのうち、海水ポンプの取水可能水位に近接し、第 1 波の水位低下量が小さいケースとして、崩壊規模 100%・破壊伝播速度 0.8m/s の波源で第 1 波の水位低下量が 1.25m であることを確認した。

2.7.4 潮位観測システム（防護用）の測定点の妥当性

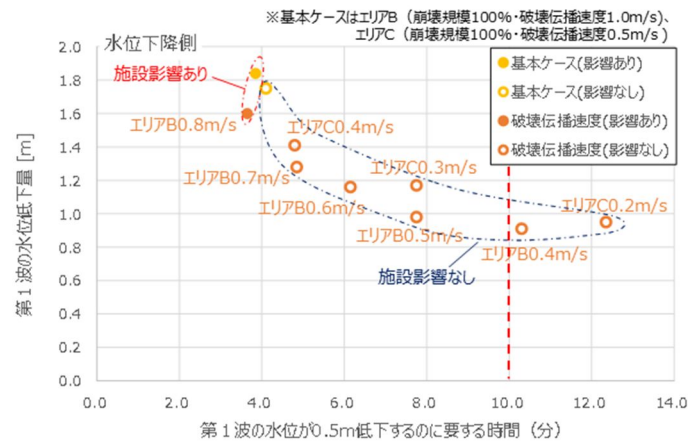
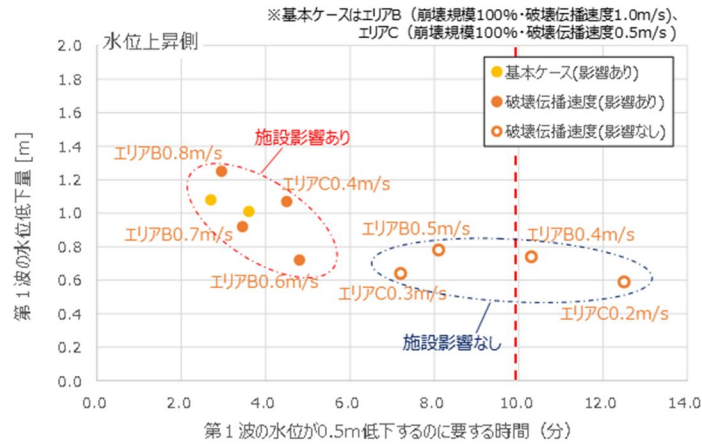
潮位観測システム（防護用）の測定点は、施設影響が生じる津波を確実に検知できることを前提に、津波防護対象設備を設置しているエリアのうち、最も津波の影響を受ける可能性がある1号機、2号機及び3，4号機海水ポンプ室に設置している潮位計を用いる方針としている。このため、潮位計が設置されている各評価点において、施設影響が生じる津波いずれにおいても「第1波の水位低下量が0.5m以上であること」及び「第1波が0.5m低下するのに要する時間が10分以内であること」を確認することにより、4台の潮位計（1台は予備）のうち、いずれの2台の組み合わせにおいても、取水路防潮ゲートの閉止判断に影響がないことを示す。

(1) 第1波の水位低下量の確認

施設影響が生じるケースの第1波の水位低下量については、2.7.2及び2.7.3に示すように、水位上昇側及び水位下降側の検討として、崩壊規模、破壊伝播速度のパラメータスタディや設備形状の影響評価及び管路解析の影響評価を踏まえて、1号、2号及び3，4号機海水ポンプ室前面並びに3，4号機循環水ポンプ室前面の各評価点のいずれかにおいて施設に影響する水位（敷地高さ T.P. +3.5m 又は海水ポンプの取水可能水位 T.P. -3.21m（1号機及び2号機）・T.P. -3.52m（3，4号機））をわずかに上回るケースのうち最も第1波の水位低下量が小さい波源を抽出しており、この結果、潮位計が設置されている1号、2号及び3，4号機海水ポンプ室いずれにおいても施設影響が生じるケースは、第1波の水位低下量が0.5m以上で検知できることを確認した。

(2) 第1波が0.5m低下するのに要する時間の確認

破壊伝播速度のパラメータスタディ結果を整理し、第1波の水位低下量と第1波が0.5m低下するのに要する時間の関係を第2-7-7図に示す。同図のプロットは、各評価点のうち、第1波の水位低下量は最も小さい値を、第1波が0.5m低下するのに要する時間は最も長い値を用いている。従って、同図のとおり、施設影響が生じるケースについては、第1波が0.5m低下するのに要する時間が10分以内であることを確認した。



第 2-7-7 図 第 1 波の水位低下量と第 1 波が 0.5m 低下するのに要する時間の関係

以上から、1～4号機の潮位計のうち、いずれの潮位計の組合せであっても施設影響を及ぼす津波を漏れなく検知でき、取水路防潮ゲートの閉止判断に影響がないことを確認した。なお、施設影響が生じるケースの時刻歴波形の一例を第 2-7-8 図に示す。



