

高浜発電所1～4号機
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

2020年10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

3. 漂流物に関する考慮事項
 - 3.1 漂流物による影響確認について

4. 設計における考慮事項
 - 4.1 加振試験の条件について
 - 4.2 津波監視設備の設備構成及び電源構成について

5. 浸水防護施設に関する補足資料
 - 5.1 潮位観測システム（防護用）の設計に関する補足資料

※ 本資料における、については、商業機密等を含むため公開できません。

I. はじめに

本補足説明資料は、以下の説明書についての内容を補足するものである。

本補足説明資料と添付資料との関連を第1表に示す。

【高浜1，2号機の添付資料】

- ・ 資料2「耐震設計上重要な設備を設置する施設に関する説明書（自然現象への配慮に関する説明を含む。）」のうち資料2-2「津波への配慮に関する説明書」
- ・ 資料1-3「耐震性に関する説明書」のうち浸水防護施設に関する計算書

【高浜3，4号機の添付資料】

- ・ 資料2「耐震設計上重要な設備を設置する施設に関する説明書（自然現象への配慮に関する説明を含む。）」のうち資料2-2「津波への配慮に関する説明書」
- ・ 資料5「耐震性に関する説明書」のうち浸水防護施設に関する計算書

第1表 補足説明資料と添付資料との関連

工事計画に係る補足説明資料	該当添付資料
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 入力津波の設定
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	
3. 漂流物に関する考慮事項	
3.1 漂流物による影響確認について	資料2-2-4 入力津波による津波防護対象設備への影響評価
4. 設計における考慮事項	
4.1 加振試験の条件について	資料5-4 潮位観測システム（防護用）の耐震計算書
4.2 津波監視設備の設備構成及び電源構成について	資料2-2-1 耐津波設計の基本方針
5. 浸水防護施設に関する補足資料	
5.1 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 津波防護に関する施設の設計方針

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の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

別表第二			対象設備
施設区分	設備区分	機器区分	
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	—	中央制御室機能（以下の設備を含む） ○潮位観測システム（防護用）（4号機設備、1・2・3・4号機共用）※ ¹ ○潮位観測システム（補助用）（4号機設備、1・2・3・4号機共用） ○潮位計（1号機設備、1・2号機共用）※ ² ○潮位計（3号機設備、3・4号機共用）※ ³
			中央制御室外原子炉停止機能
	基本設計方針対象設備		衛星電話（固定）
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） （4号機設備、1・2・3・4号機共用）※ ¹
			基本設計方針対象設備
	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（3号機設備、3・4号機共用（2台））及び潮位計（1号機設備、1・2号機共用（2台））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。

※²：1号機海水ポンプ室に1台、2号機海水ポンプ室に1台設置する。このうち、1号機海水ポンプ室に設置するものは既設である。

※³：3・4号機海水ポンプ室に2台設置する。これらは2台とも既設である。

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、発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針における MS1 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 47 条 警報装置等	△	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。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、管、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、管、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、管、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圧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圧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 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。

○：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、本条文に關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	×	本申請に伴い変更がなく、影響がないことから不要。
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。 図面については、本申請に伴い変更がなく、影響 がないことから不要。
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。)	×	本申請に伴い変更がなく、影響がないことから不要。
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）

施設の種別	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	以下を変更 ○中央制御室機能（以下の設備にかかる記載を追加する） ・潮位観測システム（防護用）（4号機設備、1・2・3・4号機共用） ・潮位観測システム（補助用）（4号機設備、1・2・3・4号機共用） ・潮位計（1号機設備、1・2号機共用） ・潮位計（3号機設備、3・4号機共用）	○「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と記載を変更する。
浸水防 護施設	以下を追加 ○潮位観測システム（防護用）（4号機設備、1・2・3・4号機共用）	○「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）にかかると記載を追記する。
その他発電用原子炉の 附属施設	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と記載を変更する。

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 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 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 4 (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、これにかかるとの変更を踏まえた、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 5 (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。
資料 6 (資料 17、48)	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 7 (資料 31)	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、これにかかるとの変更を踏まえた、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則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※
第5条 地震による損傷の防止	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。	資料5 (資料13)
第6条 津波による損傷の防止	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。	資料2
第14条 安全設備	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され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。	資料3 (資料6)
第15条 設計基準対象施設の機能	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等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。	資料3 (資料6)
第38条 原子炉制御室等	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。	資料7 (資料31)

※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。

2.1 潮位観測記録の考え方について

設定した潮位のバラツキ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。

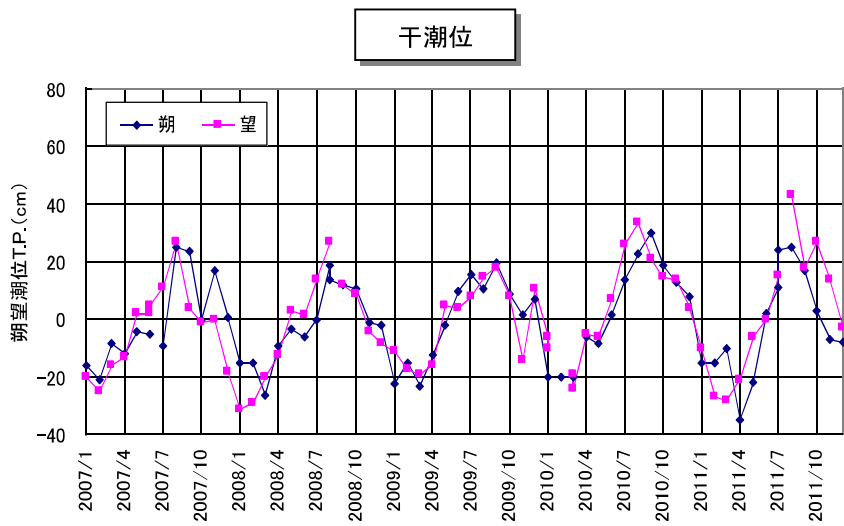
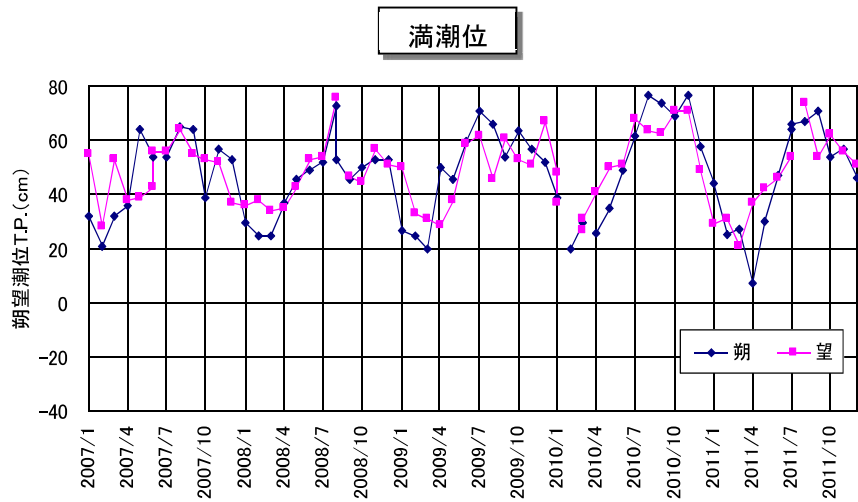


第 2-1-1 図 高浜発電所における潮位観測地点の位置図

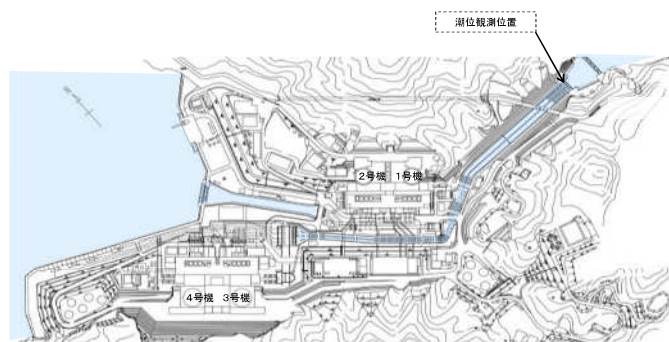
第 2-1-1 表 朔望平均満干潮位に関するデータ分析

	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）

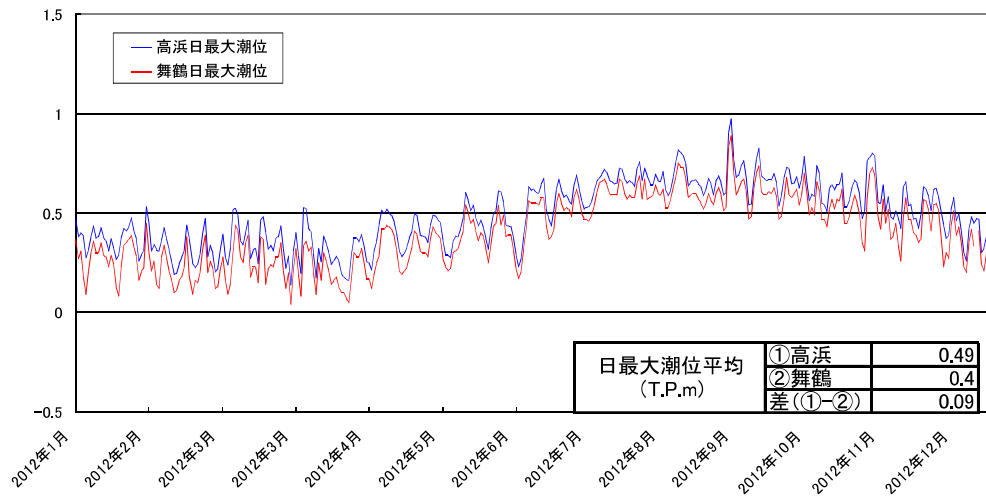


第 2-1-2 図 観測地点舞鶴検潮所における潮位の推移

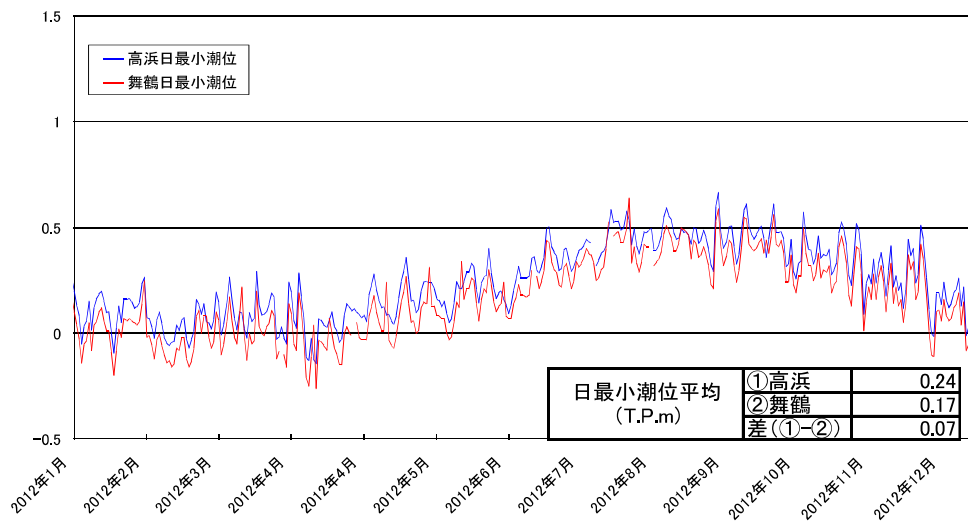


第 2-1-3 図 高浜発電所における潮位観測地点の位置図

日最大潮位



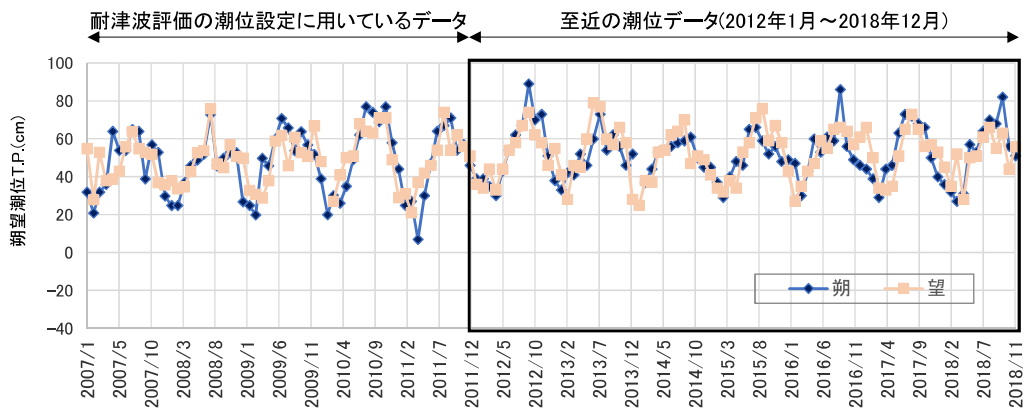
日最小潮位



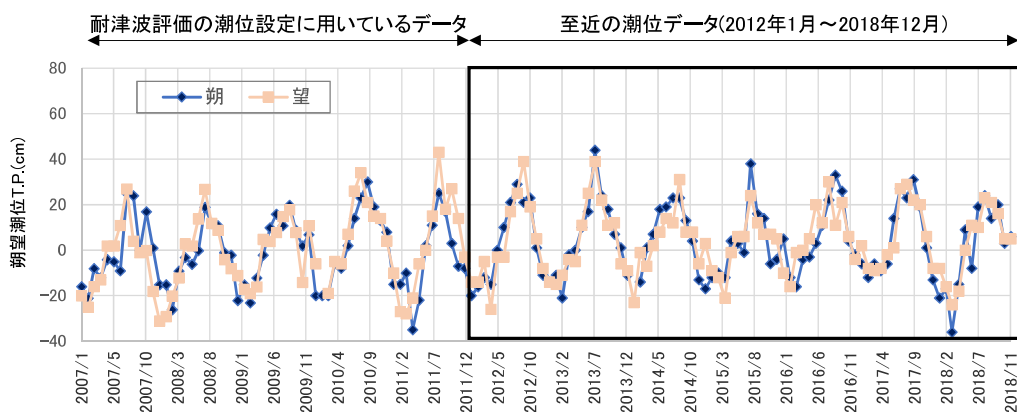
第 2-1-4 図 高浜発電所と観測地点舞鶴検潮所の日最大潮位・日最小潮位の比較

至近の潮位データの整理について

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2018年までの過去12ヵ年（2007年1月～2018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0.15m、干潮位で0.17m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2018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～2018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12ヵ年 (2007年1月～ 2018年12月)	過去5ヵ年 (2007年1月～ 2011年12月)	過去12ヵ年 (2007年1月～ 2018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. 15m	0. 17m	0. 17m

2.2 港湾内の局所的な海面の励起について

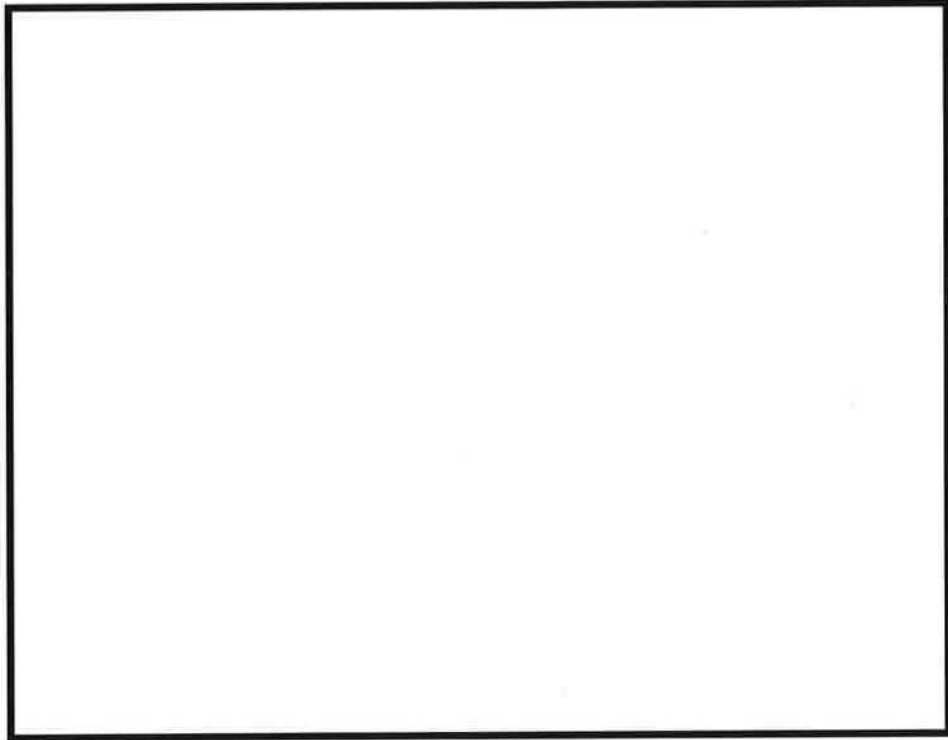
第 2-2-1 図～第 2-2-4 図に基準津波 1、2、3 及び 4 による最大水位上昇量分布を、第 2-2-5 図～第 2-2-14 図に取水口側及び放水口側での時刻歴波形の地点別比較を示す。

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。

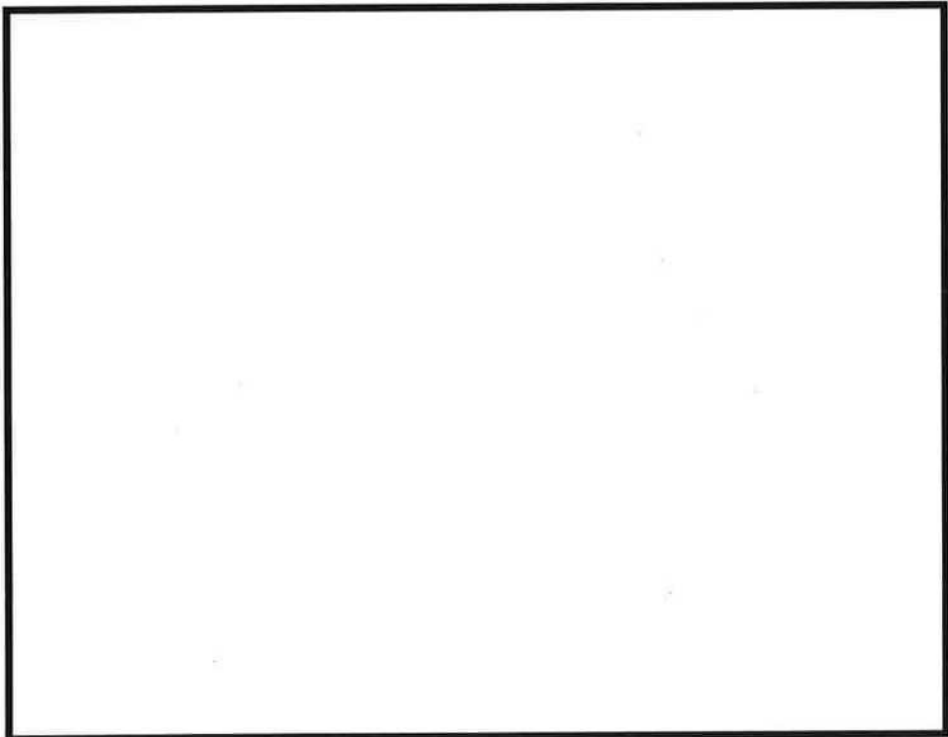
次に、第 2-2-5 図～第 2-2-14 図は津波の伝播経路を考慮し、基準津波 1、3 及び 4 については①取水口前面→②取水路防潮ゲート前面、及び①'放水口前面→②'放水路（奥）の時刻歴波形をそれぞれ重ね合わせている。また、基準津波 2 については①取水口前面→②3,4 号機循環水ポンプ室前面、及び①'放水口前面→②'放水路（奥）の時刻歴波形をそれぞれ重ね合わせている。

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。

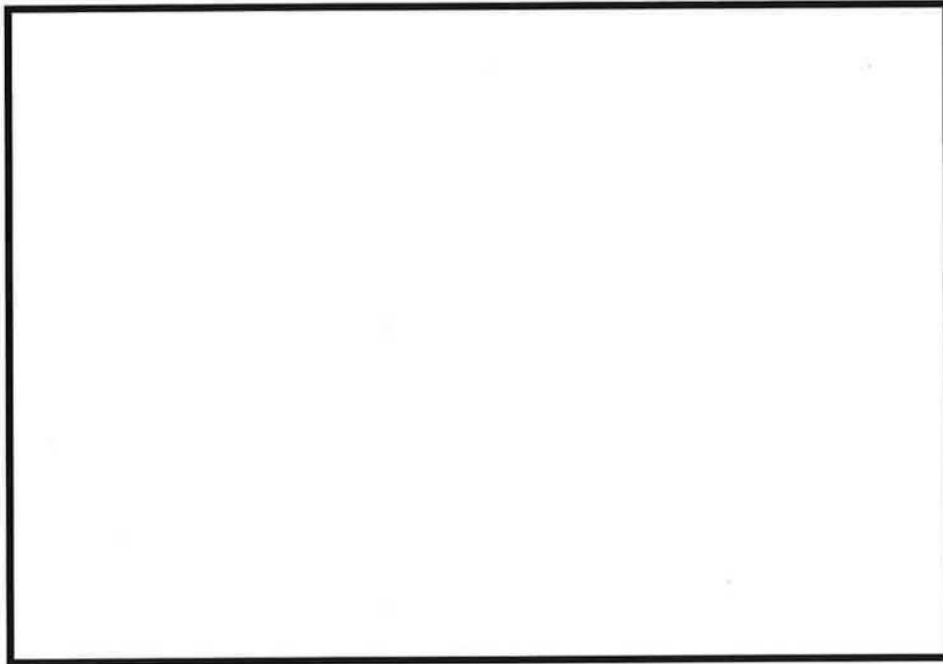


第2-2-1図 最大水位上昇量分布図（基準津波1）

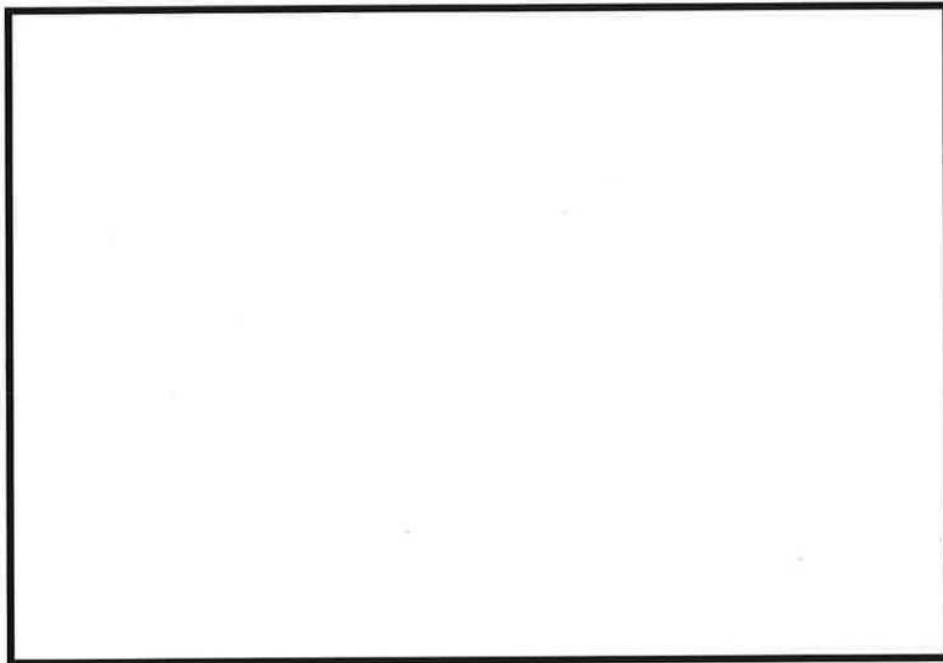


第2-2-2図 最大水位上昇量分布図（基準津波2）

枠囲み範囲は機密に係る事項ですので、公開することはできません。

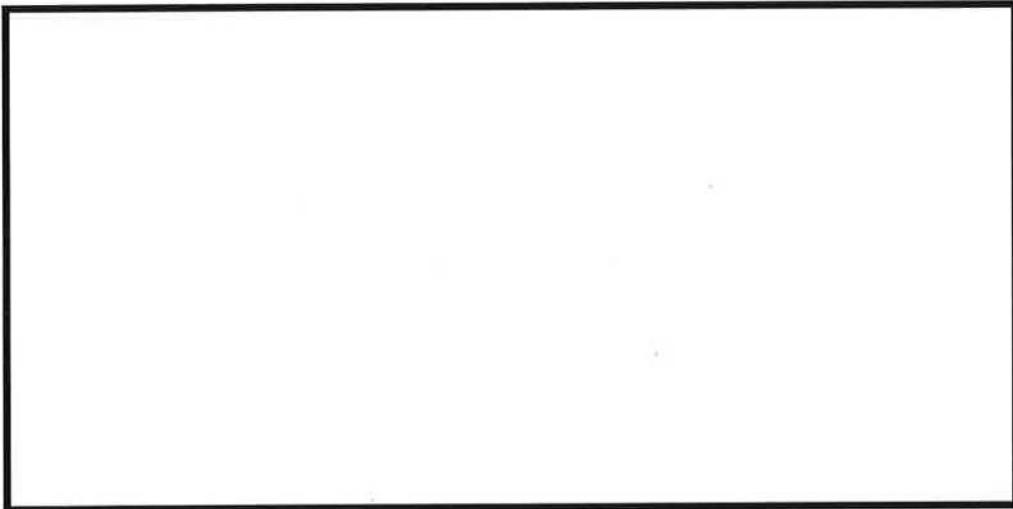


第2-2-3図 最大水位上昇量分布図（基準津波3）

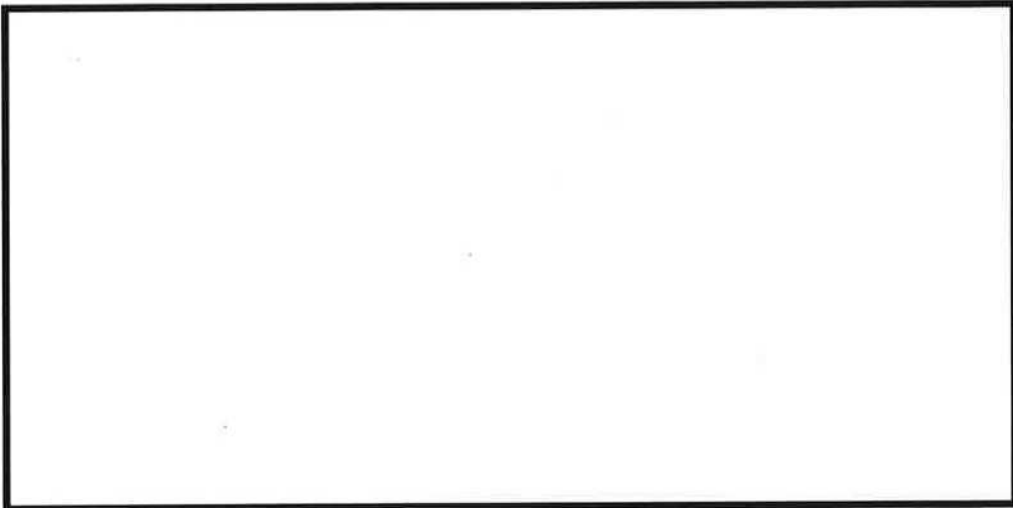


第2-2-4図 最大水位上昇量分布図（基準津波4）

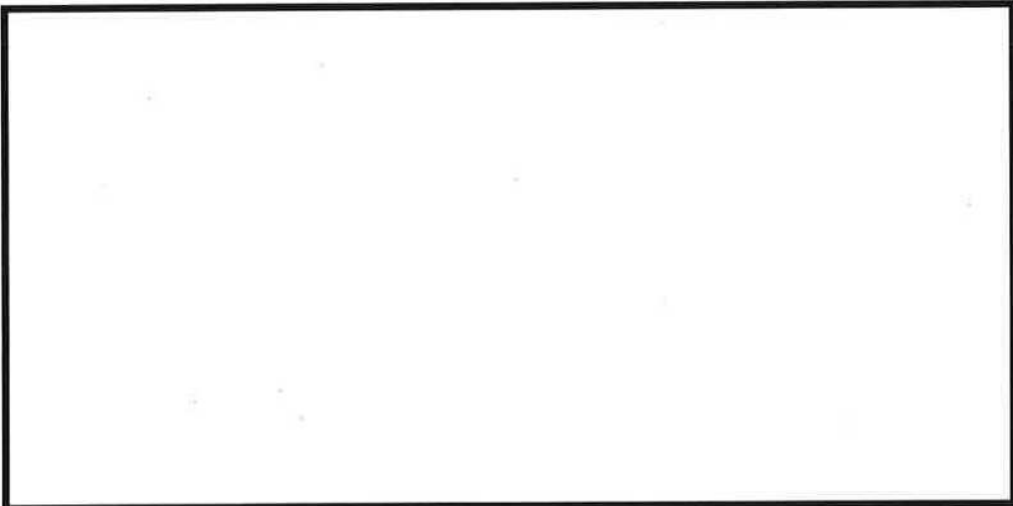
枠囲み範囲は機密に係る事項ですので、公開することはできません。



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

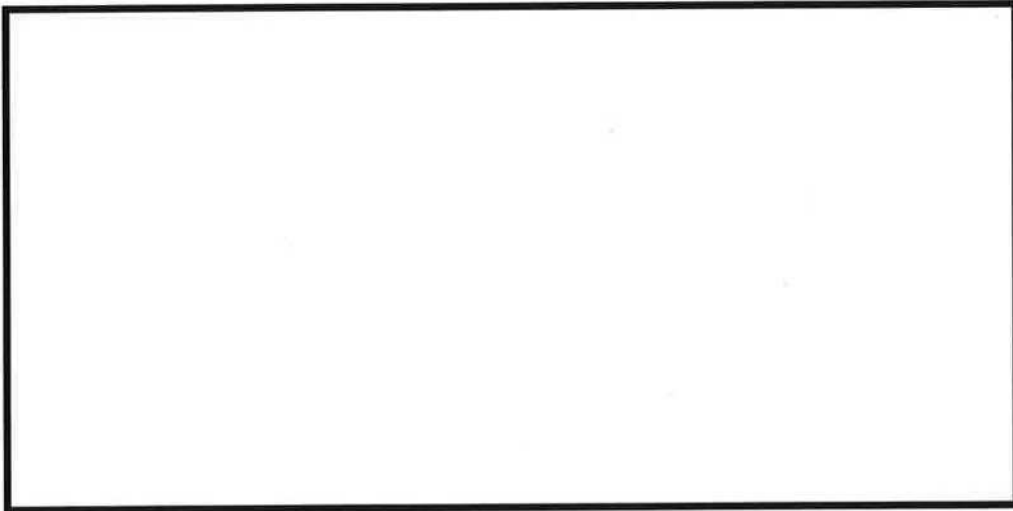


第2-2-6図 基準津波1における放水口前面及び放水路（奥）の時刻歴波形

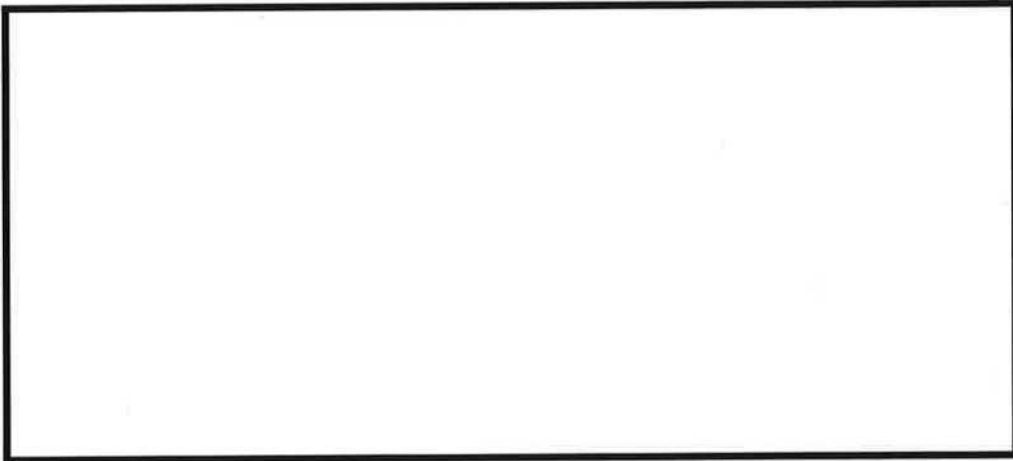


第2-2-7図 基準津波2における取水口前面及び3、4号機循環水ポンプ室前の時刻歴波形

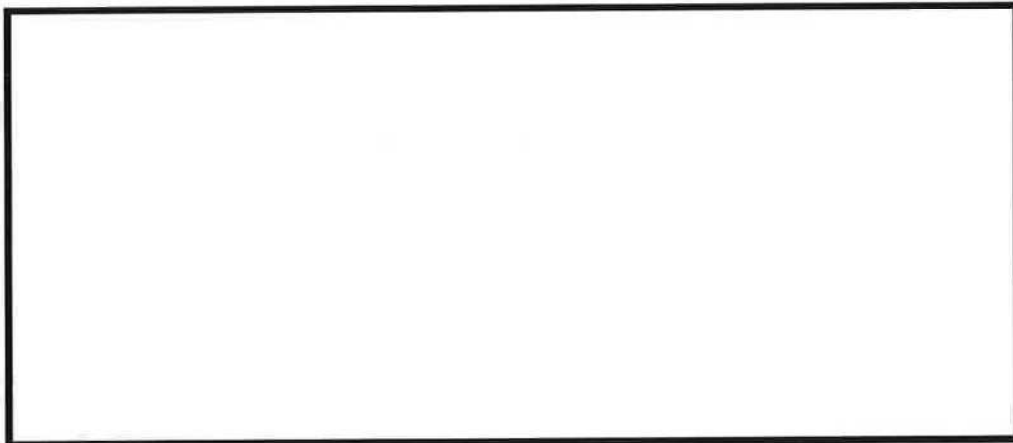
枠囲み範囲は機密に係る事項ですので、公開することはできません。



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

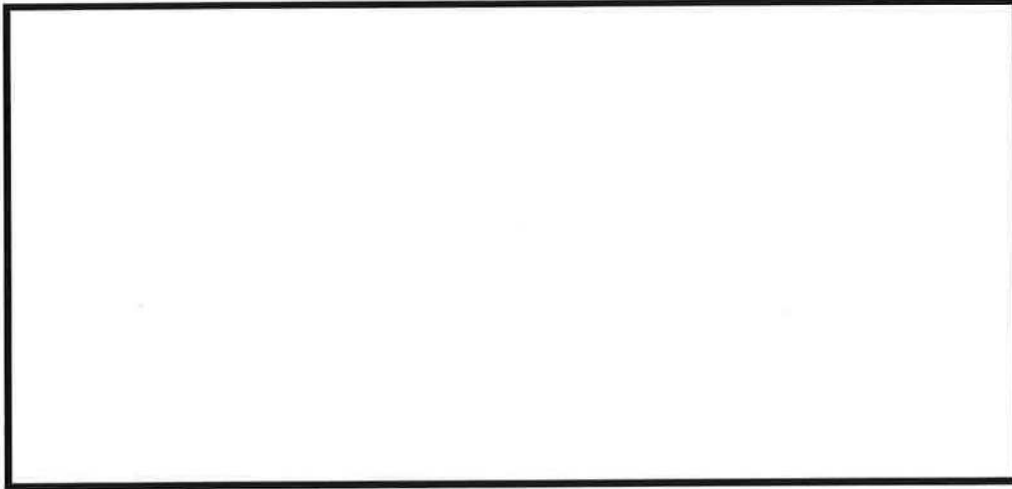


第2-2-9図 基準津波2における取水口前面、1号機及び2号機海水ポンプ室前面の時刻歴波形

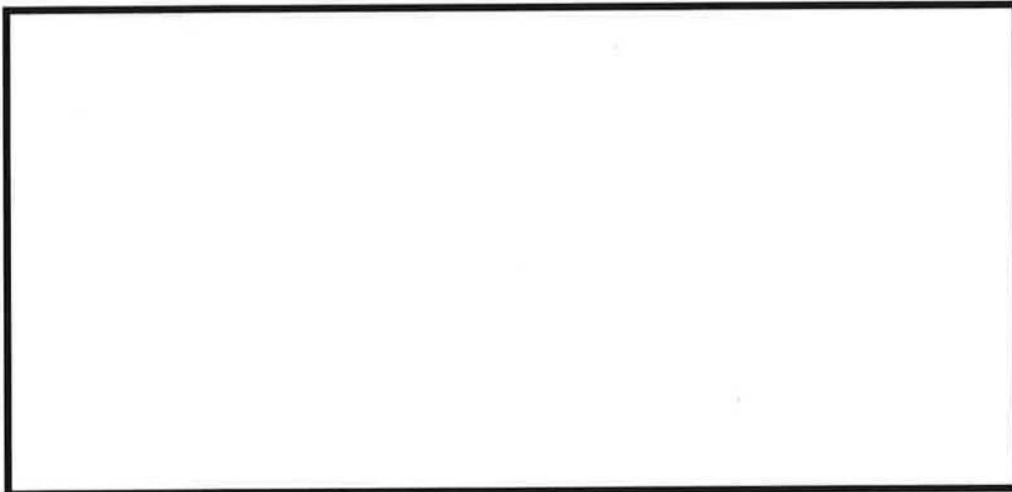


第2-2-10図 基準津波2における取水口前面、3, 4号機海水ポンプ室前面の時刻歴波形

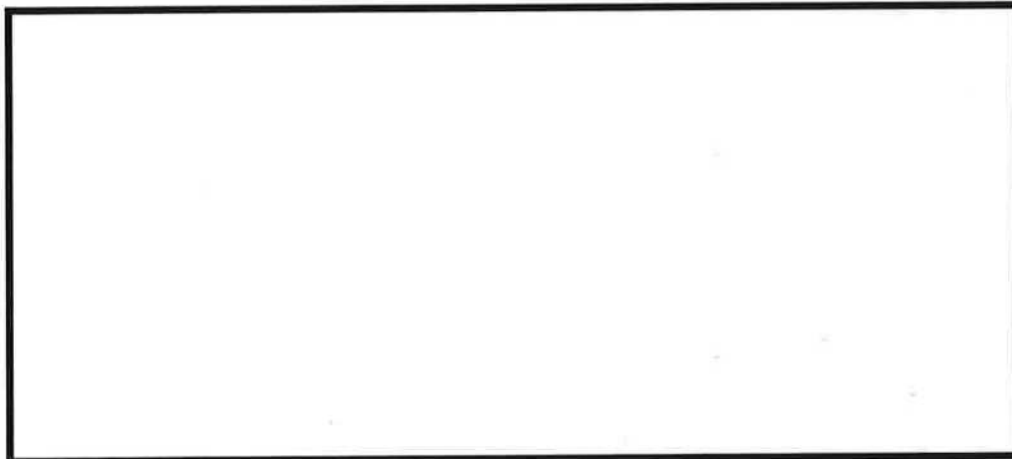
枠囲み範囲は機密に係る事項ですので、公開することはできません。



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

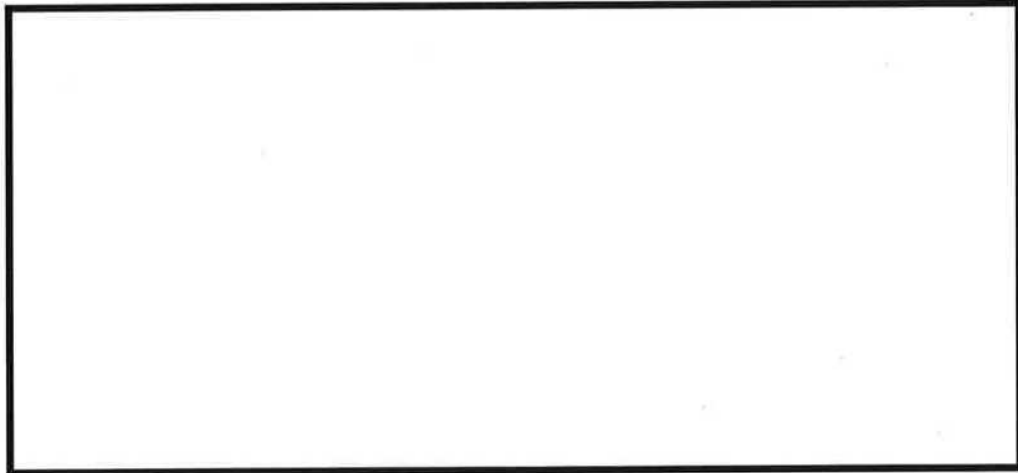


第 2-2-12 図 基準津波 3 における放水口前面及び放水路（奥）の時刻歴波形



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

枠囲み範囲は機密に係る事項ですので、公開することはできません。



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

枠囲み範囲は機密に係る事項ですので、公開することはできません。

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 系列ある取水路の片側の防潮ゲートは常時閉塞とし、もう一方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
		海底摩擦	マンニングの粗度係数 $n=0.030$ （土木学会(2016) ⁽⁶⁾ ）
	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	

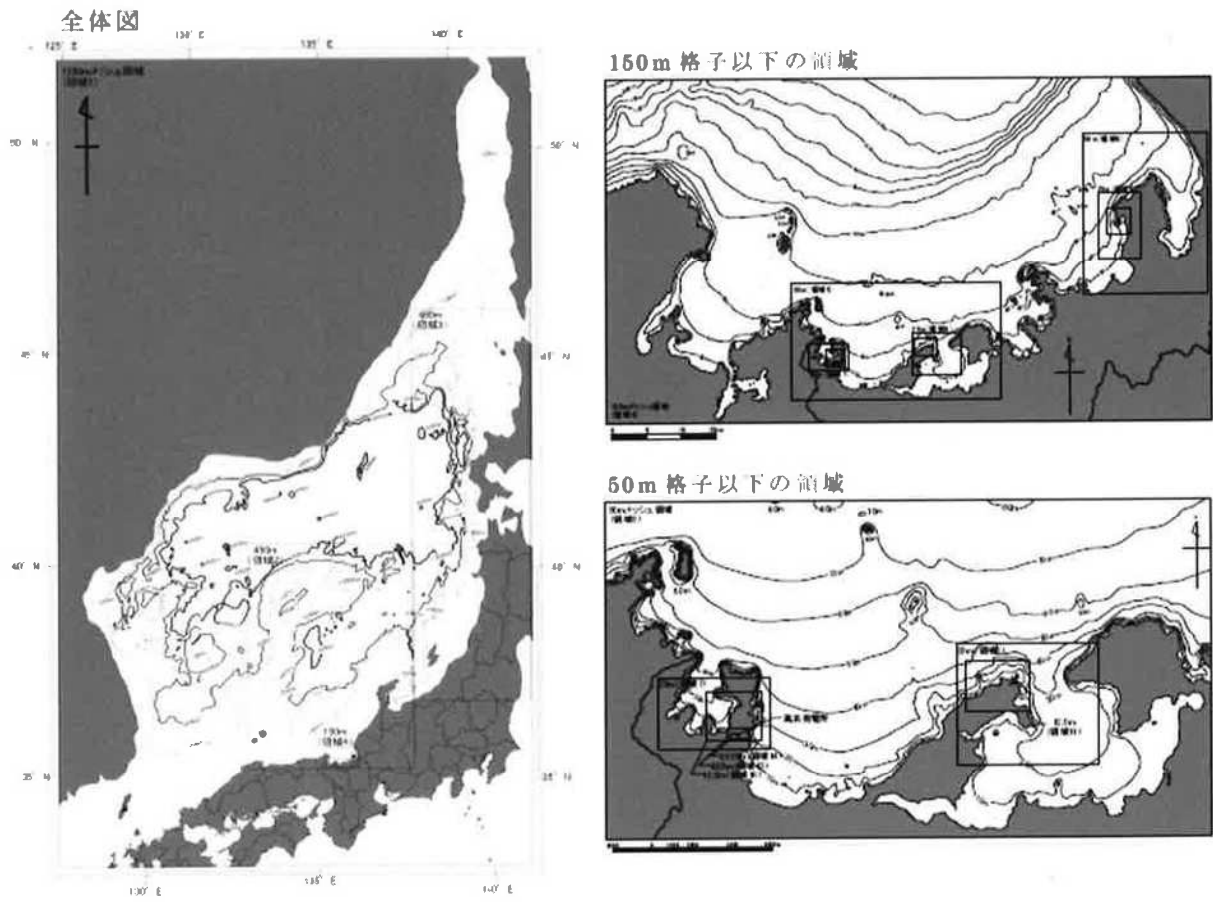
枠囲み範囲は機密に係る事項ですので、公開することはできません。

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	0m ² /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・舞鶴観測所のデータによる(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