第 2-7-8 図 隠岐トラフ海底地すべりエリア C (Es-T2、Kinematic モデル)」
(崩壊規模 100%・破壊伝播速度 0.5m/s)の時刻歴波形

2.8 地殻変動後の基準津波襲来時における発電所の安全性への影響について

地震によるサイトの地殻変動については、基準津波1の波源である若狭海丘列付近断層により±0m、基準津波2の波源であるFO-A～FO-B～熊川断層により0.30mの隆起を想定している。また、基準津波3、4は地震起因ではないため発電所周辺の隆起は発生しない。従って、最も水位変動が大きい入力津波（以下「入力津波」という。）を用いた施設評価においては、基準津波2を波源とする入力津波については下降側のみ0.30mの隆起を考慮し、上昇側は保守的に隆起を考慮しないこととしている。一方、基準津波1及び基準津波3、4を波源とする入力津波については地殻変動を考慮しないこととしている。

本資料では、基準地震動の震源と基準津波の波源が異なる場合、つまりFO-A～FO-B～熊川断層の活動に伴い地殻変動が発生した直後に基準津波2以外の基準津波が襲来する場合を想定し、発電所の安全性への影響について説明する。

なお、地殻変動を含めた入力津波の設定の諸条件の変更により、評価結果が影響を受けないことを確認するために、評価条件変更の都度、津波評価を実施することとし、保安規定に定めて管理する。従って、FO-A～FO-B～熊川断層等を震源とした地震により地殻変動が発生した時点で、津波評価等を実施し、基準に適合する状態が維持されていることを確認する。

2.8.1 FO-A～FO-B～熊川断層の活動直後のプラント状況の整理

FO-A～FO-B～熊川断層が活動することにより、地震動、地殻変動及び津波が発生する。地震動については、発電所では地震動を検知することでプラントを停止する。地殻変動については、発電所周辺で0.30mの隆起が発生する。ここで、津波については、気象庁から発表される大津波警報の発表の有無と、津波により発生する水位変動の大きさ（取水路防潮ゲートの閉止判断基準で津波水位を検知できるかどうか）の組合せにより、FO-A～FO-B～熊川断層の活動直後の取水路防潮ゲートの状況が場合分けされる。第2-8-1表にFO-A～FO-B～熊川断層による地震が発生した直後のプラント状況を示す。

第2-8-1表 FO-A～FO-B～熊川断層による地震が発生した直後のプラント状況

地震動	地震動を検知してプラント停止		
地殻変動	発電所周辺が0.30m隆起		
津波		大津波警報が発表される	大津波警報が発表されない
	水位変動が大きな津波※が襲来する	①大津波警報が発表されることで取水路防潮ゲートを閉止する	③水位変動が大きな津波※が襲来することで取水路防潮ゲートの閉止判断基準を確認し、取水路防潮ゲートを閉止する
	水位変動が大きな津波※が襲来しない	②大津波警報が発表されることで取水路防潮ゲートを閉止する	④大津波警報が発表されず、水位変動が大きな津波※も襲来しないので、取水路防潮ゲートは「開」状態
※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以上下降する津波			

2.8.2 FO-A～FO-B～熊川断層の活動直後における津波に対する発電所の安全性評価

第2-8-1表で整理したFO-A～FO-B～熊川断層による地震が発生した直後のプラント状況のうち、①～③は取水路防潮ゲートが閉止されているため、入力津波に対して0.30mの隆起を考慮しても発電所の安全性への影響はない。

また、④は取水路防潮ゲートが「開」状態であるが、若狭海丘列付近断層を波源とする入力津波（上昇側）に対しては大津波警報が発表されることにより防潮ゲートは閉止されることから0.30mの隆起を考慮しても発電所の安全性への影響はない。

一方、④における隠岐トラフ海底地すべりを波源とする津波に対しては、0.30m程度の隆起であれば、閉止判断基準の設定において考慮している第1波と第2波以降の伝播特性に大きな影響はないと考えられること、並びに津波検知自体は相対的な潮位の変動を確認するため、隆起の影響を受けず、現状の取水路防潮ゲートの閉止判断基準を用いて津波検知は可能であると考えられることから、取水路防潮ゲートを閉止できると考えている。

隠岐トラフ海底地すべりを波源とする下降側の津波水位については、0.30mの隆起を考慮した場合の3,4号機海水ポンプの取水可能水位T.P. mに対して、プラント停止時の下降側津波水位はT.P. m程度であることから、3,4号機海水ポンプの取水性に影響はない。津波水位の比較のイメージを第2-8-1図に示す。