枠囲み範囲は機密に係る事項ですので、公開することはできません。



第 2-3-1 図 水深分布図

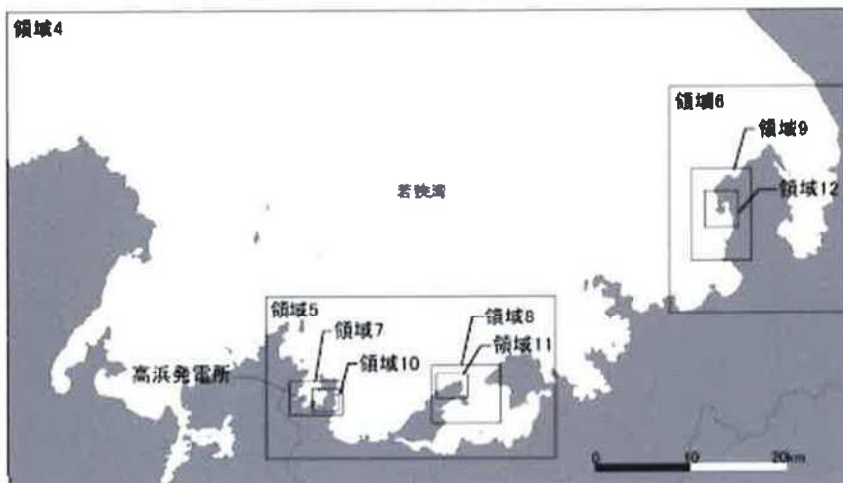


領域番号	空間格子 間隔 Δx (m)	最大 水深 h_{max} (m)	CFL条件 を満たす Δt (sec) ^{※1}
1	1850	3800	4.95
2,8	450	3700	1.67
4	150	240	2.19
5,6	50	90	1.19
7,8,9	25	80	0.63
10,11,12	12.5	60	0.36

※1)

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

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)



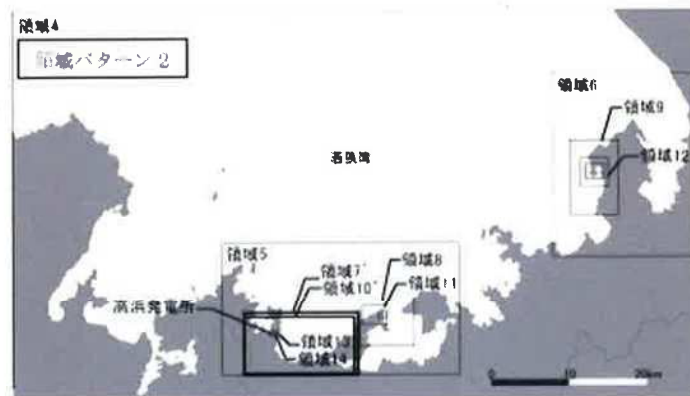
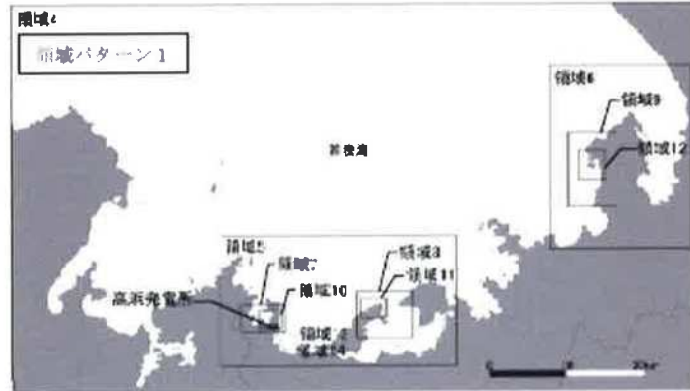
領域番号	空間格子 間隔 $\Delta x(m)$	最大 水深 $h_{max}(m)$	CFL条件 を満たす $\Delta t(sec)^{+1}$
1	1850	3800	4.95
2,3	450	3700	1.67
4	150	240	2.19
5,6	50	90	1.19
7or7 ⁺ 8,9	25	80	0.68
10or10 ⁺ 11,12	12.5	60	0.36
13	6.25	10	0.44
14	3.125	10	0.22

※1)

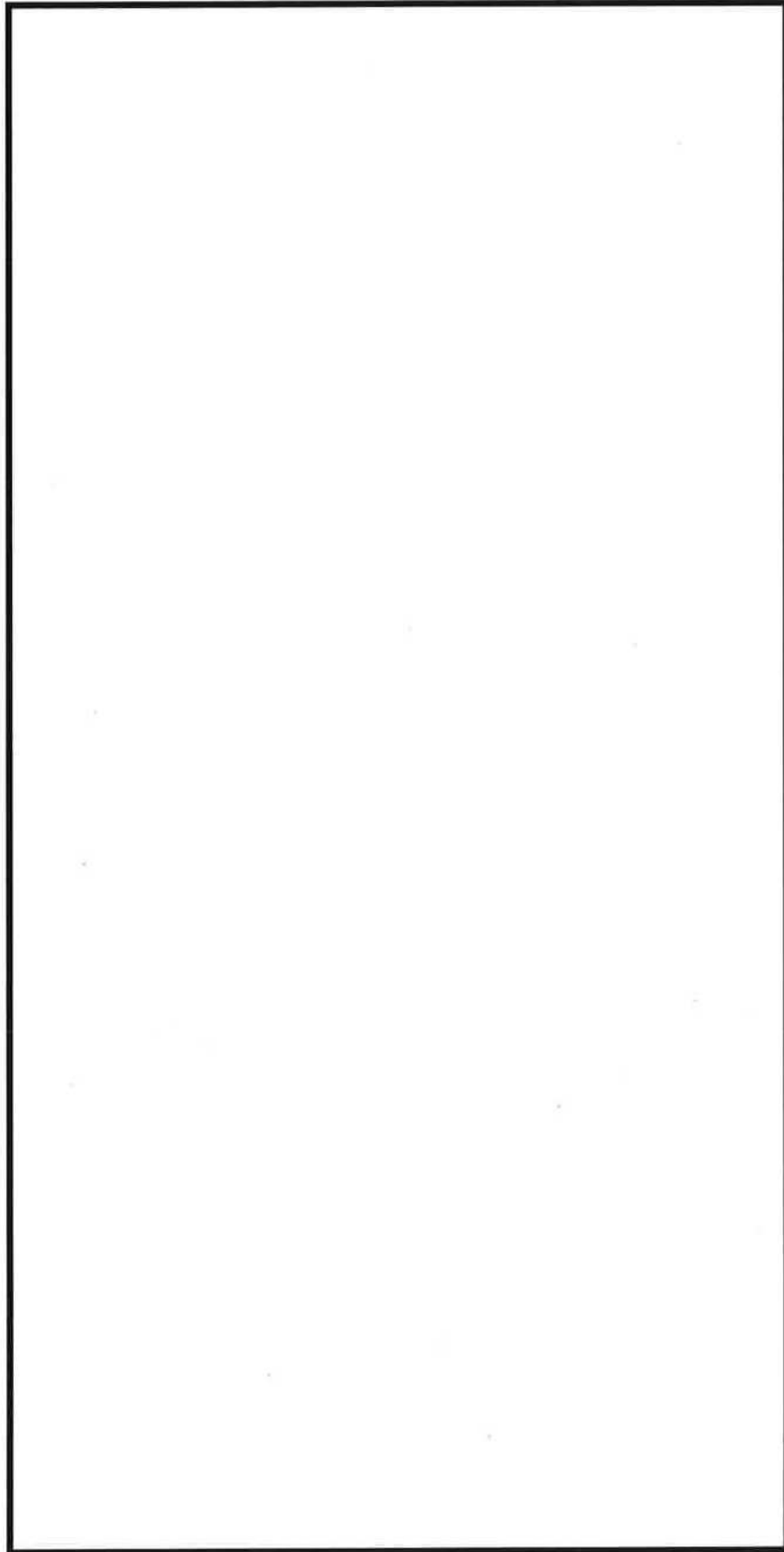
$$\Delta t \leq \frac{\Delta x}{\sqrt{2gh_{max}}}$$

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 D(津波)~類II津波、陸上域すべての計算時には7⁺及び10⁺(領域パターン2)を用いている。

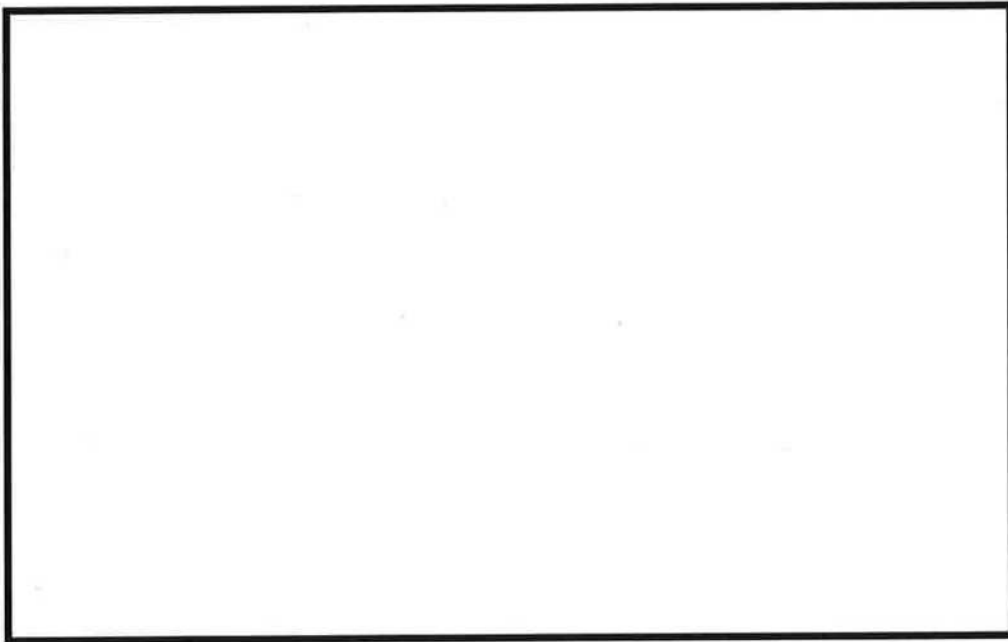


第 2-3-3 図 詳細津波計算モデル (津波伝播計算領域及び空間格子間隔)



第2-3-4 図 詳細津波計算モデル（敷地内）

枠囲み範囲は機密に係る事項ですので、公開することはできません。

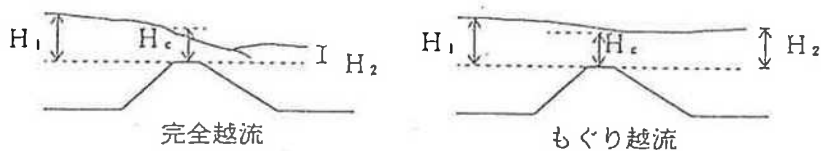


越流量の計算方法(本間公式)

- 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。

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

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



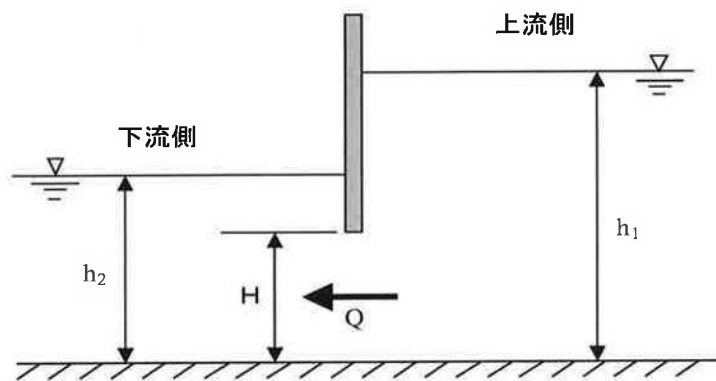
第 2-3-5 図 取水口及び放水口のカーテンウォール(1/2)

枠囲み範囲は機密に係る事項ですので、公開することはできません。

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)

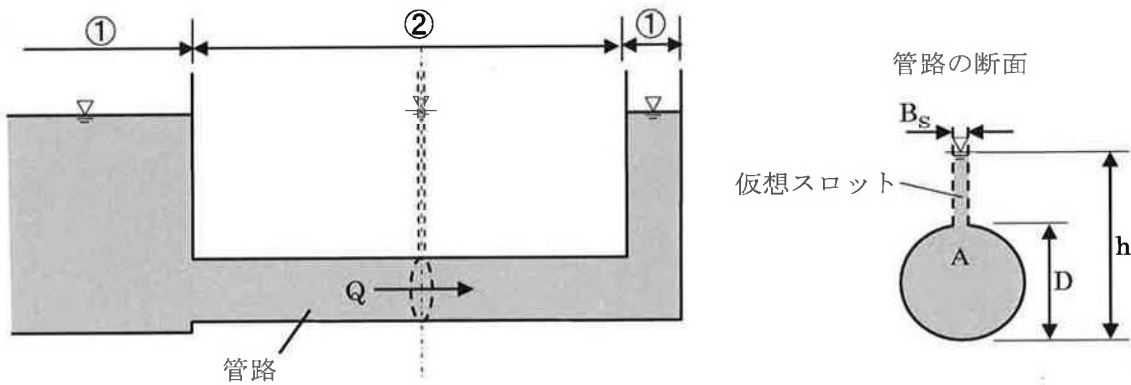
- 高浜発電所のカーテンウォールを通過する流量は、ゲートからの流出量算定式として、一般によく用いられる土木研究所(1996)の計算式により求めるものとする。
- なお、津波がカーテンウォールの天端を超える場合には、本間公式から求まる越流量を加算する。

	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			○	—
4号機原子炉補助建屋	津波監視カメラ		○	—

※：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3つの不確かさ（バラツキ）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 設備形状又は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

不確かさやバラツキ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＋潮位のバラツキ＋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、不確かさ及びバラツキの考え方を示す。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 各設備におけるバラツキの考慮の程度について

設備位置	設備名称	①流入入力津波水位	②遡上入力津波水位	数値計算上のバラツキの考慮の程度(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		—	0.44m
	1号及び2号機 放水ピット止水板		—	0.44m
	防潮扉	—		0.41m

枠囲み範囲は機密に係る事項ですので、公開することはできません。

設備位置	設備名称	①流入入力津波水位	②遡上入力津波水位	数値計算上のバラツキの考慮の程度 (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		—	0.49m
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		—	0.46m

※：潮位観測システム（防護用）のうち潮位検出器

枠囲み範囲は機密に係る事項ですので、公開することはできません。

設備位置	設備名称	①流入入力津波水位	②遡上入力津波水位	数値計算上のバラツキの考慮の程度 (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

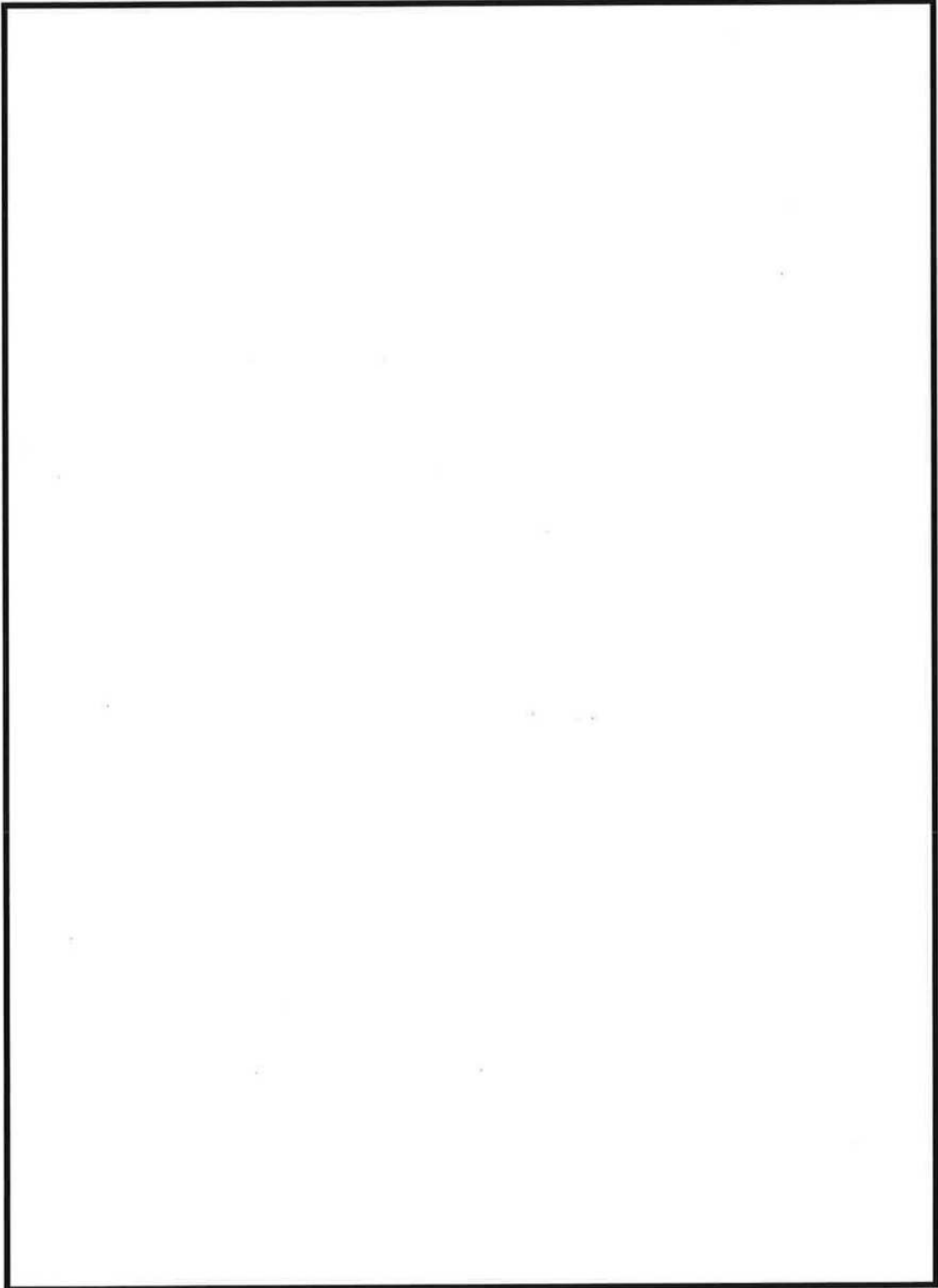
枠囲み範囲は機密に係る事項ですので、公開することはできません。

(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F0-A～F0-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、計算手法のバラツキ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



枠囲み範囲は機密に係る事項ですので、公開することはできません。

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に関係するFO-A～FO-B～熊川断層が取り上げられる。

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

津波評価技術（土木学会(2002)）によると、広域応力場のばらつきを考慮することが定められているため、津波水位評価にあたっては、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

--

枠囲み範囲は機密に係る事項ですので、公開することはできません。

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

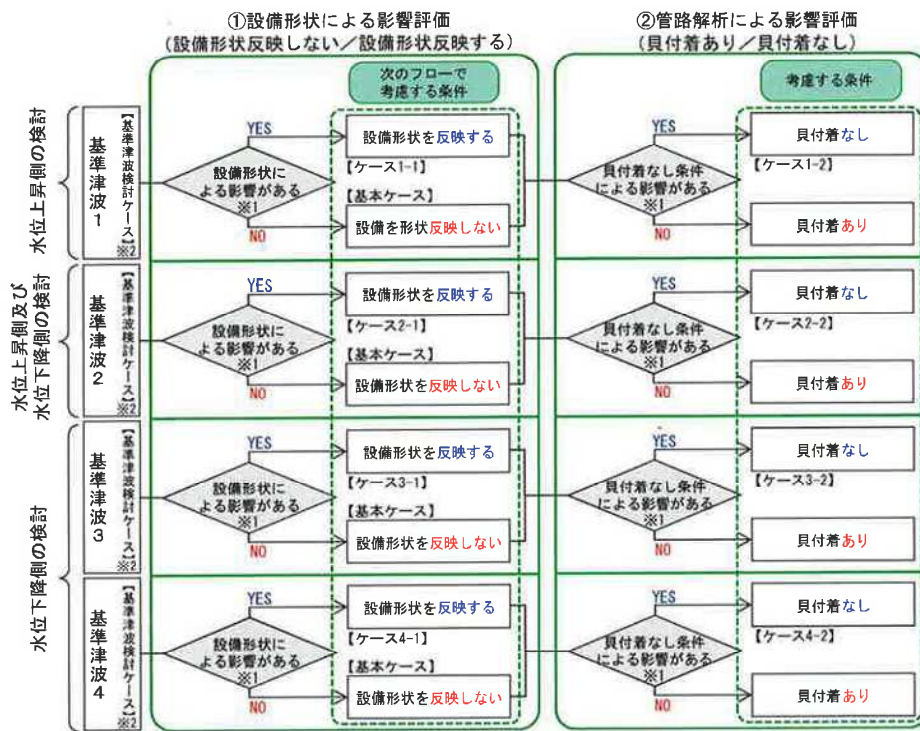
--

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。

枠囲み範囲は機密に係る事項ですので、公開することはできません。



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

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。

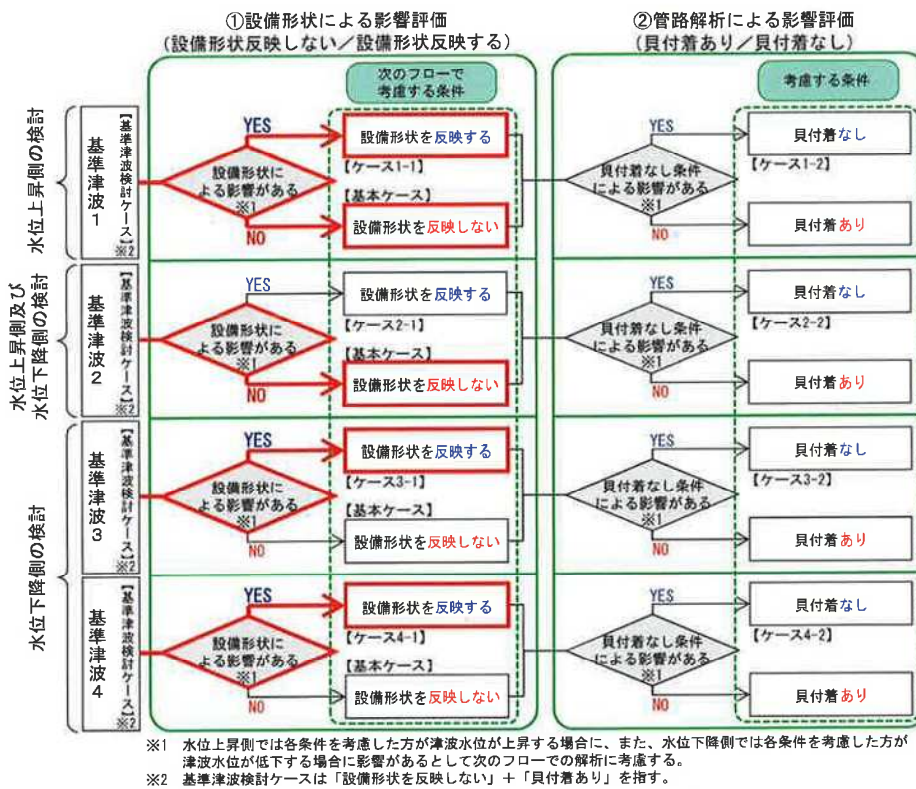
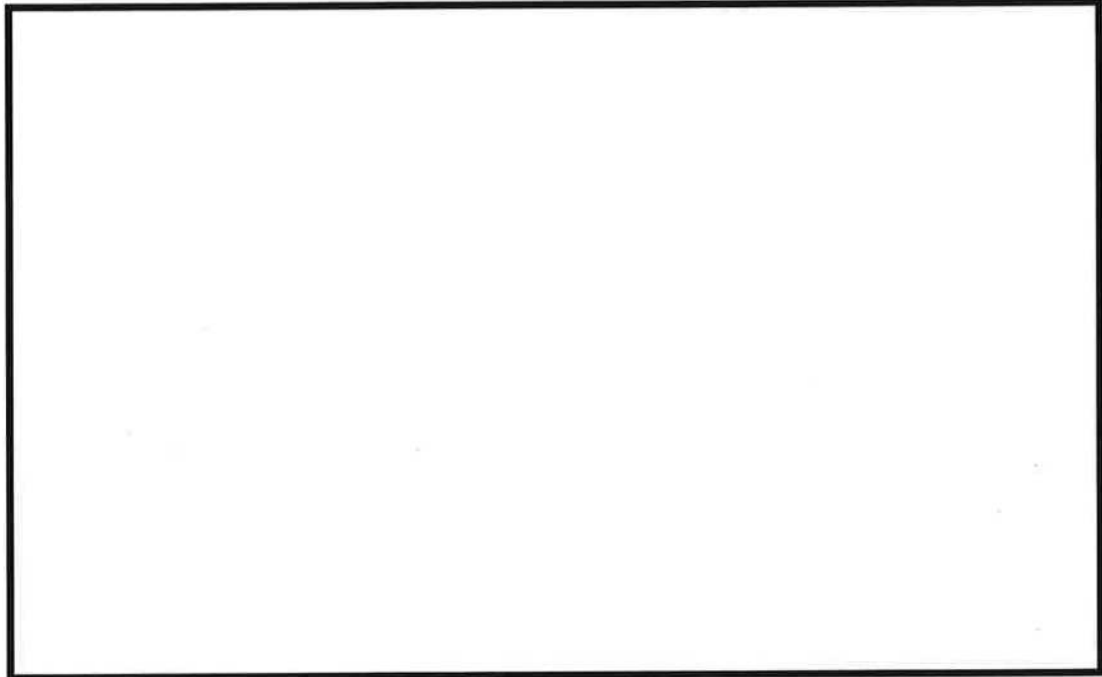
基準津波 3 (取水路防潮ゲート【開→閉】条件) では、設備形状を反映することで、水位下降側の検討における各評価点の最低水位は 0.2m 程度低下する結果が得られた。