第2-8-1図 津波水位の比較（イメージ）

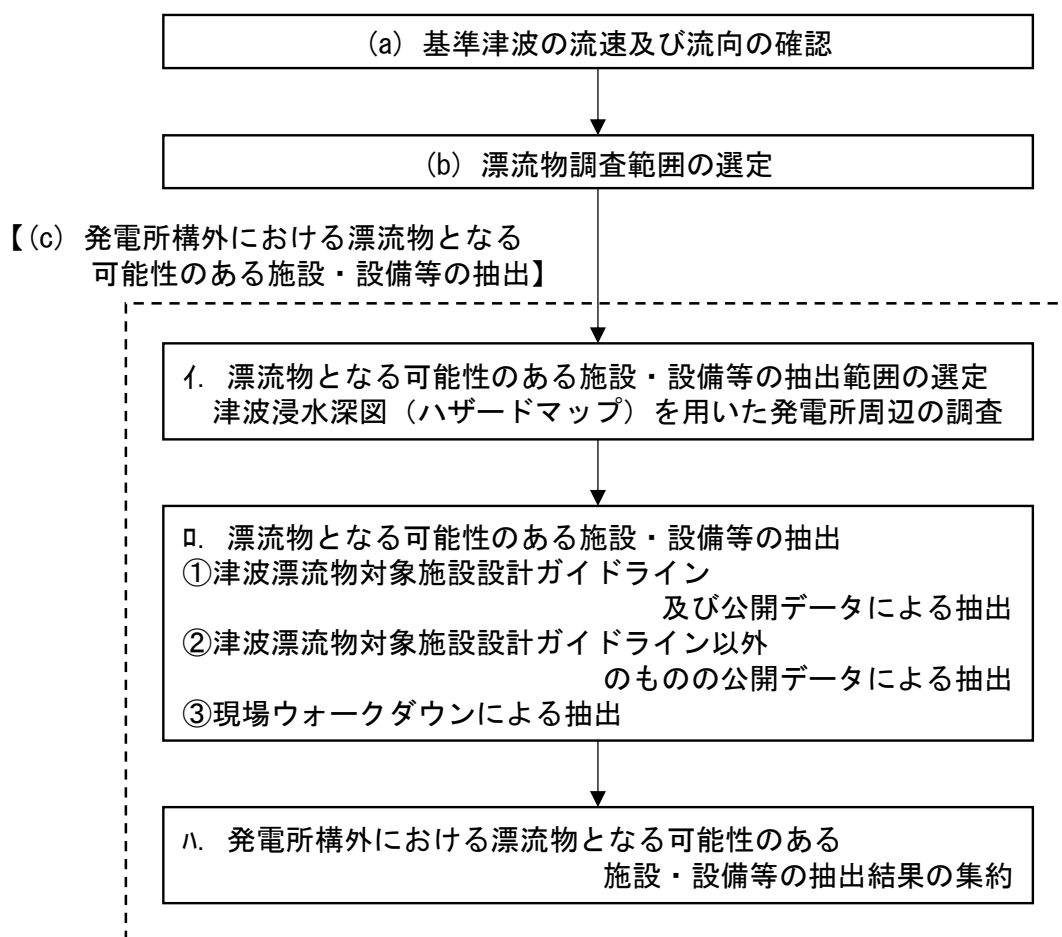
以上のことから、FO-A～FO-B～熊川断層の活動により発電所周辺で0.30mの隆起が発生した場合も津波に対する発電所の安全性は直ちに大きな問題が生じることはないとする。