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

枠囲み範囲は機密に係る事項ですので、公開することはできません。

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。

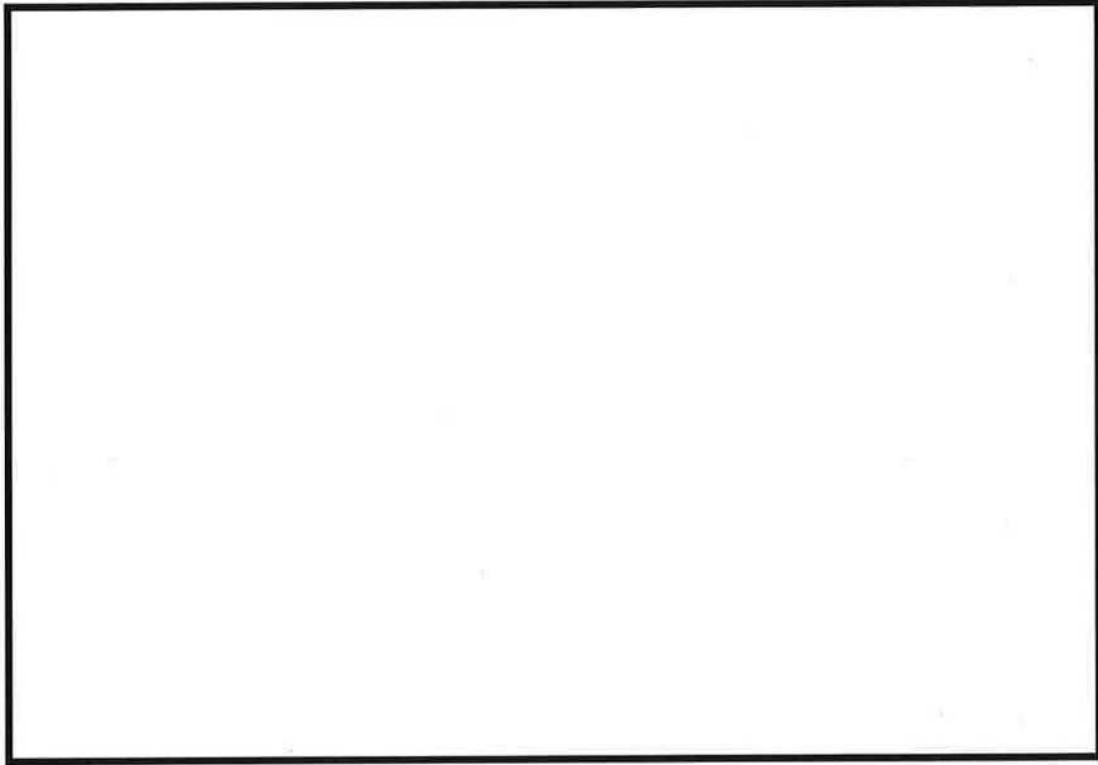
基準津波 2（取水路防潮ゲート【開】条件）においては、貝付着なしとすることで、水位上昇側の検討における 3, 4 号機海水ポンプ室前面の最高水位が 0.2m 程度上昇する結果が得られた。また、水位下降側の検討における 3, 4 号機海水ポンプ室前面の最低水位が 0.1m 程度低下する結果が得られた。

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。

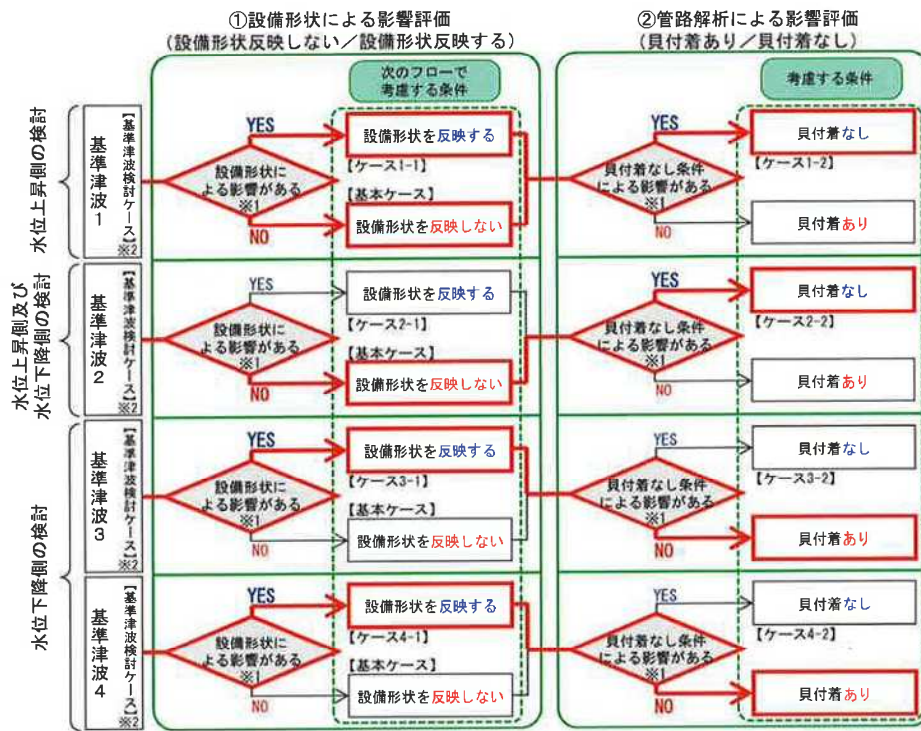
基準津波 4（取水路防潮ゲート【開→閉】条件）においては、貝付着なしとすることで、水位下降側の検討における最低水位は概ね同等又は 0.1m 程度上昇する結果が得られた。

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



枠囲み範囲は機密に係る事項ですので、公開することはできません。

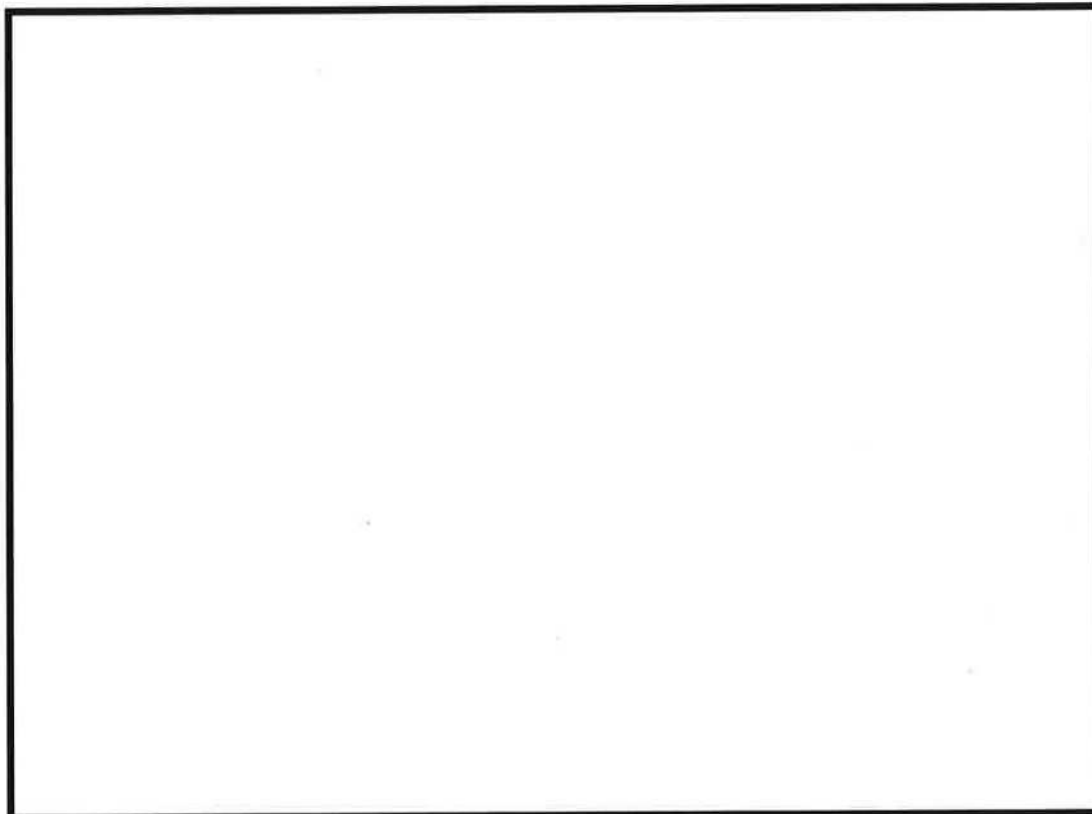


※1 水位上昇側では各条件を考慮した方が津波水位が上昇する場合に、また、水位下降側では各条件を考慮した方が津波水位が低下する場合に影響があるとして次のフローでの解析に考慮する。
 ※2 基準津波検討ケースは「設備形状を反映しない」+「貝付着あり」を指す。

第 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）水位に潮位のバラツキを加えたものとする。

第 2-4-8 表 入力津波高さ一覧表



枠囲み範囲は機密に係る事項ですので、公開することはできません。

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

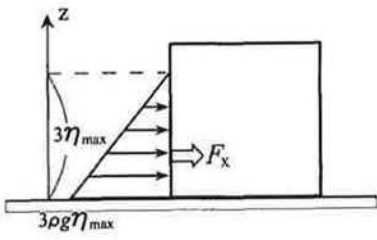
(1) 不確かさの要因

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つの不確かさやバラツキを考慮する。

- 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) 海水密度のバラツキ

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

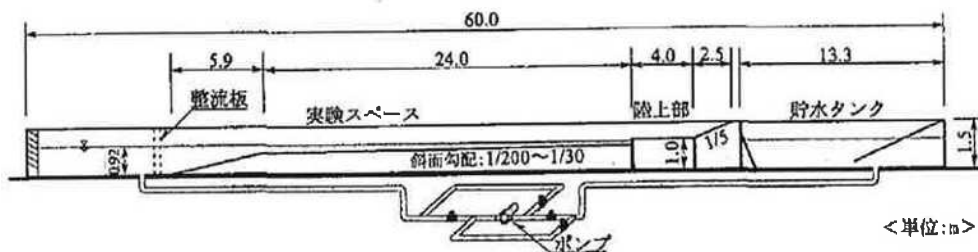
参考文献	海水密度 ρ (t/m ³)	備考
FEMA ^(注1)	1.20	堆積物を含んだ液体の比重
国土交通省港湾局 ^(注2)	1.03	海水

(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バラツキ

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、実験は実験毎のバラツキを考慮して 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。

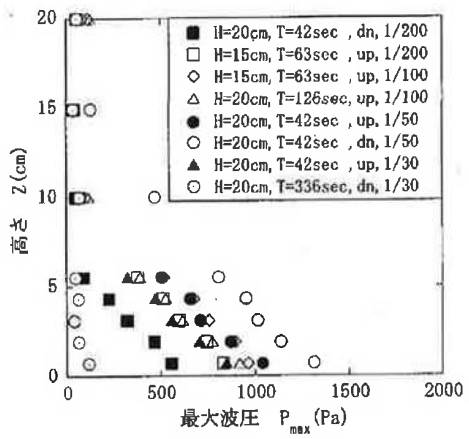
最終的に構造物に働く水平波力は以下の式のように評価できる。

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

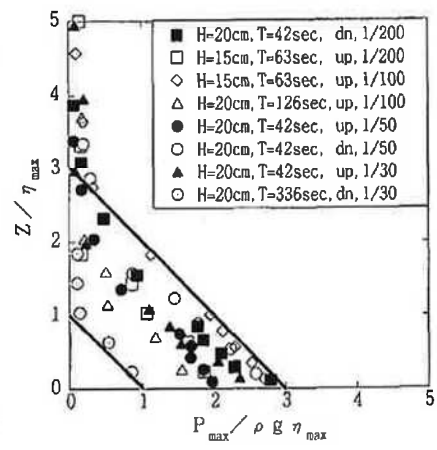
ここで、 F_x : 水平波力、 η_{max} : 最大遡上水深、 ρ : 水の密度、 g : 重力加速度

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。

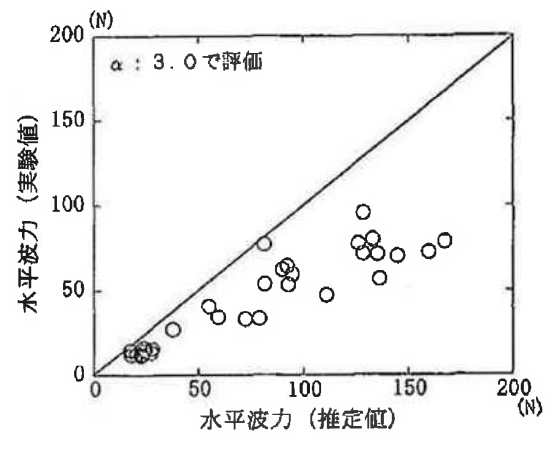
以上のように今回適用した津波波力算定式は、 α に 3.0 を適用することで各種バラツキを包絡した式である。



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

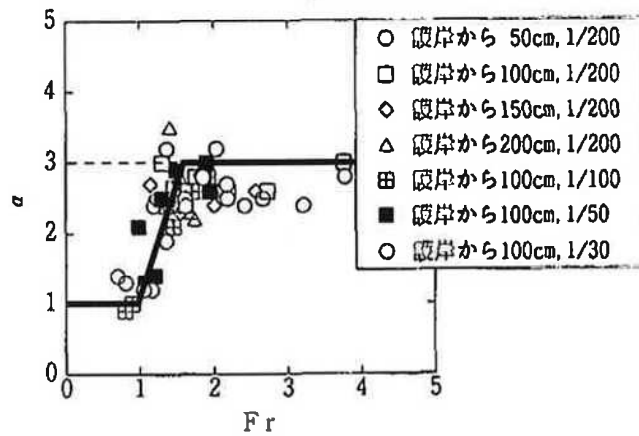
(4) サイト条件を踏まえた津波荷重

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。

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



第2-4-8図 α とFrの関係

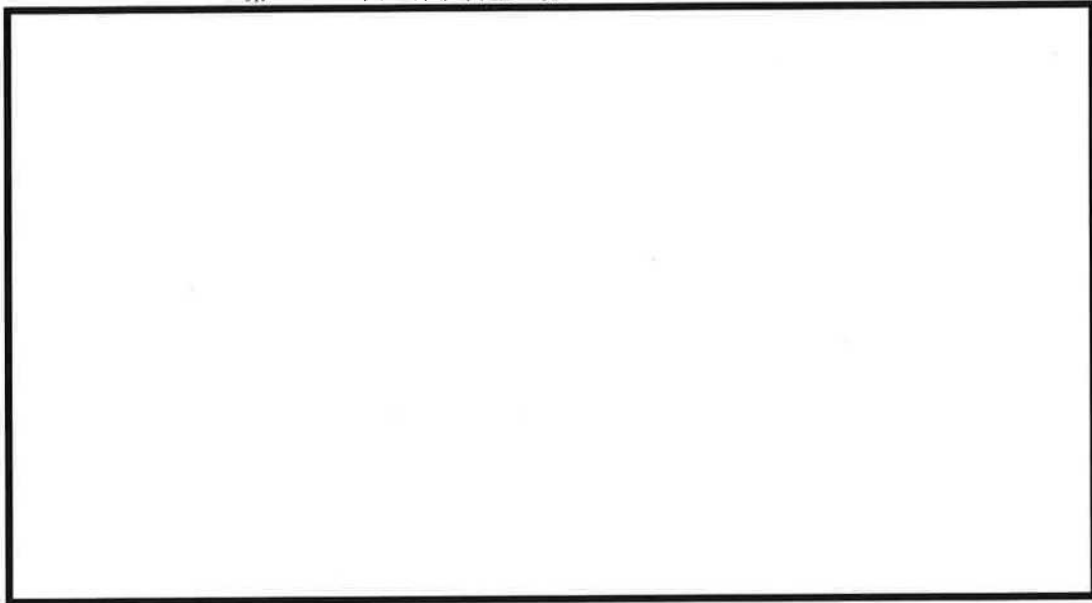
第2-4-12表 当該サイトの構造物前面におけるフルード数

	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に示す海水密度のバラツキ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



枠囲み範囲は機密に係る事項ですので、公開することはできません。

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建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建造物

a. 図面等による調査

既設の人工建造物については、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建造物は、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建造物は、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建造物は、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建造物をモデル化した。津波伝播経路上の人工建造物のうち、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建造物については、建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。

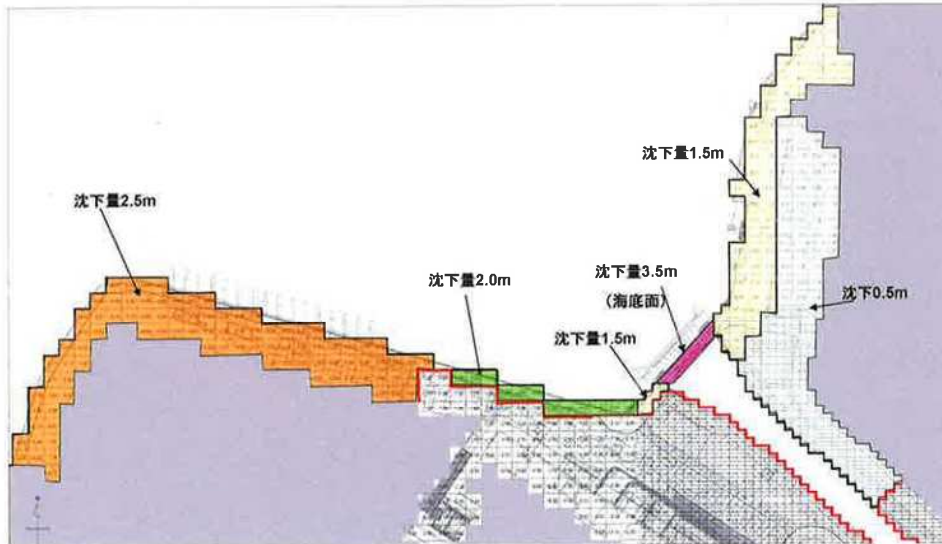
なお、遡上解析で考慮する設備は数十メートル程度の大きさであるため、適切な形状にモデル化されるメッシュサイズとなっている。

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。

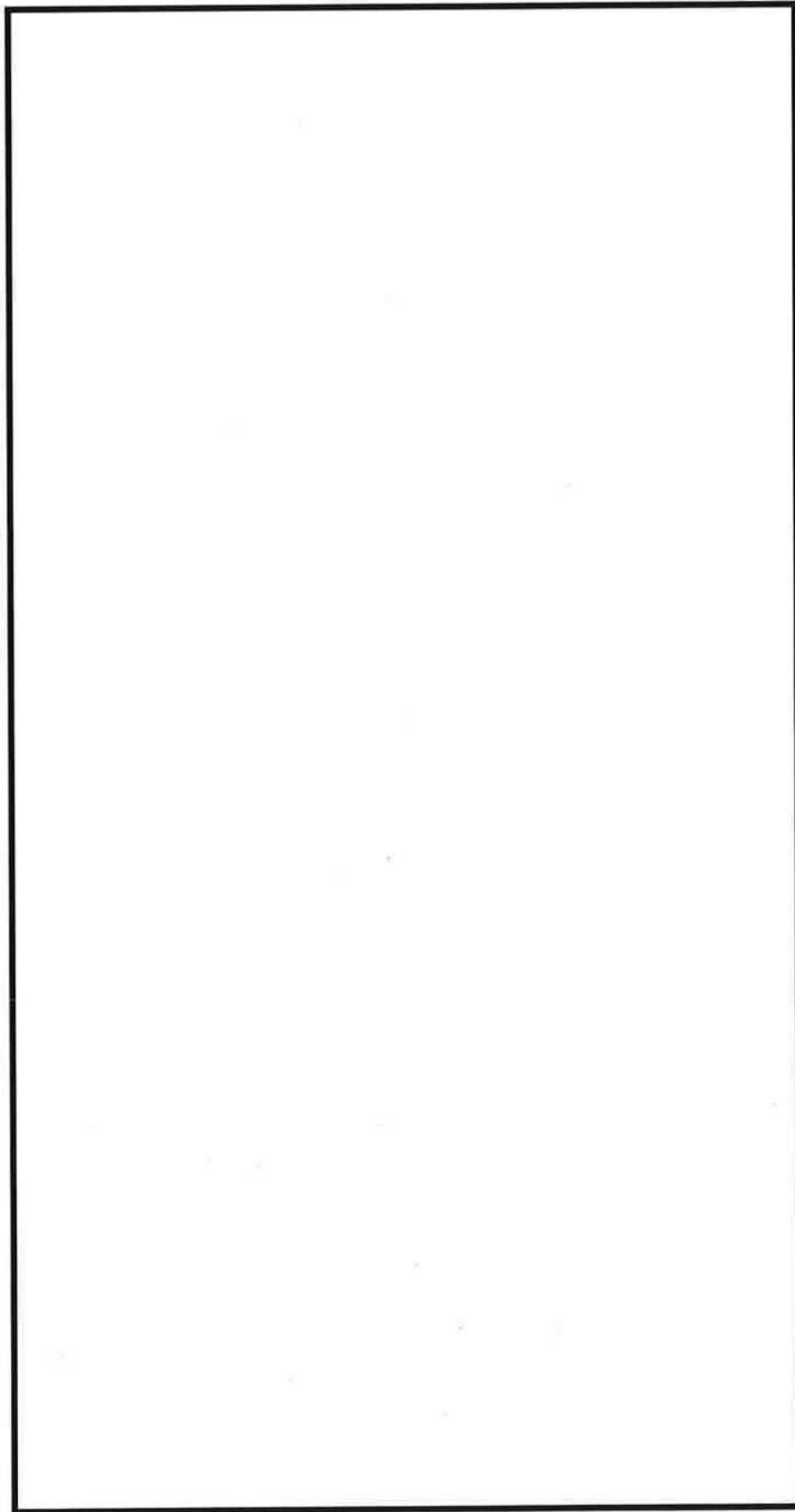
第2-5-1表に遡上解析モデルに反映した設備などを、第2-5-2図に遡上解析モデルを示す。