3. 津波の二次的な影響による海水ポンプ等の機能保持に対する考慮事項

3.1 漂流物による影響確認について

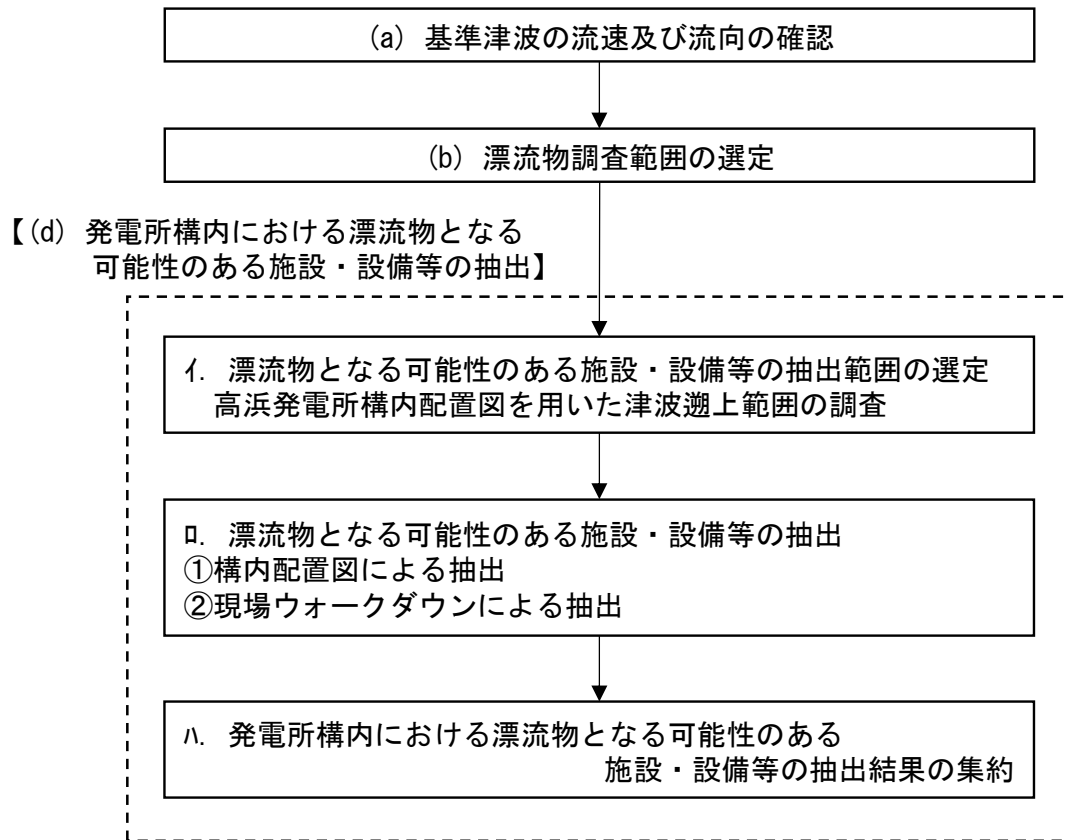
基準津波の津波シミュレーション結果によると、基準地震動による液状化等に伴う敷地の変状や潮位のばらつきを考慮した場合、取水路付近及び放水口付近の低地に津波が遡上する。基準津波により漂流物となる可能性がある施設・設備等が海水ポンプの取水性確保に影響を及ぼさないことを、以下の漂流物抽出フロー及び漂流物評価フローに基づき発電所構外と発電所構内で区分けして整理する（第 3-1-1 図～第 3-1-3 図）。

発電所構外

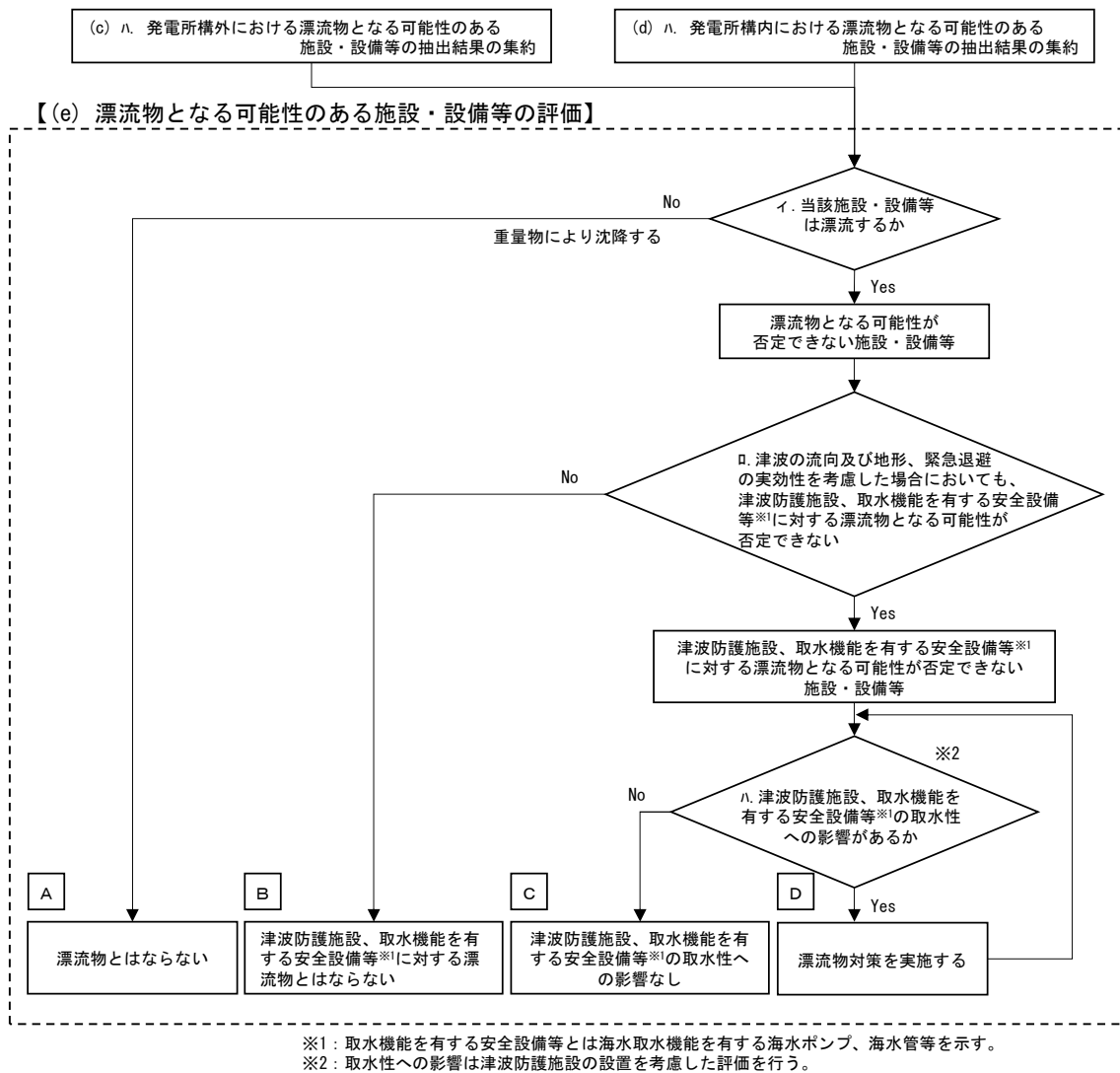


第 3-1-1 図 発電所構外漂流物抽出フロー

発電所構内



第 3-1-2 図 発電所構内漂流物抽出フロー



第 3-1-3 図 発電所構外及び構内漂流物評価フロー

(1) 基準津波の流速および流向の確認

基準津波 1 (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 の一体計算)は北東から約 40 分後に敷地前面に到達し、地形に沿って少しずつ向きを変えながら、約 43 分後に湾内に真直ぐ進入する向きを主流として敷地に襲来する。

基準津波 2 (F0-A~F0-B~熊川断層と陸上地すべり (No. 14) の一体計算)は北東から約 5 分後に敷地前面に到達し、地形に沿って少しずつ向きを変えながら、約 9 分後に湾内に真直ぐ進入する向きを主流として敷地に襲来する。

基準津波 3 (隠岐トラフ海底地すべりエリア B)は北東から約 50 分後に敷地前面に到達し、地形に沿って少しずつ向きを変えながら、約 52 分後に湾内に真直ぐ進入する向きを主流として敷地に襲来する。

基準津波 4 (隠岐トラフ海底地すべりエリア C)は北東から約 58 分後に敷地前面に到達し、地形に沿って少しずつ向きを変えながら、約 60 分後に湾内に真直ぐ進入する向きを主流として敷地に襲来する。(第 3-1-4 図及び第 3-1-5 図)

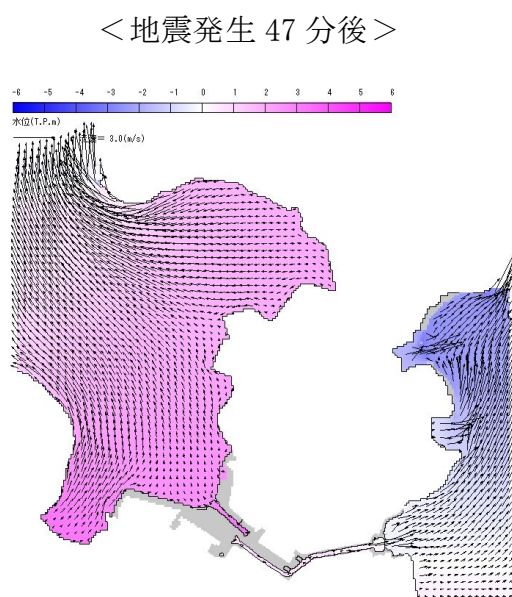
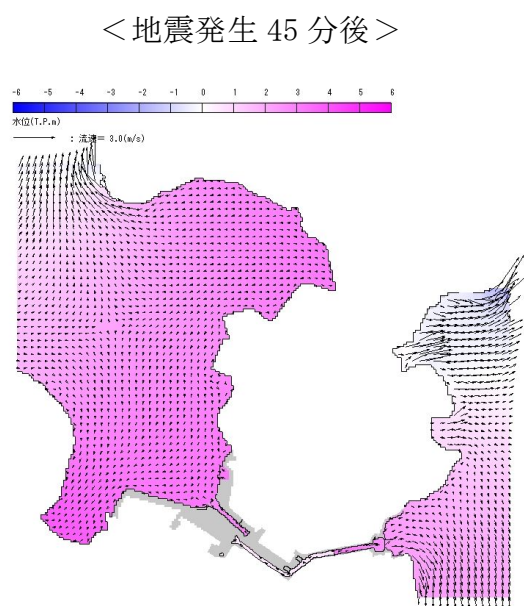
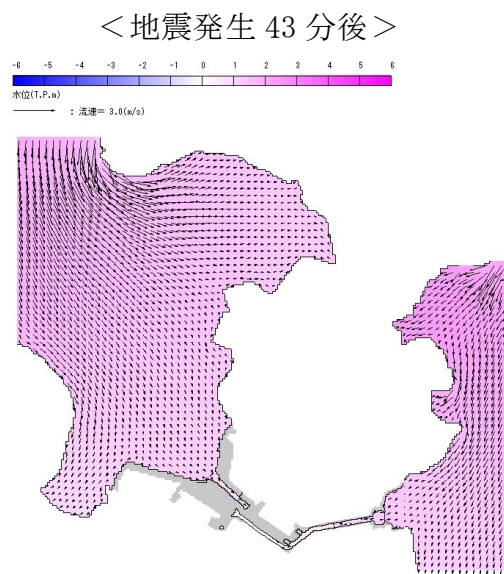
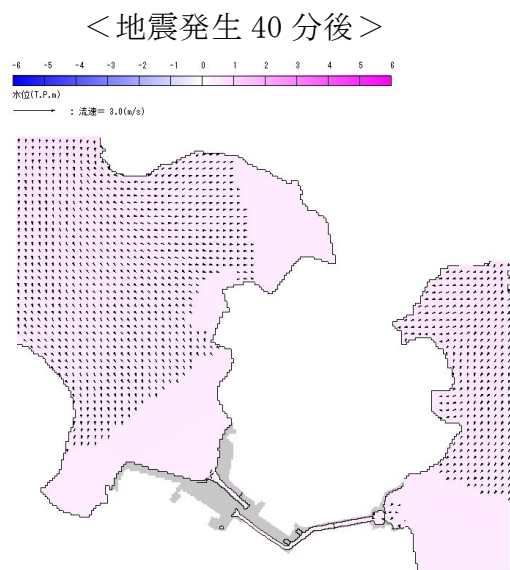