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

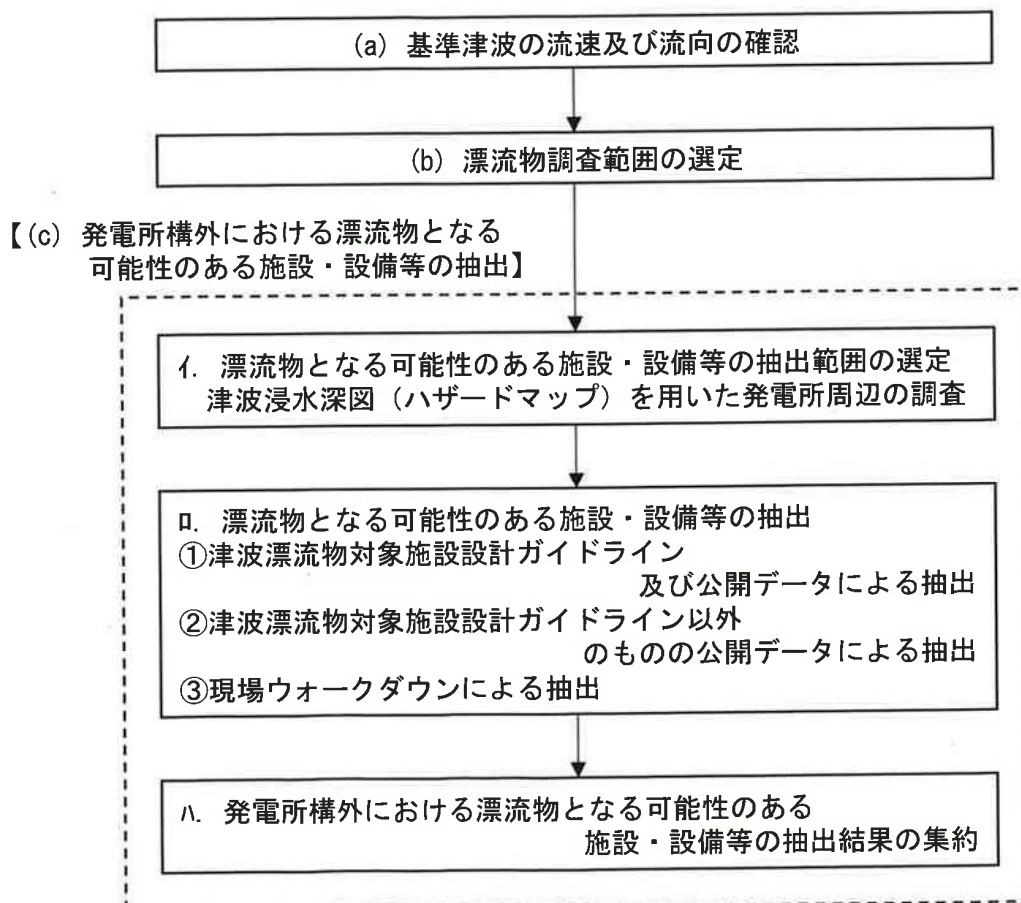
枠囲み範囲は機密に係る事項ですので、公開することはできません。

3. 漂流物に対する考慮事項

3.1 漂流物による影響確認について

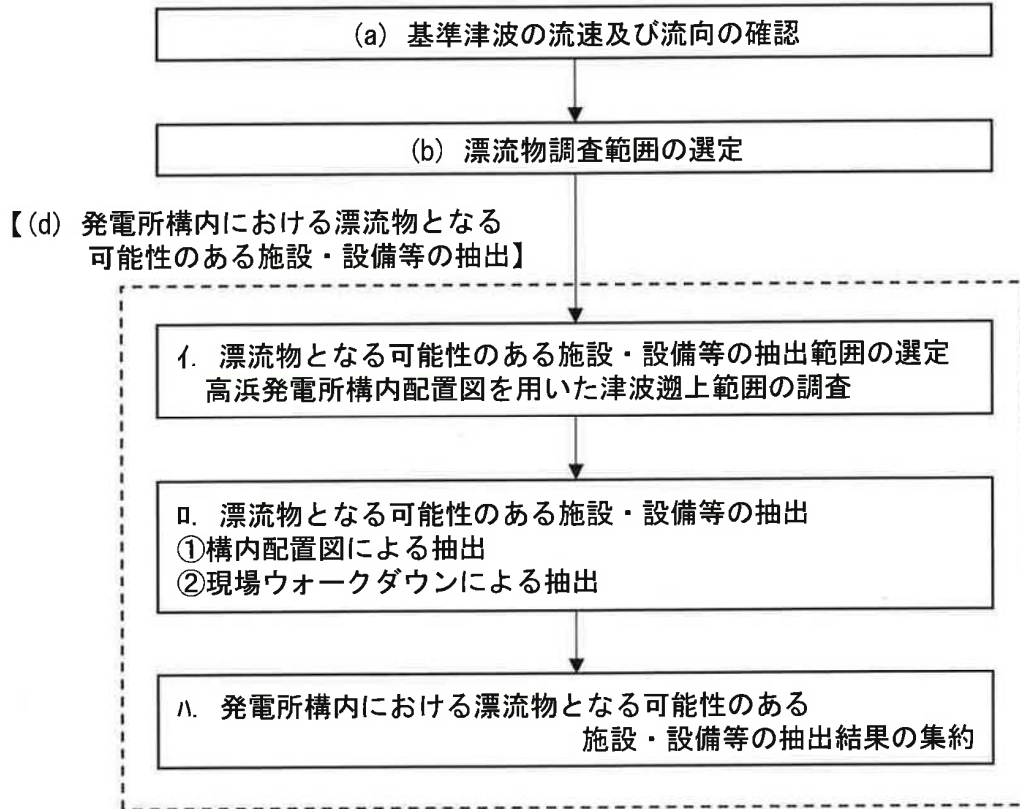
基準津波の津波シミュレーション結果によると、基準地震動による液状化等に伴う敷地の変状や潮位のばらつきを考慮した場合、取水路付近及び放水口付近の低地に津波が遡上する。基準津波により漂流物となる可能性がある施設・設備等が海水ポンプの取水性確保に影響を及ぼさないことを、以下の漂流物抽出フロー及び漂流物評価フローに基づき発電所構外と発電所構内で区分けして整理する（第3-1-1図～第3-1-3図）。

発電所構外

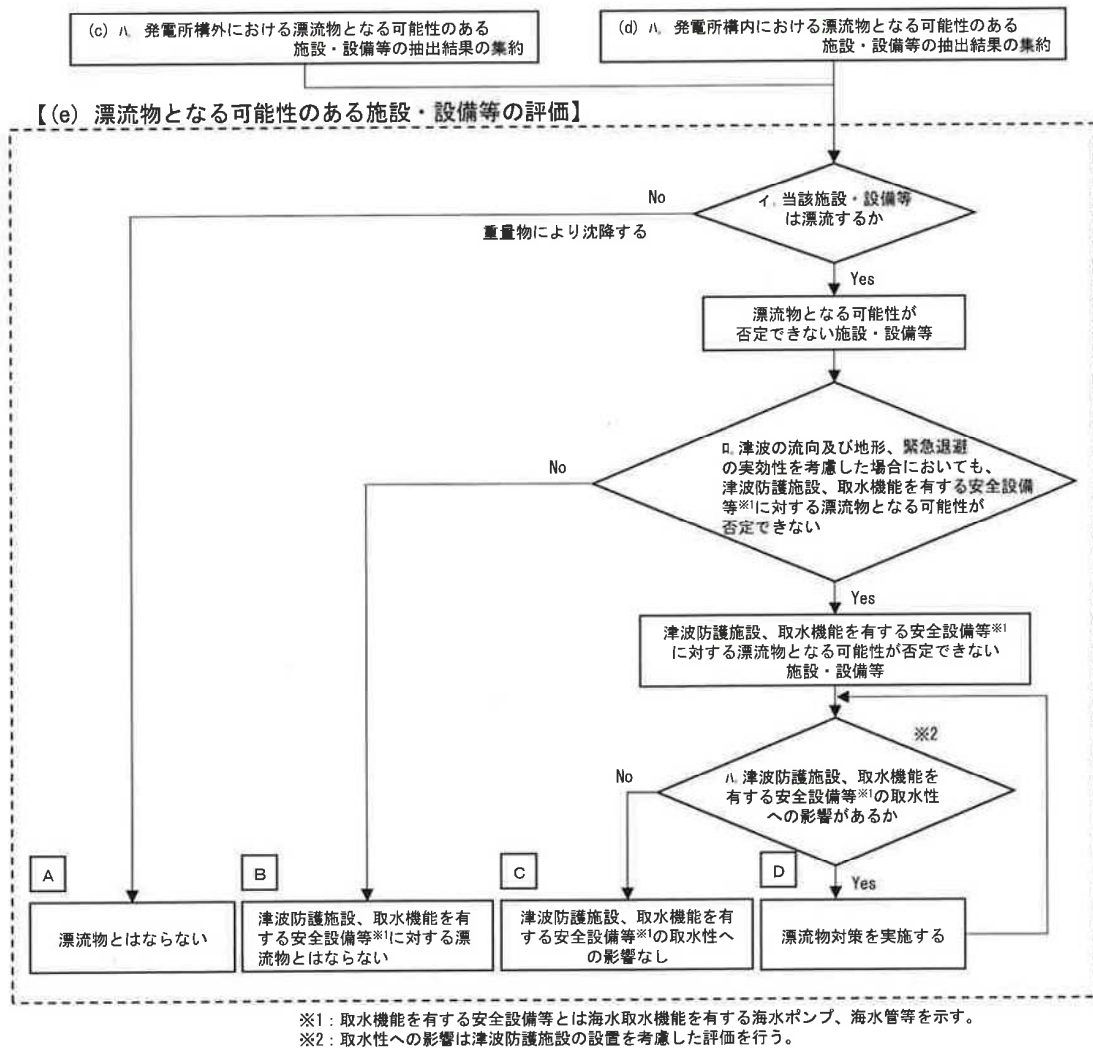


第3-1-1図 発電所構外漂流物抽出フロー

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

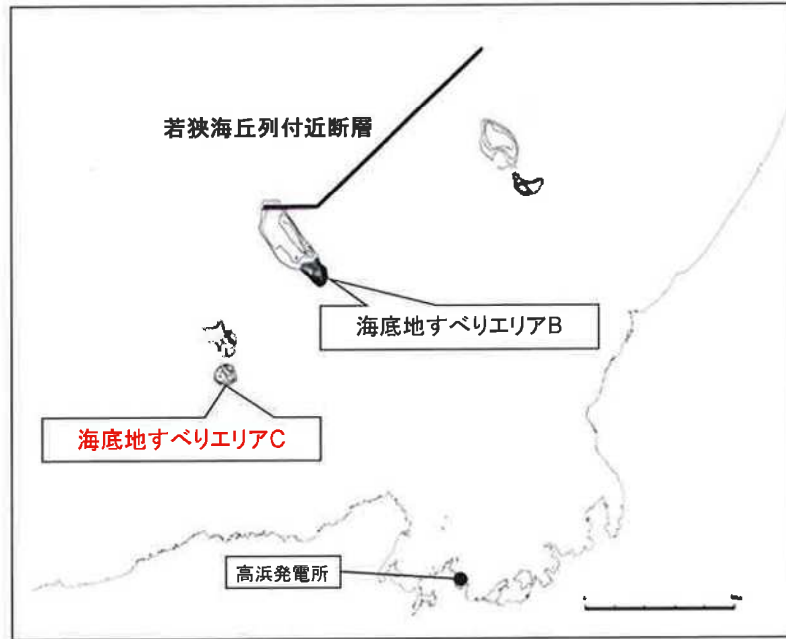
(1) 基準津波の流速および流向の確認

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)の津波は北東から約 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。

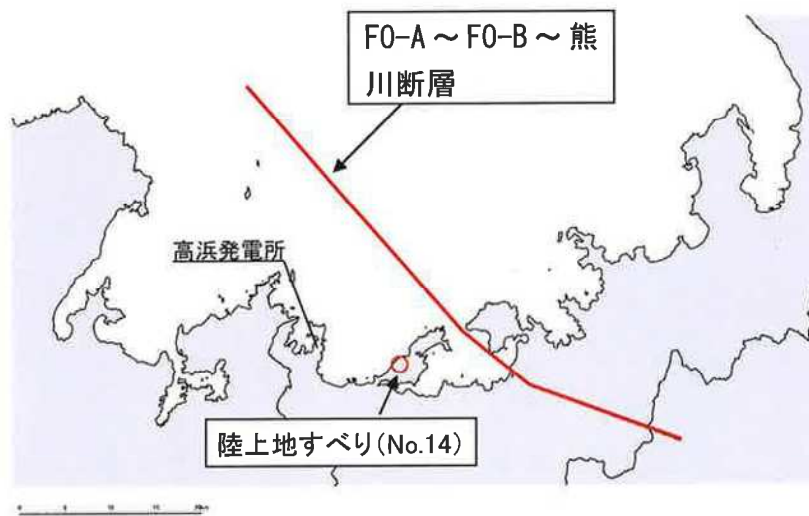
基準津波 2 (F0-A～F0-B～熊川断層と陸上地すべり (No. 14) の一体計算)の津波は北東から約 5 分後に敷地前面に到達し、地形に沿って少しずつ向きを変えながら、約 9 分後に湾内に真直ぐ進入する向きを主流として敷地に襲来する。

基準津波 3 (隠岐トラフ海底地すべりエリア B)の津波 (押し波) 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)の津波 (押し波) 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)



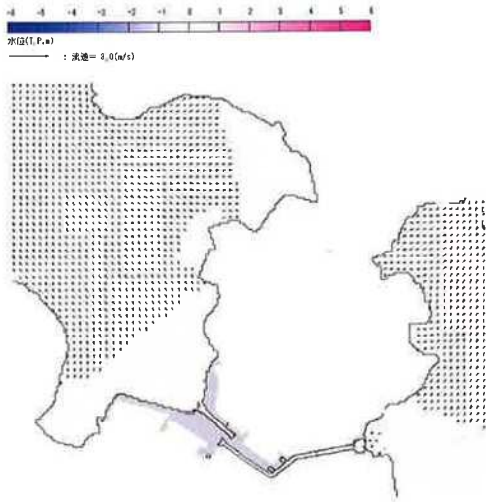
- 基準津波 1 (若狭海丘列付近断層と隠岐トラフ海底地すべりエリア B)
- 基準津波 3 (隠岐トラフ海底地すべりエリア B)
- 基準津波 4 (隠岐トラフ海底地すべりエリア C)



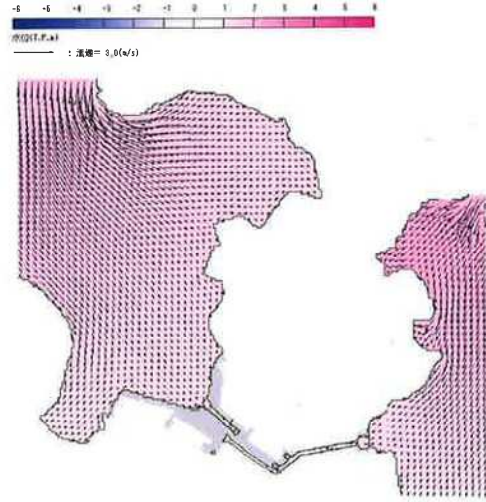
- 基準津波 2 (F0-A ~ F0-B ~ 熊川断層と陸上地すべり (No. 14))

第 3-1-4 図 基準津波 波源位置

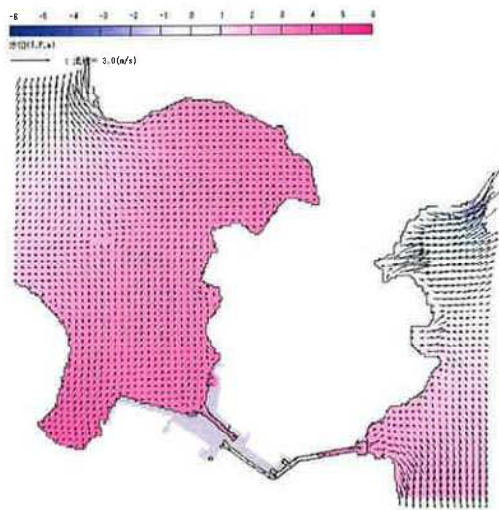
<地震発生 40 分後>



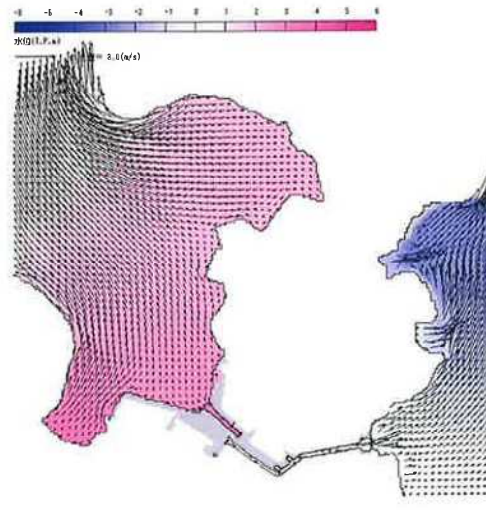
<地震発生 43 分後>



<地震発生 45 分後>



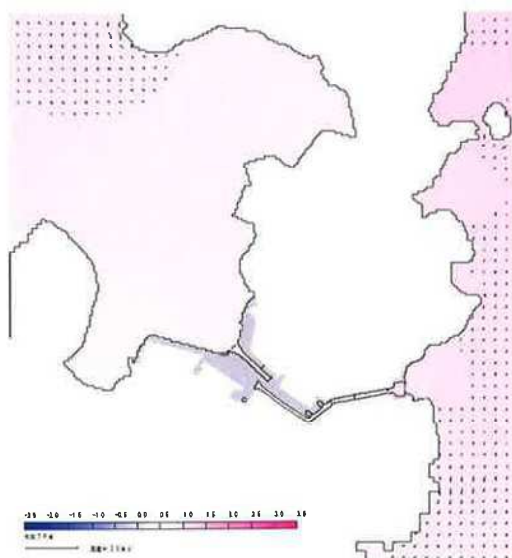
<地震発生 47 分後>



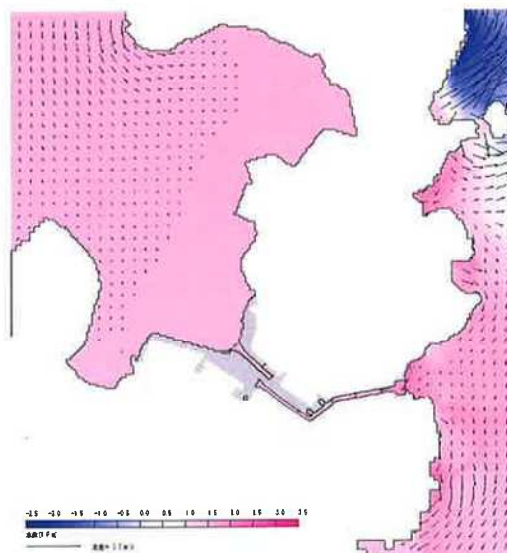
基準津波 1 (若狭海丘列付近断層と隠岐トラフ海底地すべりエリア B の一体計算)