- 基準津波 1 (若狭海丘列付近断層と隠岐トラフ海底地すべりエリア B)
- 基準津波 3 (隠岐トラフ海底地すべりエリア B)
- 基準津波 4 (隠岐トラフ海底地すべりエリア C)



- 基準津波 2 (F0-A ~ F0-B ~ 熊川断層と陸上地すべり (No. 14))

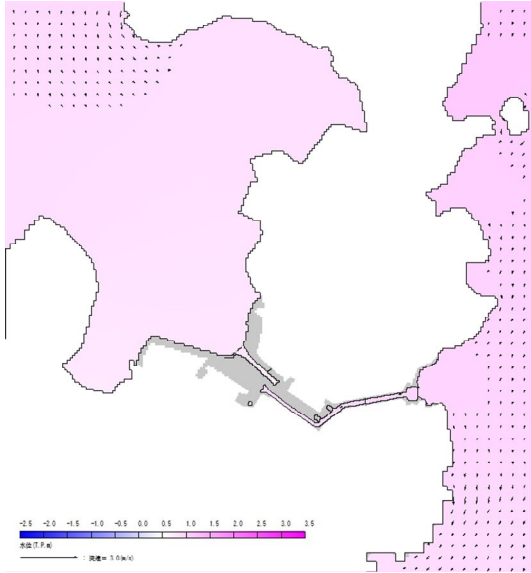
第 3-1-4 図 基準津波 波源位置



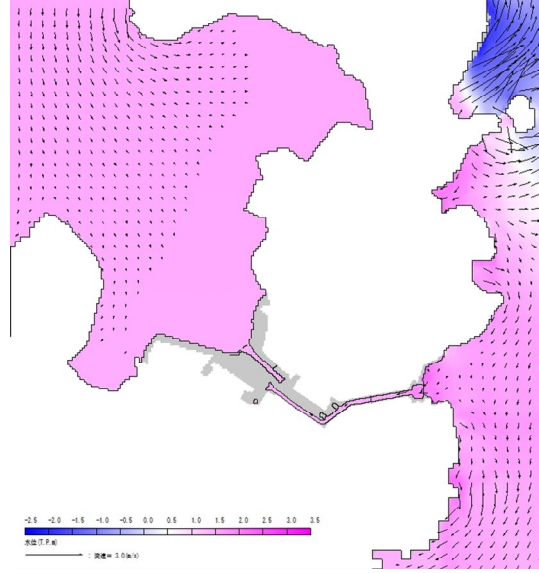
基準津波 1 (若狭海丘列付近断層と隠岐トラフ海底地すべりエリア B の一体計算)

第 3-1-5 図 (1/4) 基準津波の流向ベクトル

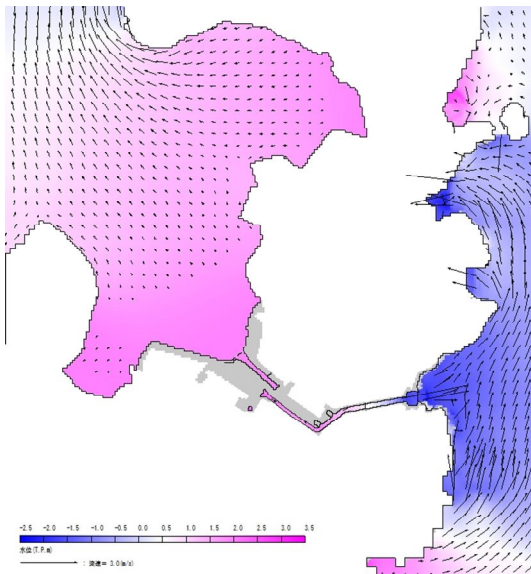
<地震発生 5 分後>



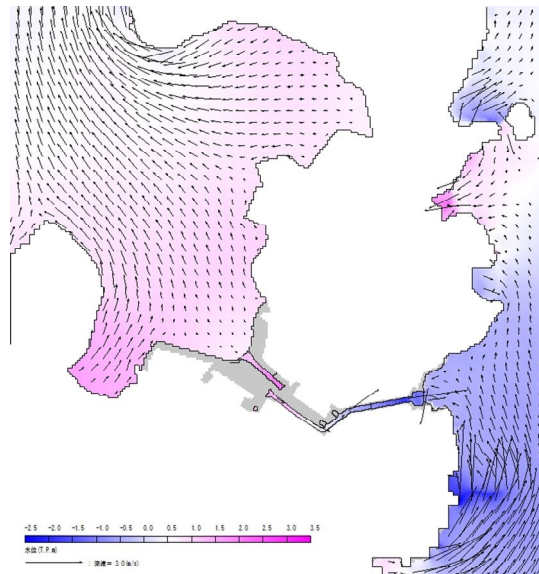
<地震発生 9 分後>



<地震発生 11 分後>



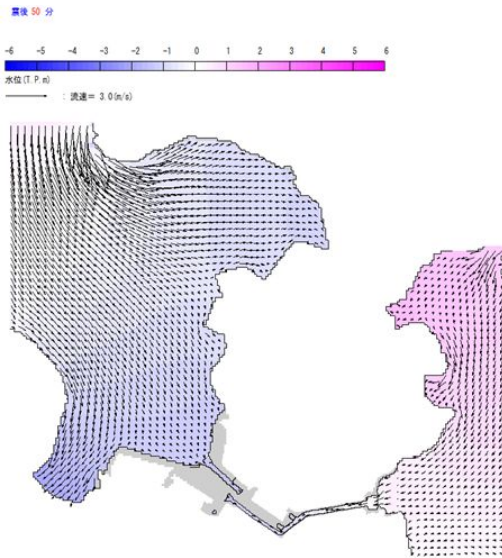
<地震発生 12 分後>



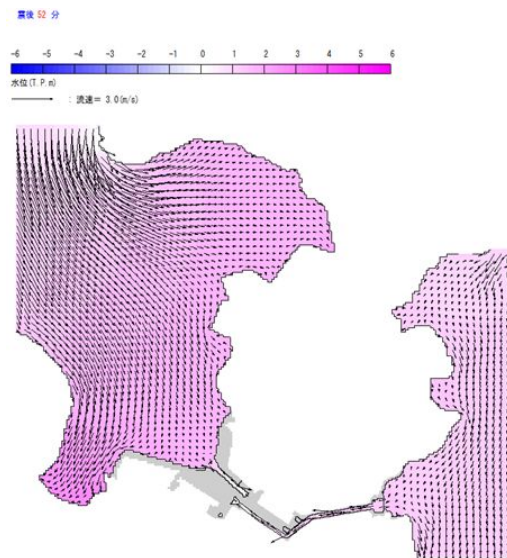
基準津波 2 (F0-A~F0-B~熊川断層と陸上地すべり (No. 14) の一体計算)