第 3-1-5 図 (1/4) 基準津波の流向ベクトル

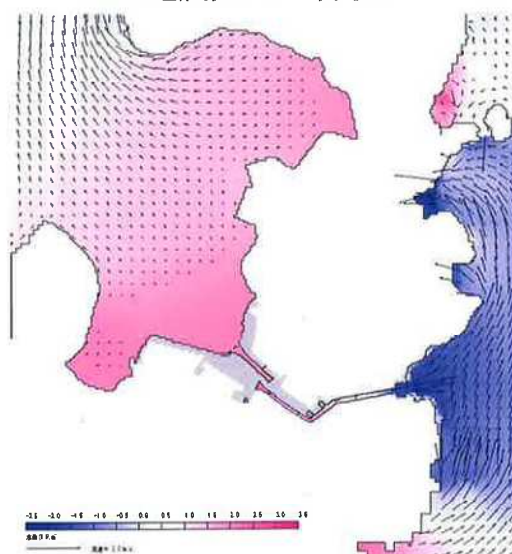
<地震発生 5 分後>



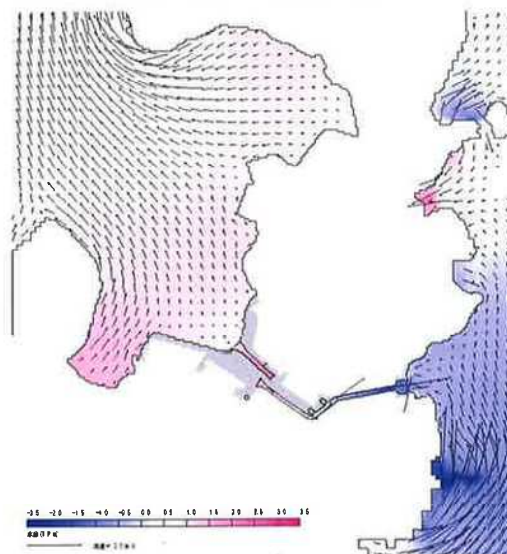
<地震発生 9 分後>



<地震発生 11 分後>



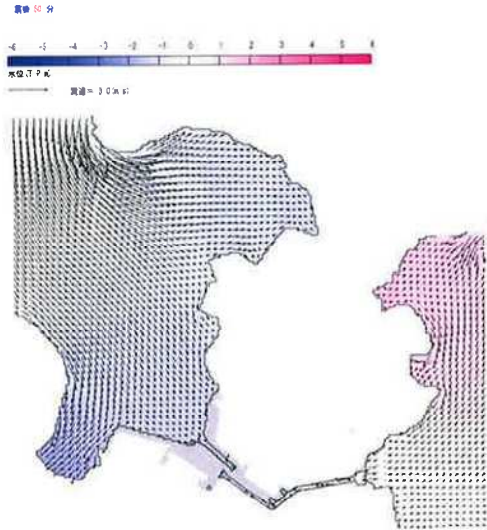
<地震発生 12 分後>



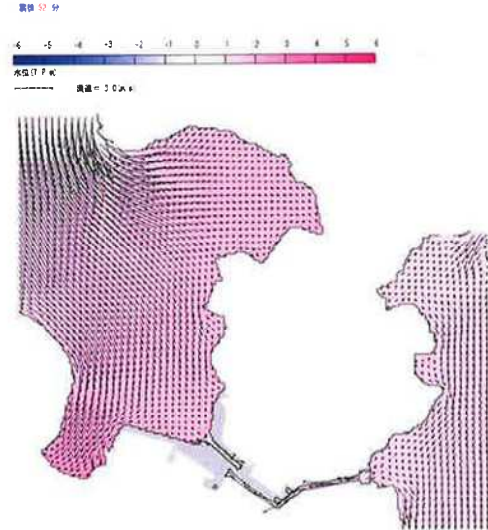
基準津波 2 (F0-A~F0-B~熊川断層と陸上地すべり (No. 14) の一体計算)

第 3-1-5 図 (2/4) 基準津波の流向ベクトル

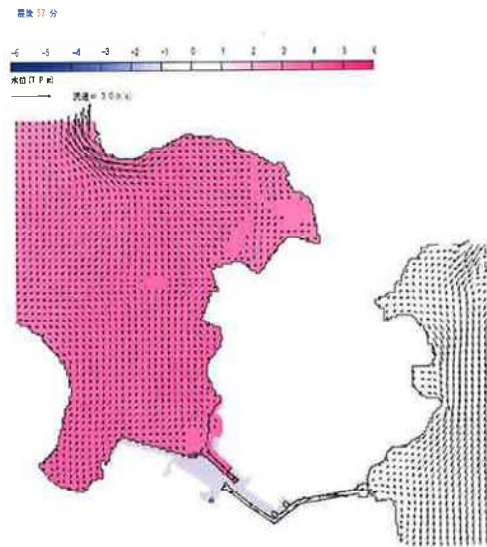
<海底地すべり発生 50 分後>



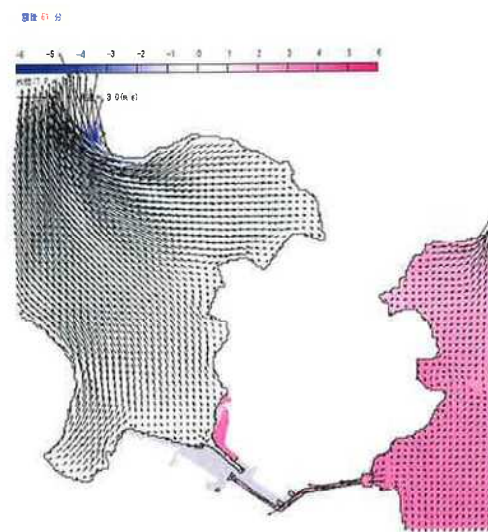
<海底地すべり発生 52 分後>



<海底地すべり発生 57 分後>



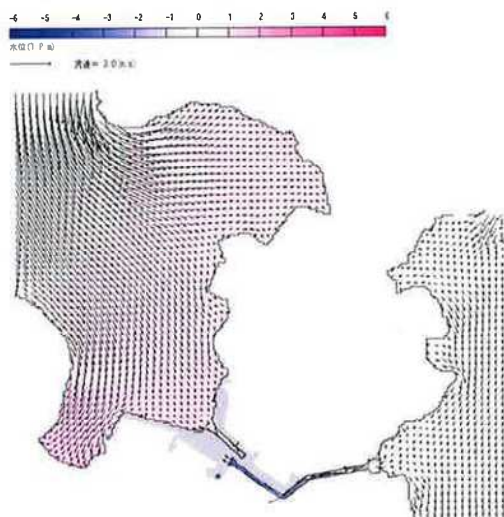
<海底地すべり発生 61 分後>



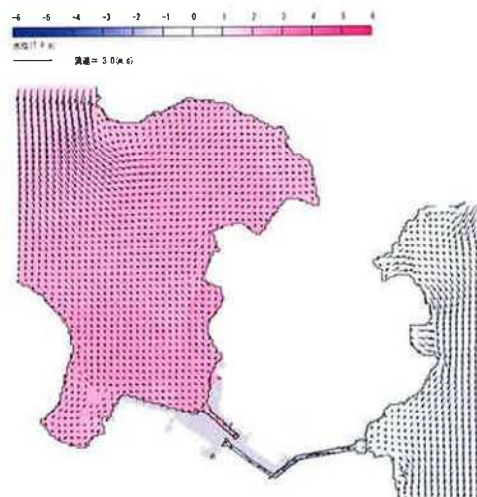
基準津波 3 (隠岐トラフ海底地すべりエリア B の計算)

第 3-1-5 図 (3/4) 基準津波の流向ベクトル

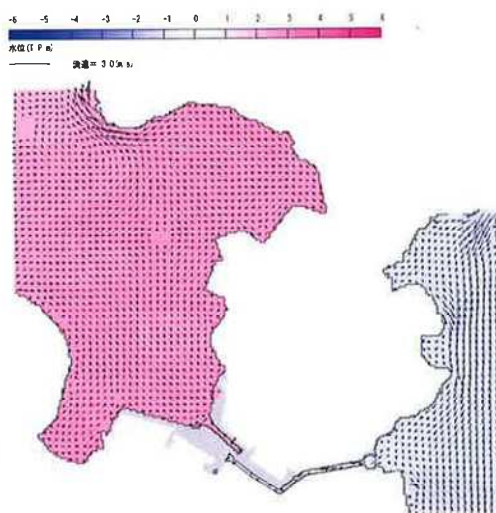
<海底地すべり発生 58 分後>



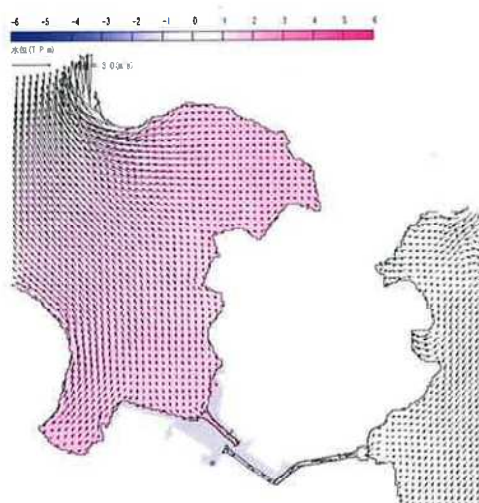
<海底地すべり発生 60 分後>



<海底地すべり発生 62 分後>



<海底地すべり発生 65 分後>



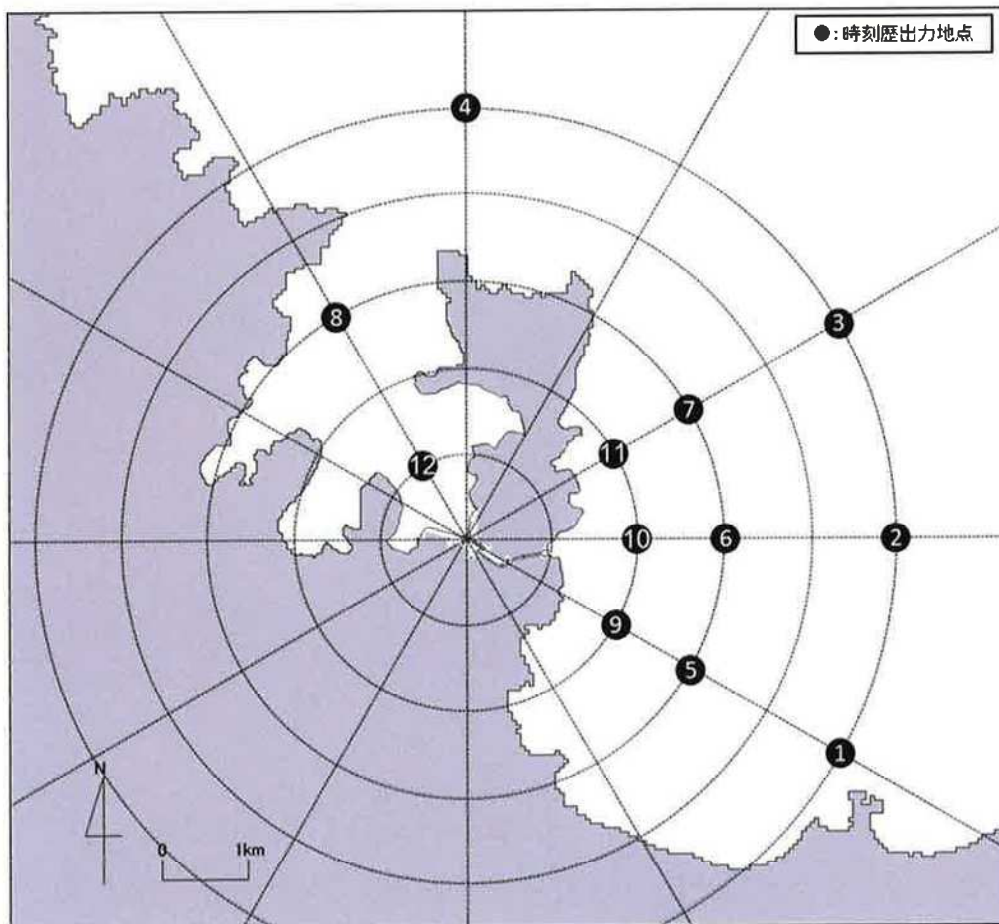
基準津波 4 (隠岐トラフ海底地すべりエリア C の計算)

第 3-1-5 図 (4/4) 基準津波の流向ベクトル

(2) 漂流物調査範囲の選定

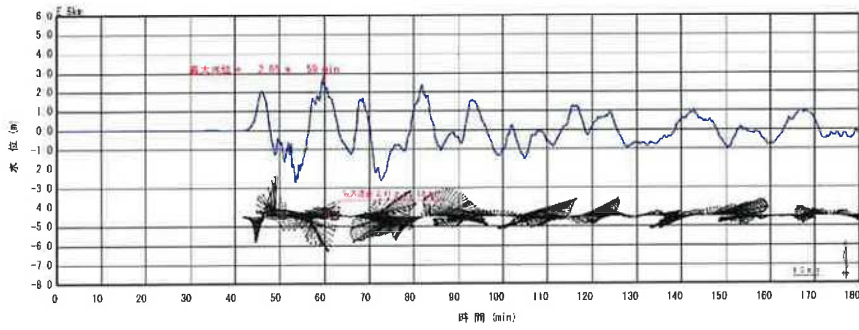
漂流物調査範囲の選定のため、基準津波 1（若狭海丘列付近断層と隠岐トラフ海底地すべりエリア B の一定計算）における沿岸域の 12 地点における水位、流向の時系列データを抽出した。抽出結果は、第 3-1-6 図及び第 3-1-7 図に示すとおりであるが、津波流速については、4.0m/s 以下となっている。

漂流物に対する津波の影響は第 1 波、第 2 波によるものが大きいと考えられるため、2 波分の移動量を考慮すると、津波による移動量は約 3.0km となるが、保守的に発電所周辺約 5km の範囲を漂流物調査範囲とした。（第 3-1-8 図及び第 3-1-9 図）

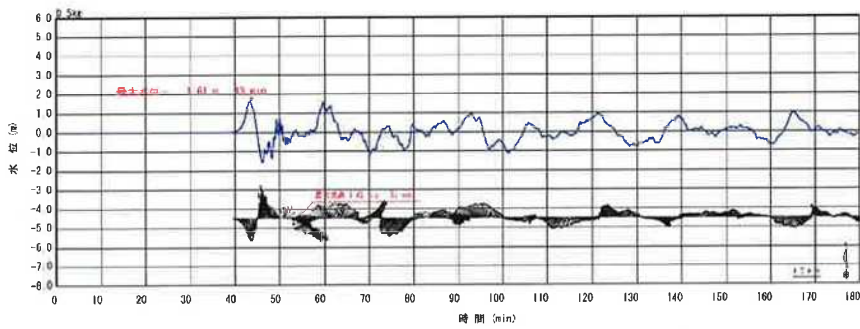


第 3-1-6 図 水位・流向・流速の抽出地点

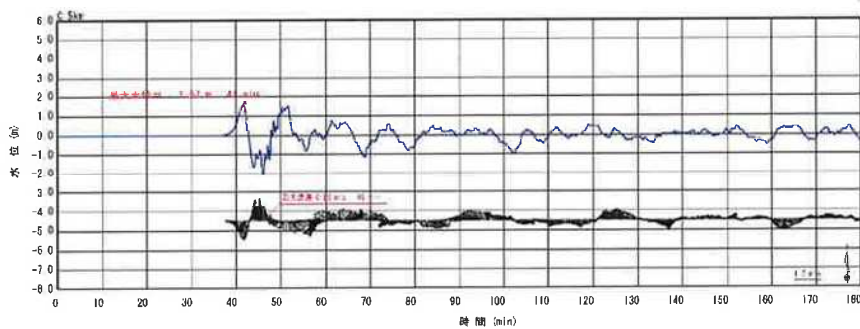
地点 1
 (最大水位 : 2.65m 最大流速 : 2.41m/s)



地点 2
 (最大水位 : 1.61m 最大流速 : 1.42m/s)

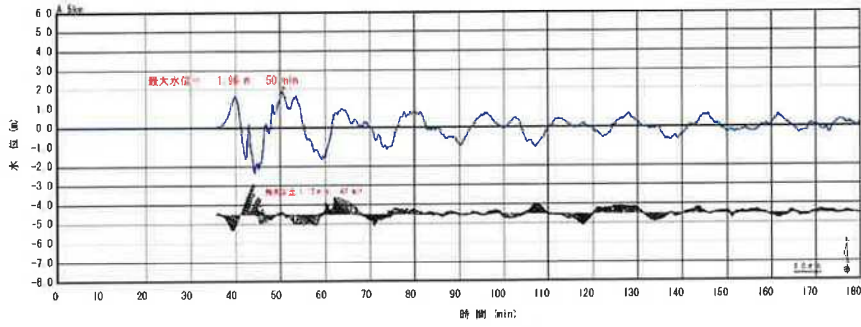


地点 3
 (最大水位 : 1.57m 最大流速 : 0.50m/s)

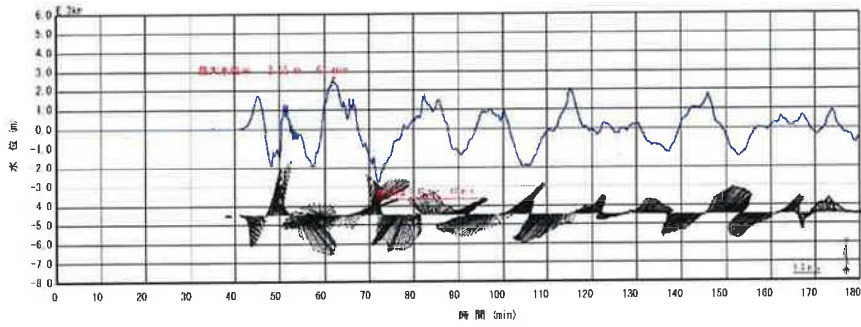


第 3-1-7 図 (1/4) 沿岸域において抽出した地点の水位、流向、流速

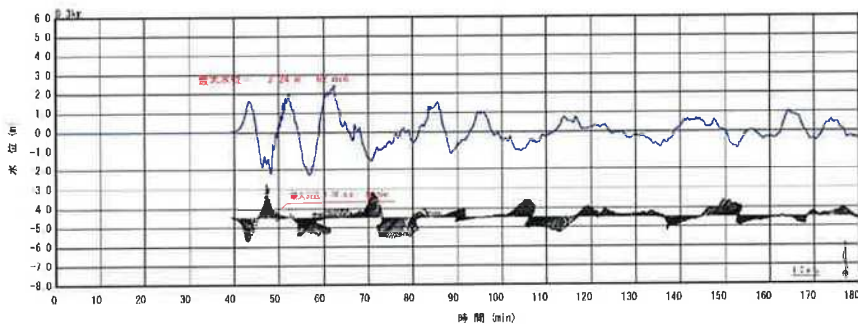
地点 4
 (最大水位 : 1.96m 最大流速 : 1.17m/s)



地点 5
 (最大水位 : 2.55m 最大流速 : 2.32m/s)

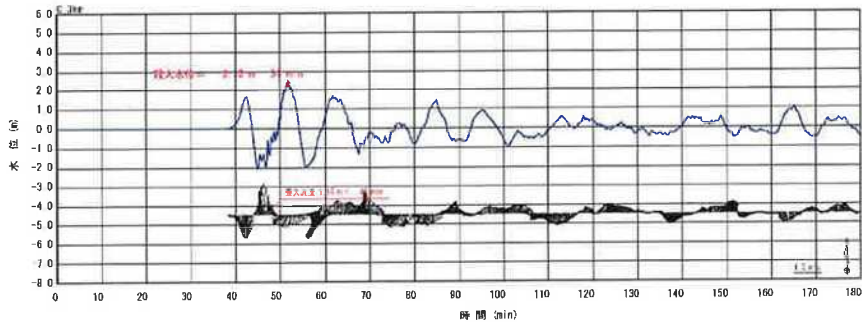


地点 6
 (最大水位 : 2.24m 最大流速 : 1.26m/s)

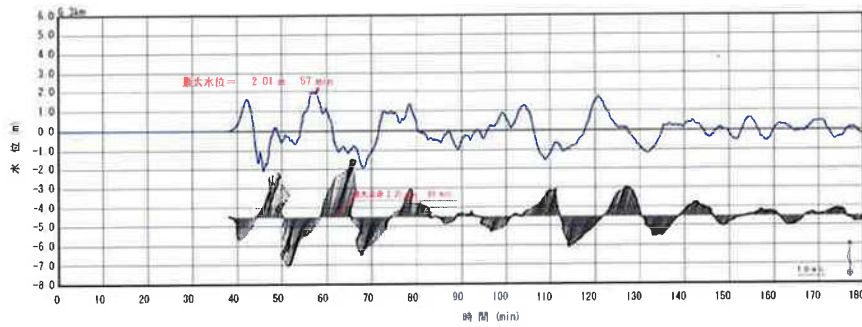


第 3-1-7 図 (2/4) 沿岸域において抽出した地点の水位、流向、流速

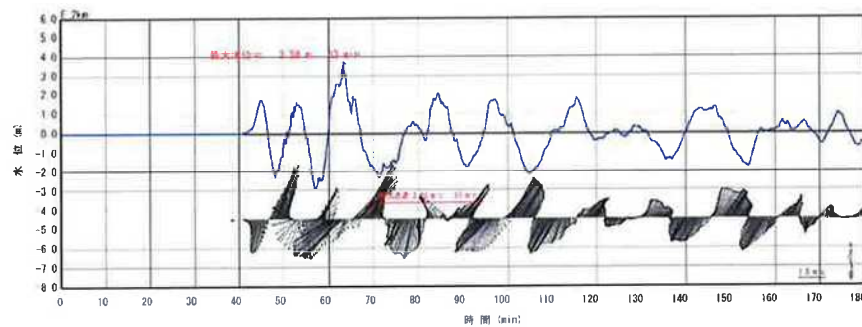
地点7
 (最大水位：2.32m 最大流速：1.15m/s)



地点8
 (最大水位：2.01m 最大流速：2.25m/s)

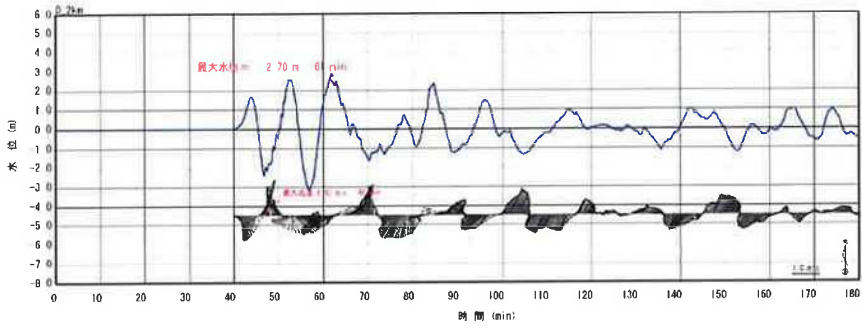


地点9
 (最大水位：3.58m 最大流速：2.38m/s)

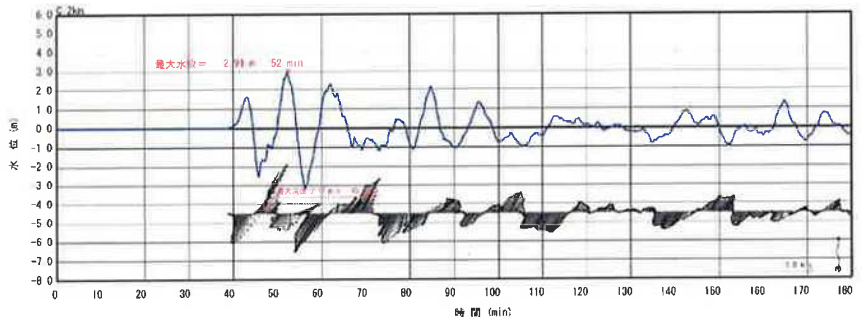


第3-1-7図(3/4) 沿岸域において抽出した地点の水位、流向、流速

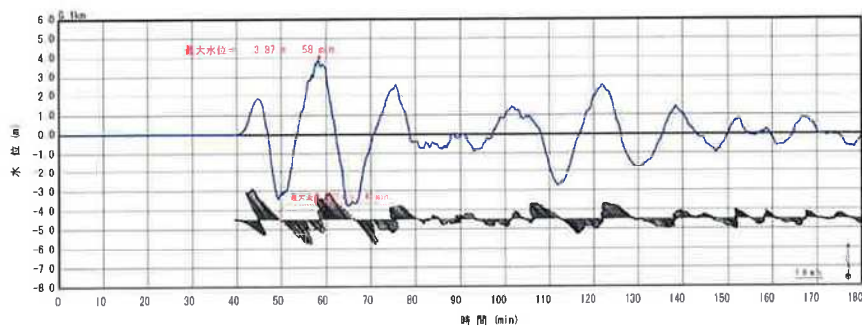
地点 10
 (最大水位 : 2.70m 最大流速 : 1.42m/s)