第 3-1-5 図 (2/4) 基準津波の流向ベクトル

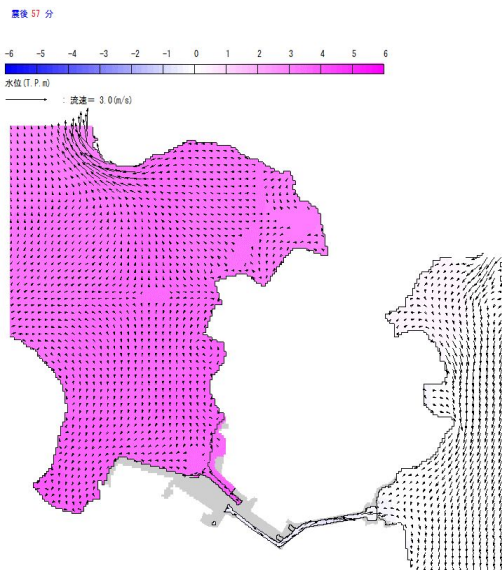
＜海底地すべり発生 50 分後＞



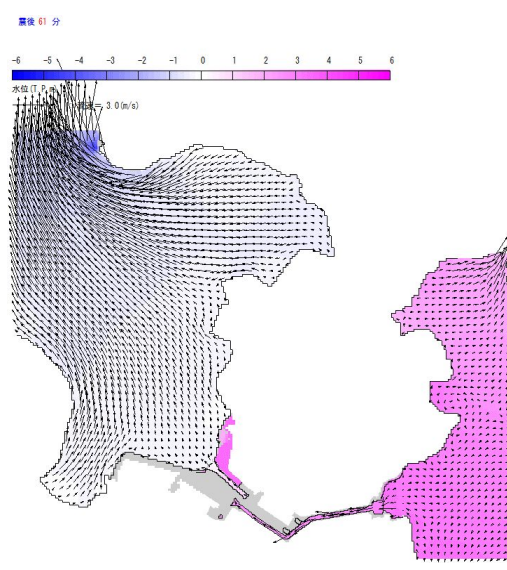
＜海底地すべり発生 52 分後＞



＜海底地すべり発生 57 分後＞



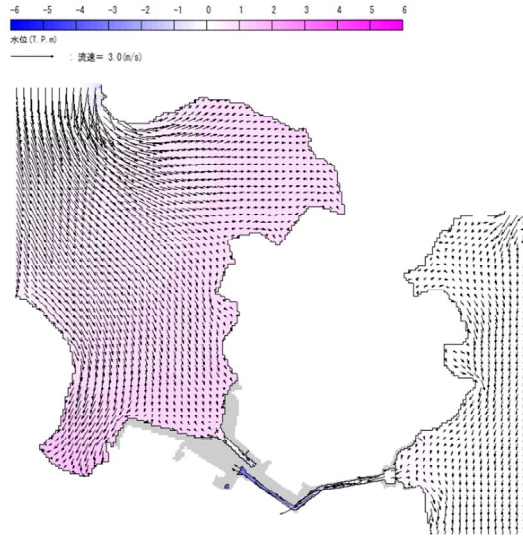
＜海底地すべり発生 61 分後＞



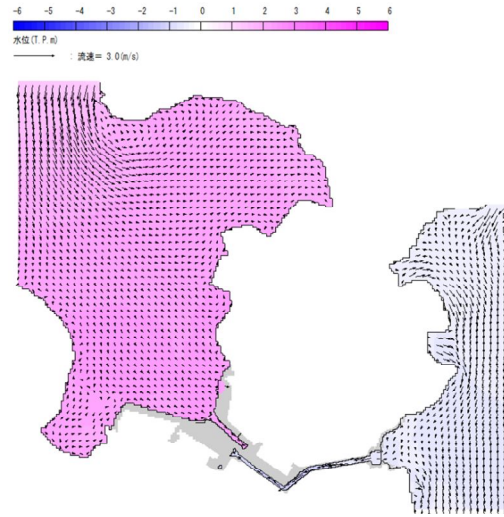
基準津波 3（隠岐トラフ海底地すべりエリア B の計算）

第 3-1-5 図 (3/4) 基準津波の流向ベクトル

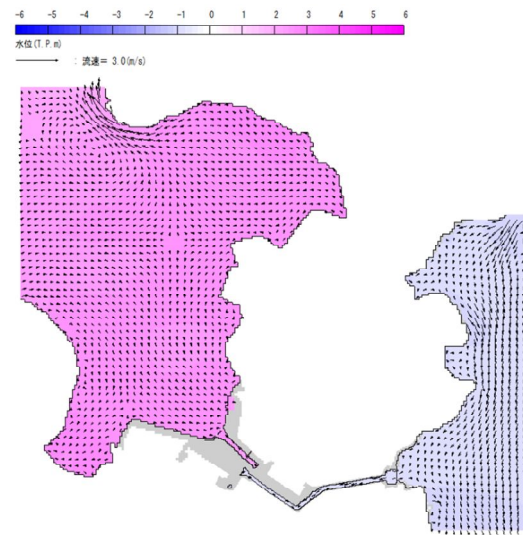
<海底地すべり発生 58 分後>



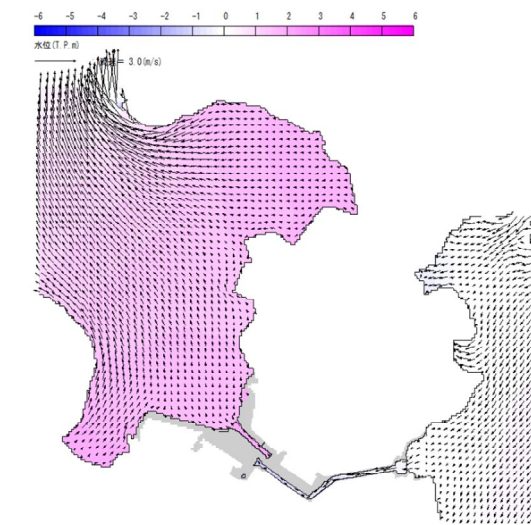
<海底地すべり発生 60 分後>



<海底地すべり発生 62 分後>



<海底地すべり発生 65 分後>



基準津波 4 (隠岐トラフ海底地すべりエリア C の計算)

第 3-1-5 図 (4/4) 基準津波の流向ベクトル