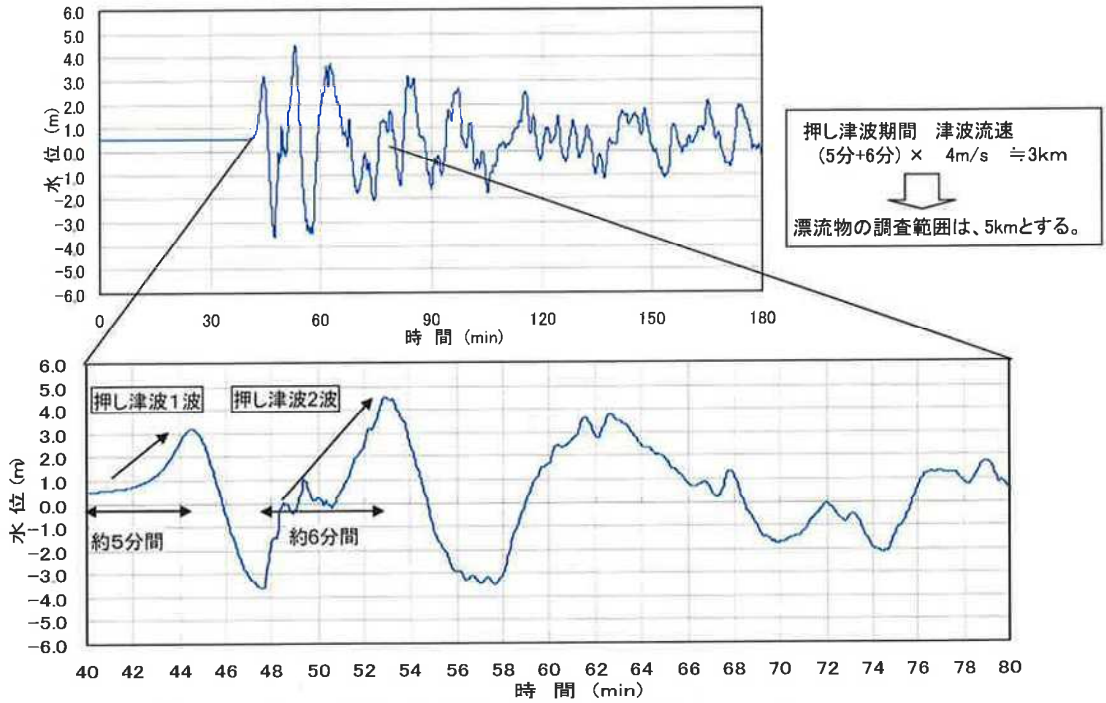
地点 11
 (最大水位 : 2.91m 最大流速 : 2.17m/s)



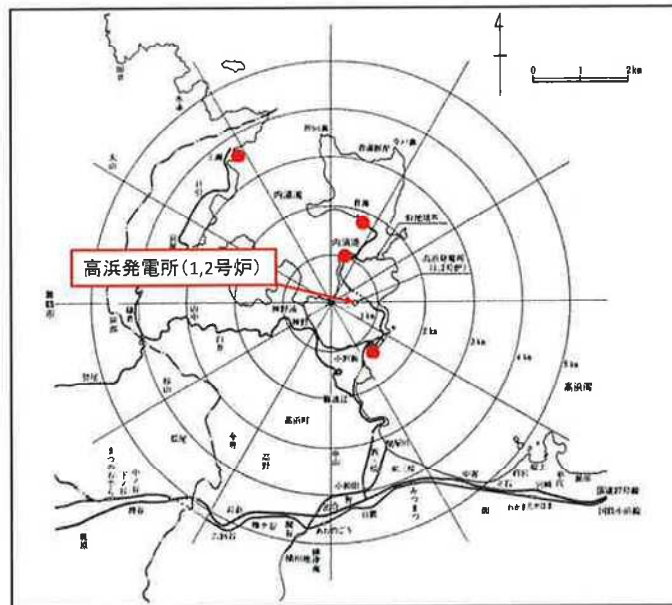
地点 12
 (最大水位 : 3.87m 最大流速 : 1.37m/s)



第 3-1-7 図 (4/4) 沿岸域において抽出した地点の水位、流向、流速



第 3-1-8 図 漂流物調査範囲の考え方について



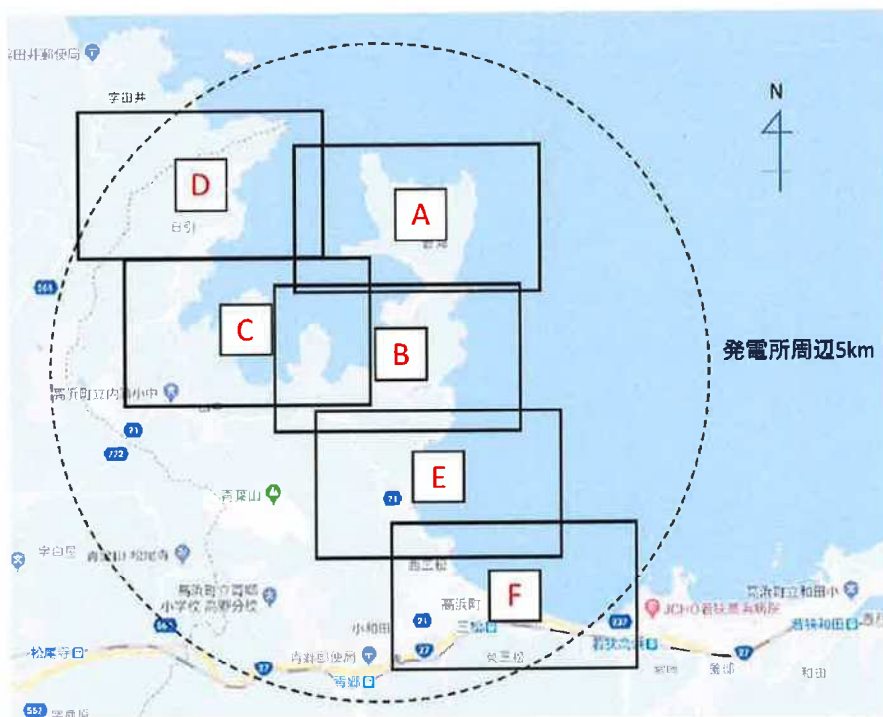
第 3-1-9 図 高浜発電所敷地付近地図 (港湾施設及び漁港の位置)

(3) 発電所構外における漂流物となる可能性のある施設・設備等の抽出

a. 漂流物となる可能性のある施設・設備等の抽出範囲の選定

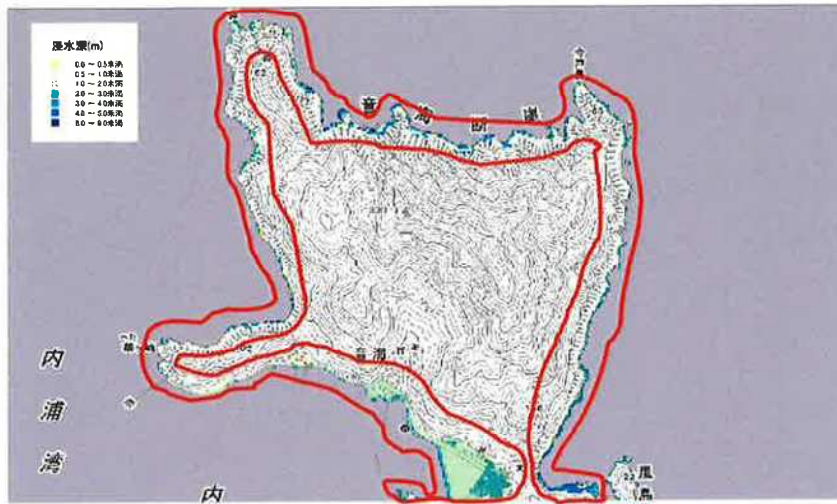
発電所周辺約 5km の範囲（第 3-1-10 図）について、「福井県における津波シミュレーション結果について 津波最大浸水深図（高浜町別図）平成 24 年 9 月 3 日」（以下「高浜町津波ハザードマップ」という。）により示される浸水域に、施設・設備等の有無を考慮して抽出範囲を赤枠で示した。赤枠で示した範囲内について漂流物となる可能性のある施設・設備等を抽出する。網羅的に調査した結果を漂流の可能性のある施設・設備として取り纏めた（第 3-1-11 図、第 3-1-12 図及び第 3-1-1 表～第 3-1-3 表）。

なお、高浜町津波ハザードマップと同じ波源（若狭海丘列付近断層）である高浜発電所津波シミュレーション結果から、音海地区における最高津波水位は m～ m 程度となり、音海地区の敷地高さが m 程度であることを考慮すると、音海地区の津波浸水深さは 2.8m～3.3m 程度と想定できる。これは、高浜町津波ハザードマップにて示される津波浸水深さとほぼ同等の結果であることから、抽出範囲として妥当と考える。



第 3-1-10 図 発電所周辺約 5km の範囲

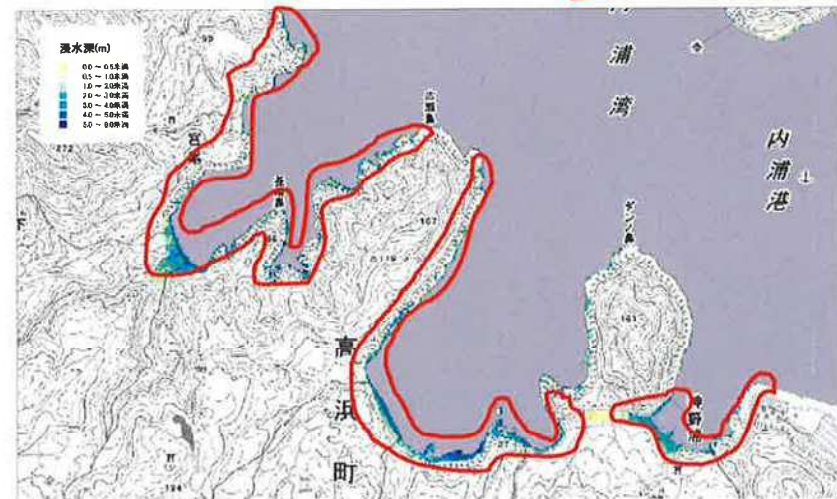
A



B

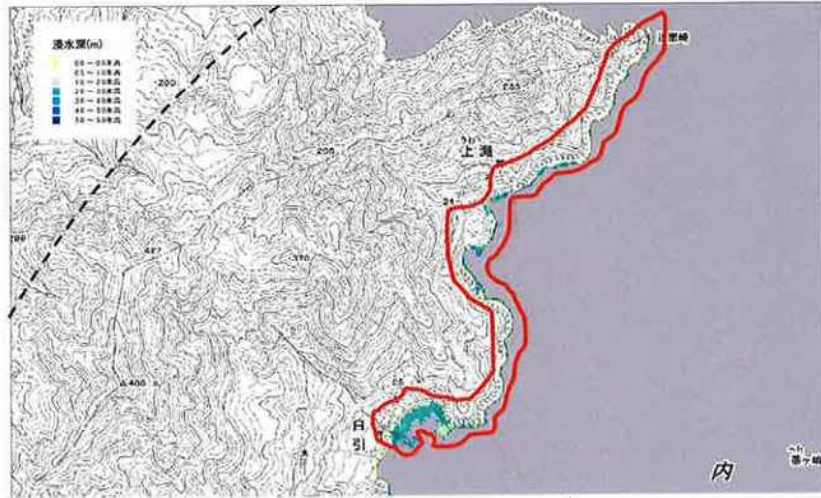


C



第 3-1-11 図(1/2) 高浜町津波ハザードマップ

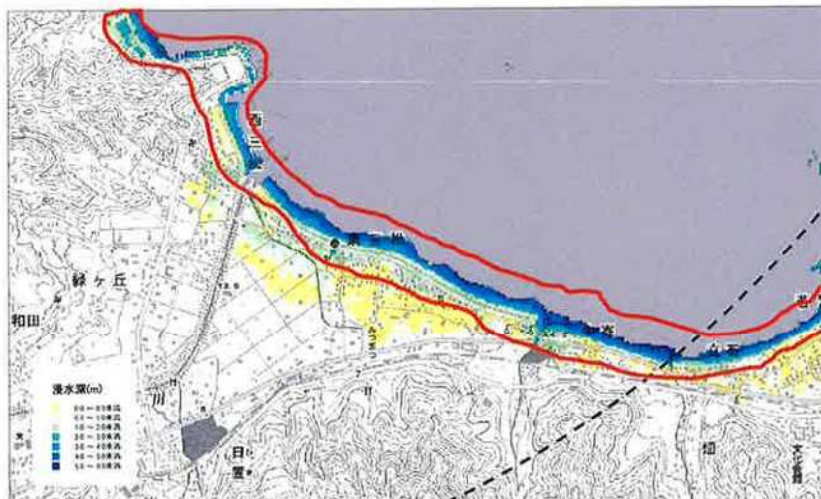
D



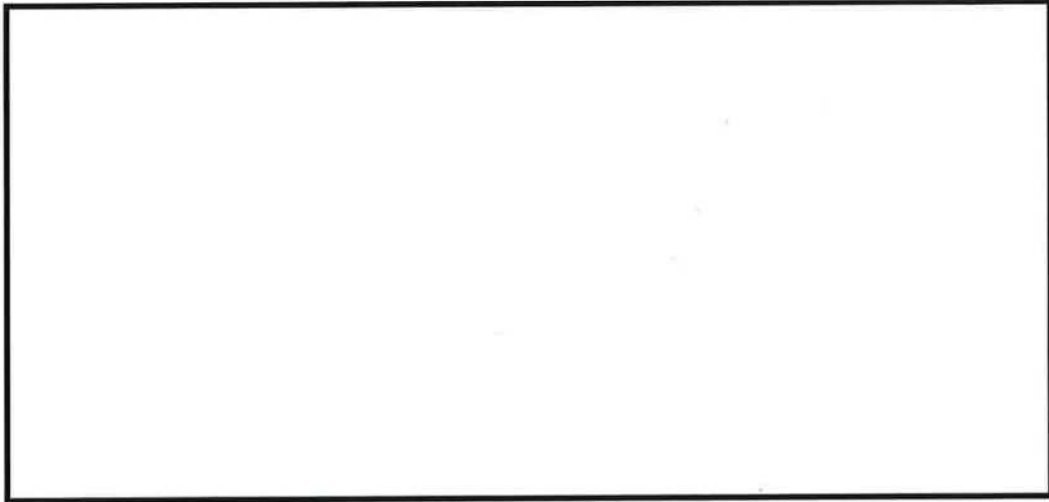
E



F



第 3-1-11 図 (2/2) 高浜町津波ハザードマップ



第 3-1-12 図 高浜発電所津波シミュレーション結果

b. 漂流物となる可能性のある施設・設備等の抽出

漂流物としては主に、津波漂流物対象施設設計ガイドライン（以下「漂流物ガイドライン」という。）にて示される船舶、車両、コンテナ及び木材が考えられる。これらを対象漂流物として、公開データを確認するとともに、漂流物ガイドラインにて示される漂流物以外のものについても公開データを確認する。なお、定期的実施する津波漂流物の確認を踏まえ、公開データにより抽出した施設・設備等の現場確認を行うとともに、それ以外の漂流物となる可能性のある施設・設備等を整理する。

① 漂流物ガイドラインにて示される施設・設備等の公開データによる抽出

漂流物ガイドラインにて示される対象漂流物である船舶、車両、コンテナ、木材を抽出項目として設定し、公開データを確認した（第 3-1-1 表）。

第 3-1-1 表 漂流物ガイドラインにて示される対象漂流物の確認結果

抽出項目	公開データ	確認結果
船舶（漁船）	市町村基本データ	高浜町に動力船、船外機付船、無動力船の存在が確認される
車両	人口統計ラボ	車両が存在すると想定される
コンテナ	市町村基本データ	高浜町にはコンテナを多数扱う施設はないことから、多数のコンテナは存在しないと想定される。
木材	市町村基本データ	高浜町には木材を多数扱う製材所等が無いことから、多数の木材は存在しないと想定される

② 漂流物ガイドラインにて示される施設・設備等以外の公開データによる抽出

漂流物ガイドラインにて示される対象漂流物以外についても公開データより網羅的に抽出を行い、施設・設備等を抽出した（第 3-1-2 表）。

第 3-1-2 表 漂流物ガイドラインにて示される対象漂流物以外の確認結果

公開データ	公開データにて抽出した施設・設備等	確認結果
市町村基本データ	音海漁港 上瀬漁港 神野浦漁港 小黑飯漁港	高浜町には漁港が存在することから、漁具、魚網の存在が想定される
人口統計ラボ	家屋	家屋が存在すると想定される

③ 現場ウォークダウンによる抽出結果

現場ウォークダウンにより、①②にて抽出した施設・設備等の現場確認を行うとともに、それ以外の漂流物となる可能性のある施設・設備等を抽出した（第 3-1-3 表）。

第3-1-3表 現場ウォークダウンによる抽出結果

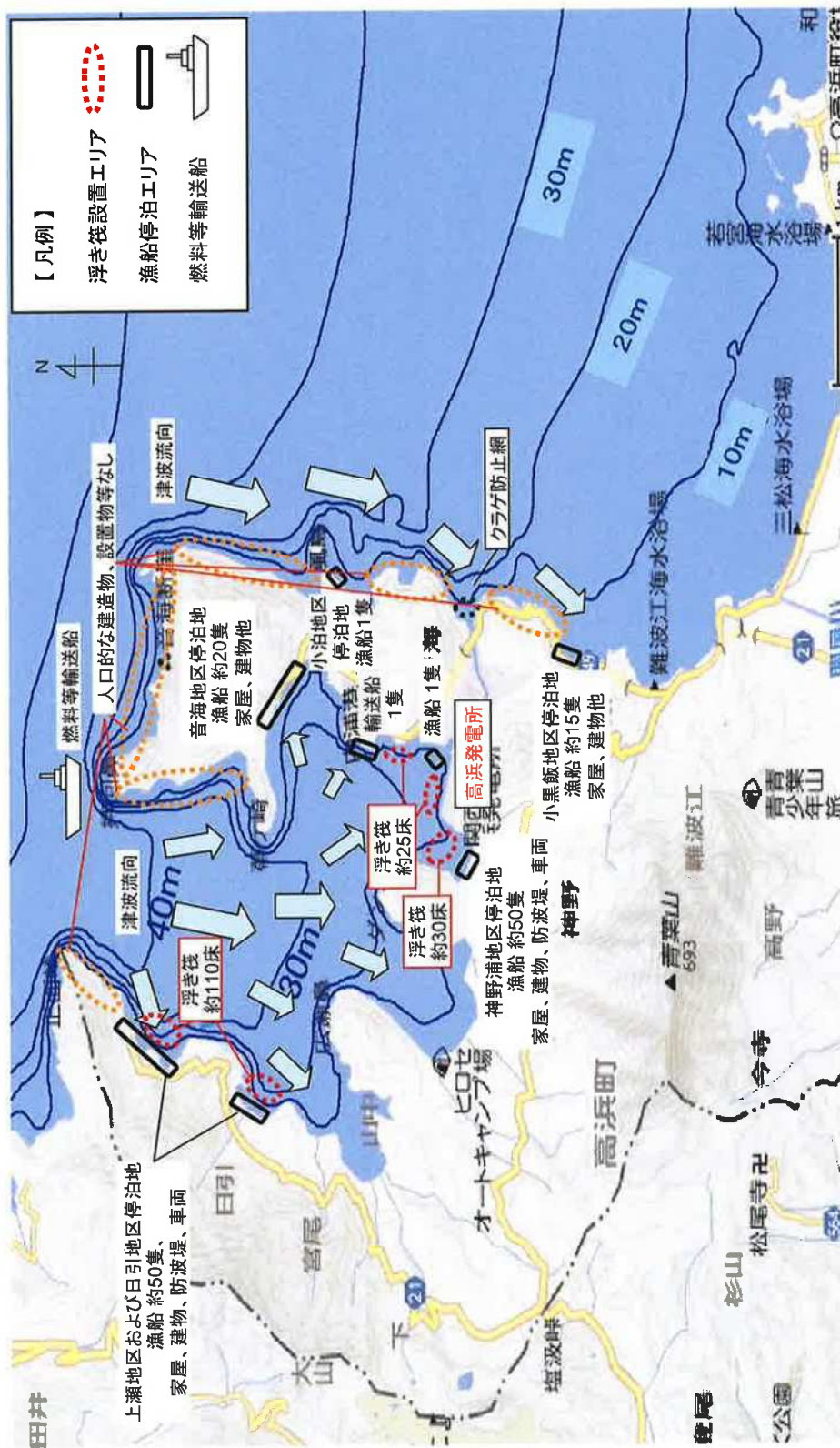
現場ウォークダウンにて抽出した施設・設備等	抽出した位置	数量
船舶 ・漁船 ・輸送船	内浦湾 内浦湾以外 内浦港	1隻 (10t) 約 120 隻 (10t) 15 隻 (10t) 1 隻 (5000t)
車両 (一般車両)	音海地区 神野浦地区 日引地区 上瀬地区 内浦港	多数
家屋、建物	音海地区 神野浦地区 日引地区 上瀬地区 内浦港	多数
その他 ・浮き筏 ・防波堤	音海地区 神野浦地区 日引地区 上瀬地区 内浦港	165 床 (1t) 多数

c. 発電所構外における漂流物となる可能性のある施設・設備等の抽出結果の集約

抽出結果を以下の通り集約した以下の通り集約した(第3-1-4表及び第3-1-13図)。なお、施設・設備等については、ウォークダウンを実施し漂流物の評価への影響がないことを確認している。

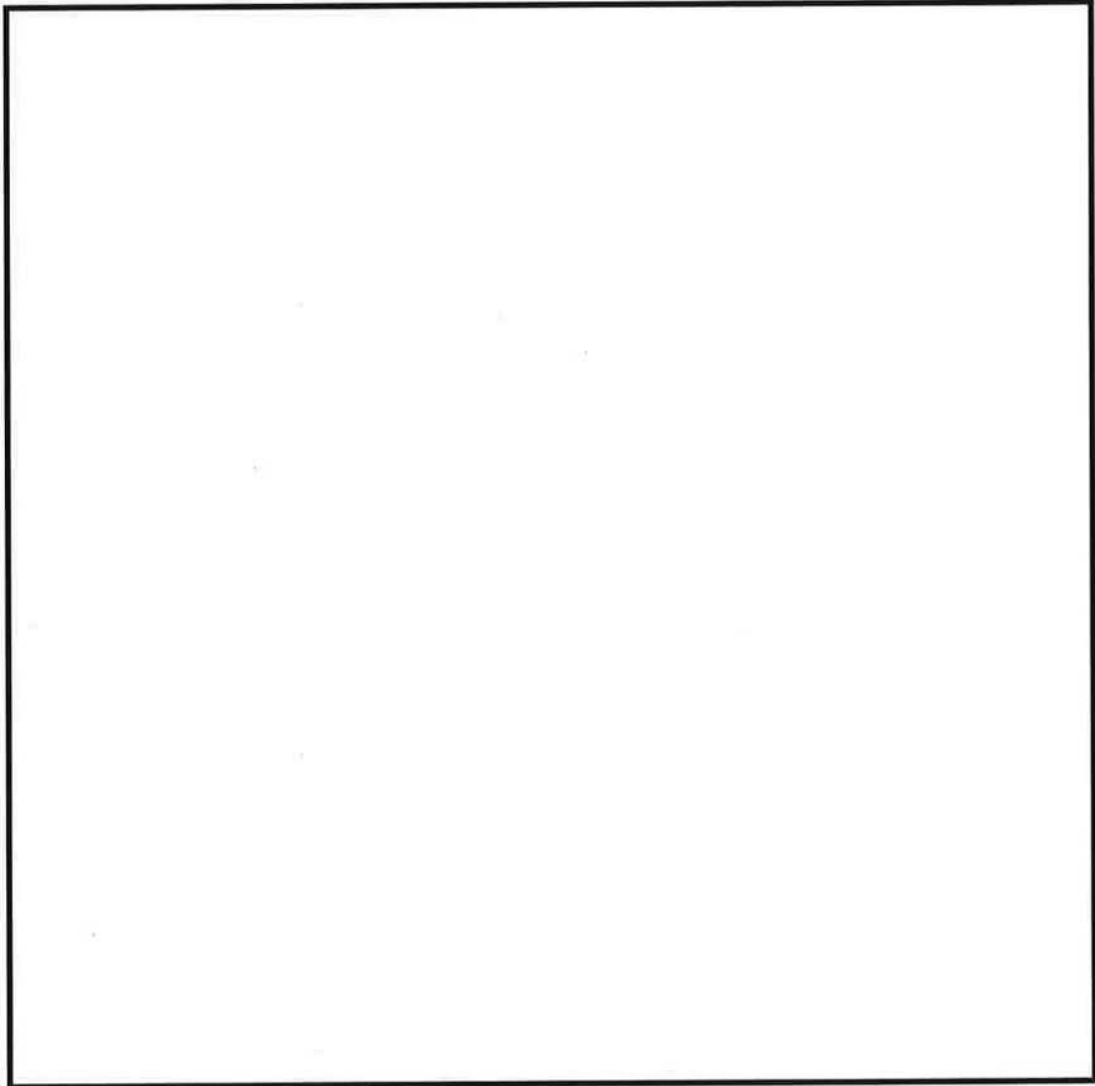
第3-1-4表 発電所構外における漂流物となる可能性のある施設・設備等の抽出結果

施設・設備等	種類	状況	場所	数量	重量 (概数)	備考
漁船	船舶	停泊・航行	内浦港	1 隻	10t	
				約 120 隻	10t	
			小黒飯地区	約 15 隻	10t	
輸送船			内浦港	1 隻	5000t 未満	
家屋 (建物)	木造建屋	設置	音海地区	多数	—	
家屋 (建物)	鉄筋コンクリート造建屋		神野浦地区	多数	—	
防波堤	防波堤		日引地区	多数	—	
車両	車両		上瀬地区 内浦港	多数	—	
浮き筏	その他	設置	内浦港	約 165 床	約 1t	

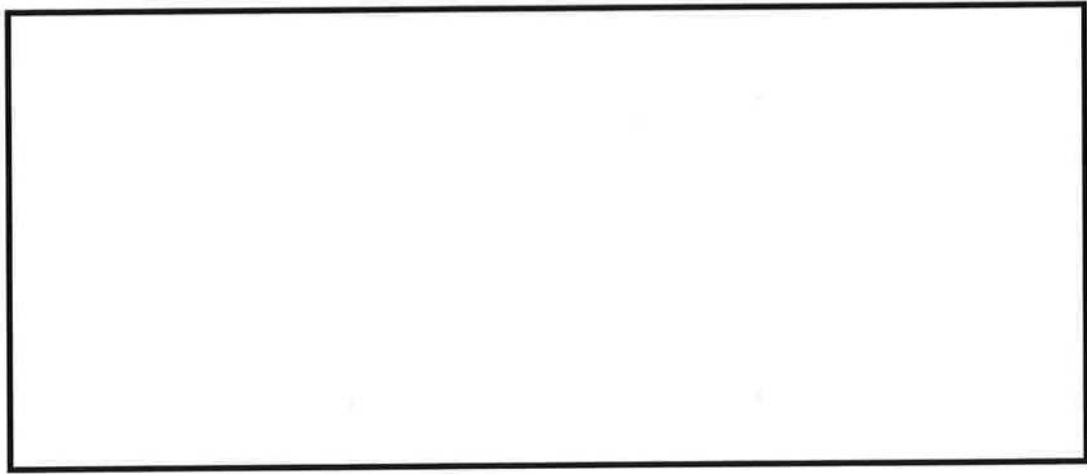


第3-1-13図 発電所構外における漂流物となる可能性のある施設・設備等の抽出結果

- (4) 発電所構内における漂流物となる可能性のある施設・設備等の抽出
- a. 漂流物となる可能性のある施設・設備等の抽出範囲の選定
- 発電所構内の敷地において、津波シミュレーション結果から浸水する範囲を抽出範囲として選定する（第 3-1-14 図及び第 3-1-15 図）。



第 3-1-14 図 発電所構内の敷地において、津波シミュレーション結果から浸水する範囲



第 3-1-15 図 高浜発電所 津波遡上範囲

b. 漂流物となる可能性のある施設・設備等の抽出範囲の抽出

構内配置図により、津波シミュレーション結果から浸水する範囲において漂流物となる可能性のある施設・設備等を抽出する。また、構内配置図では確認できない施設・設備等については現場ウォークダウンにより抽出する。

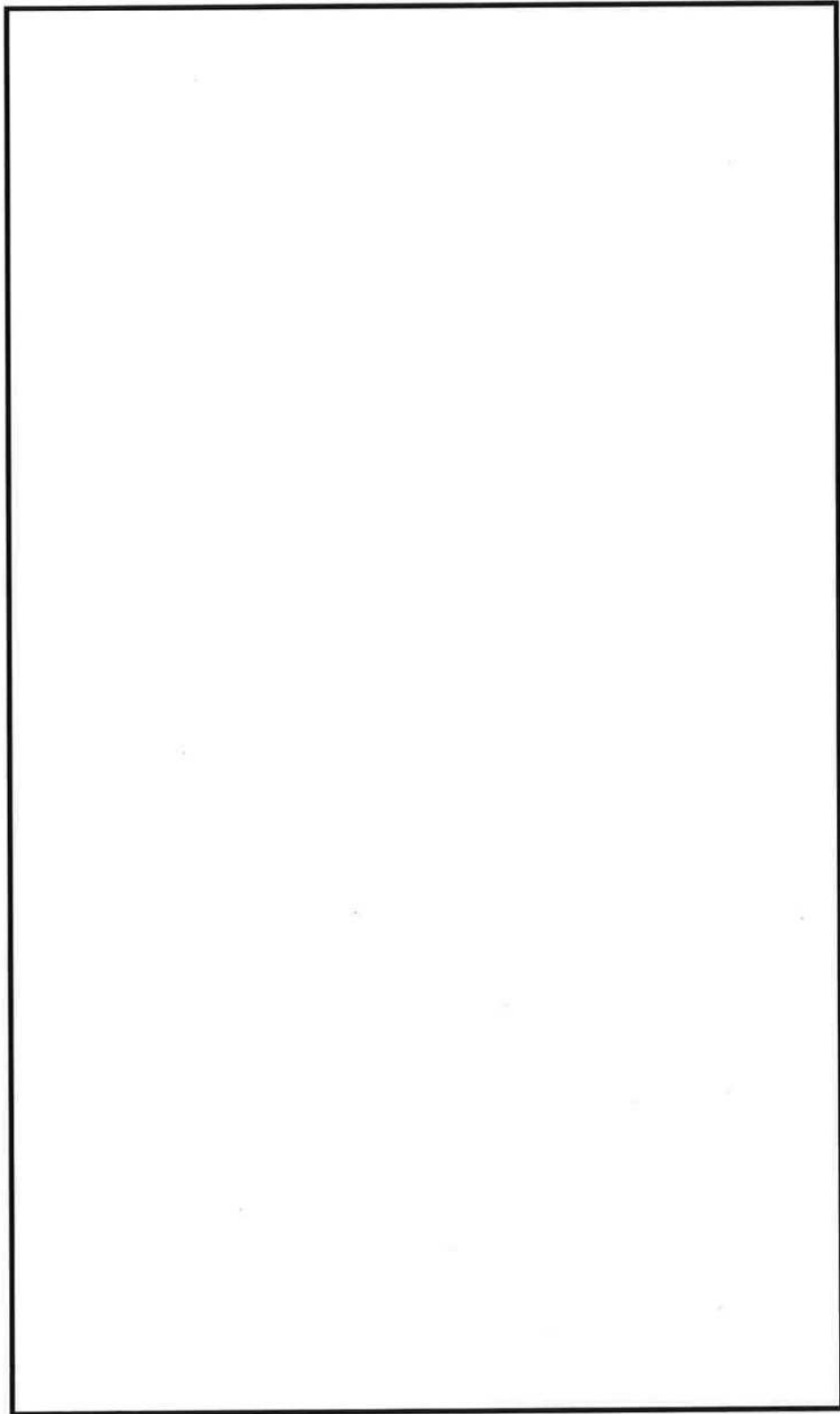
① 構内配置図による抽出

構内配置図に赤枠で示した津波遡上範囲に対して、漂流物となる可能性のある施設・設備等を抽出した。

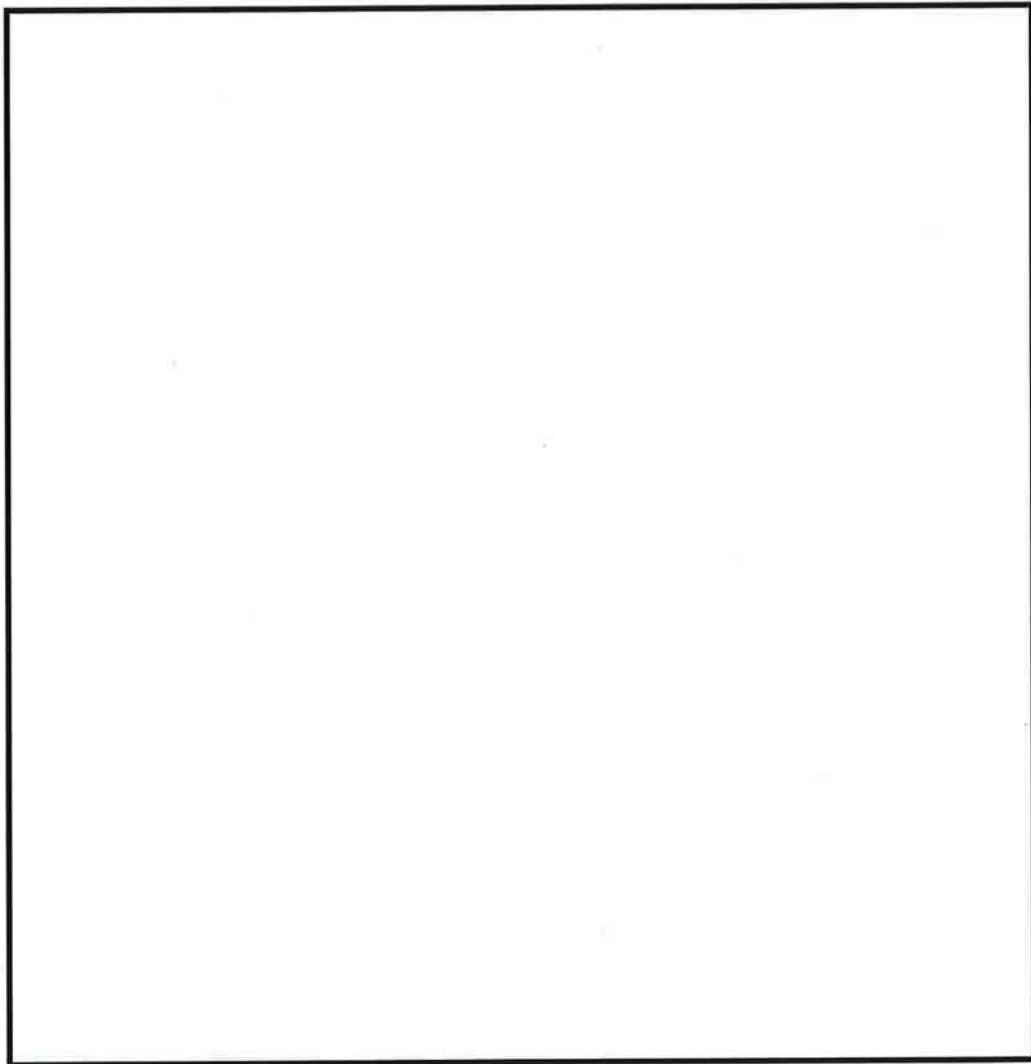
② 現場ウォークダウンによる抽出

現場ウォークダウンにより、①にて抽出した施設・設備等について現場確認を行うと共に、構内配置図上では確認できない漂流物となる可能性のある施設・設備等を抽出した。

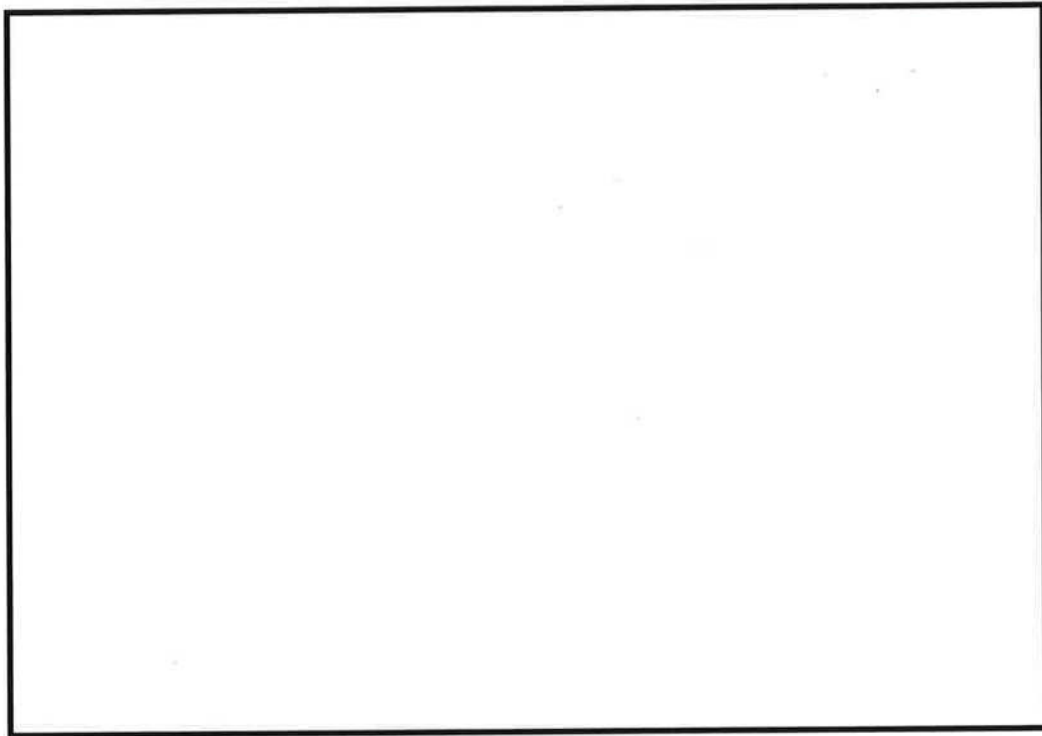
また、物揚岸壁に停泊する可能性のある燃料等輸送船については、漂流物となる可能性のある船舶として整理した（第 3-1-16 図～第 3-1-19 図）。



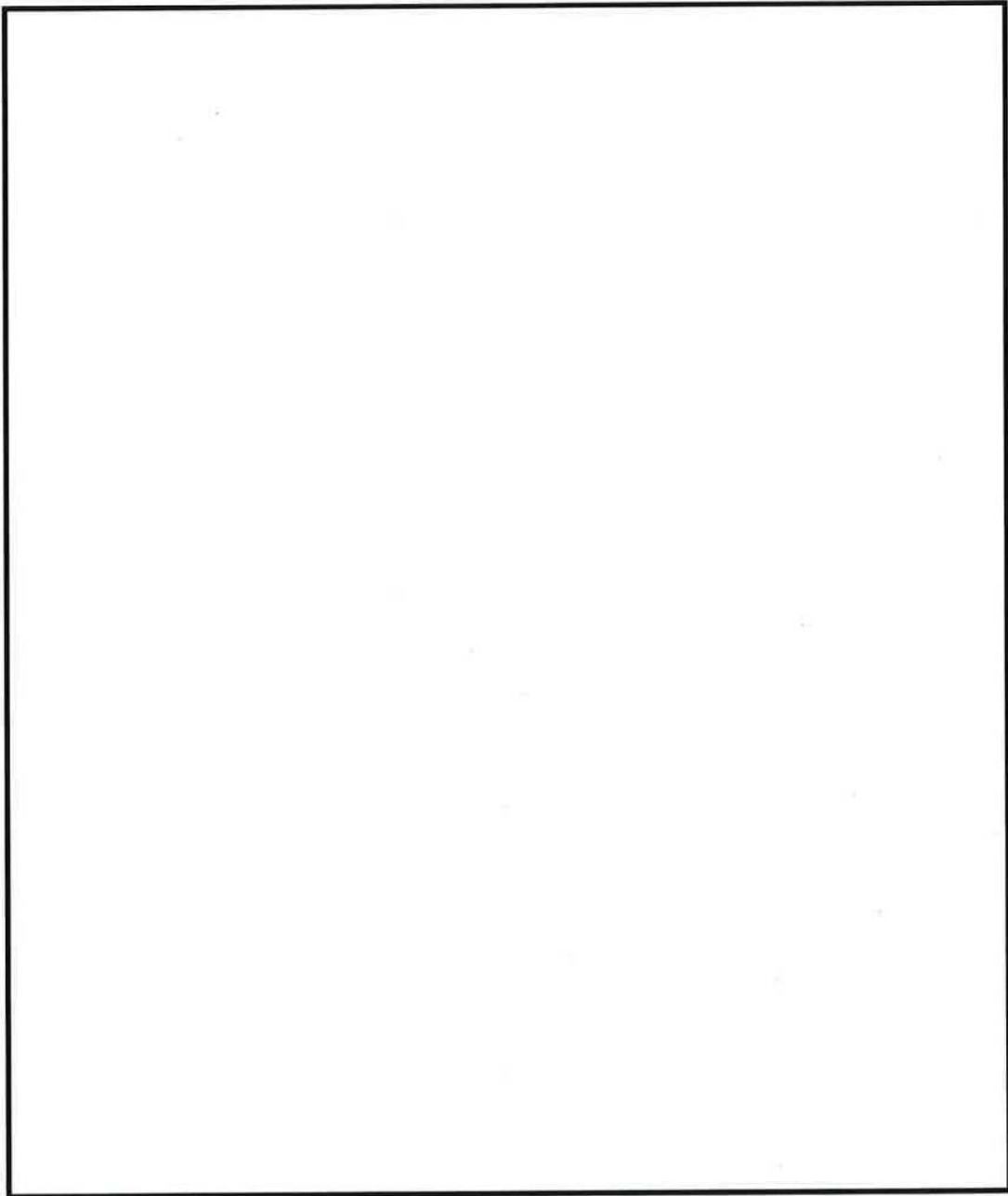
第 3-1-16 図 放水口側（物揚岸壁付近）の協力会社事務所等構築物



第 3-1-17 図 放水口側（物揚岸壁付近）の協力会社事務所等構築物



第 3-1-18 図 放水口側（3号及び4号機放水口付近）の協力会社事務所等構築物



第 3-1-19 図 敷地周辺の漂流物調査結果（発電所敷地内及び取水口近傍）

- c. 発電所構内における漂流物となる可能性のある施設・設備等の抽出結果の集約

抽出結果を以下の通り集約した以下の通り集約した(第 3-1-5 表)。なお、施設・設備等については、ウォークダウンを実施し漂流物の評価への影響がないことを確認している。

第 3-1-5 表 発電所構内における漂流物となる可能性のある
施設・設備等の抽出結果

--

(5) 漂流物となる可能性のある施設・設備等の評価

(3)、(4) にて抽出した漂流物となる可能性のある施設・設備に対して、以下の通り個別に評価を実施した（第 3-1-6 表～第 3-1-9 表）。

a. 当該施設・設備等の漂流物となる可能性の評価

重量物であり沈降するか、または漂流物となるかの評価を実施した。

① 発電所構外における評価（第 3-1-6 表）

①-1 船舶（漁船、輸送船）

漁船、輸送船については大きな浮力を有していることから、漂流物となる可能性は否定できない。

①-2 木造建屋

地震または津波の波力で壊れる可能性があり、破壊された構造物（木材）は漂流物となる可能性は否定できない。

①-3 鉄筋コンクリート造建屋

地震により仮に破損したとしても、構造物本体（鉄骨、コンクリート）は重量物であり漂流物とはならない。

①-4 防波堤

地震により仮に破損したとしても、重量物であり漂流物とはならない。

①-5 車両

内部に空気層があるため、浮遊を考慮した場合、漂流物となる可能性は否定できない。

①-6 その他（浮き筏）

比較的軽量の漁具等については、漂流物となる可能性は否定できない。

② 発電所構内における評価（第 3-1-7 表）

②-1 船舶（燃料等輸送船）

燃料等輸送船については大きな浮力を有していることから、漂流物となる可能性は否定できない。

②-2 機器類（岸壁クレーン、気象鉄塔、取水口門型レーキ、取水口ロータリーレーキ等）

地震により仮に破損したとしても、構造物本体（金属類）は重量物であり漂流物とはならない。

②-3 鉄筋コンクリート造建屋

地震により仮に破損したとしても、構造物本体（鉄骨、コンクリート）は重量物であり漂流物とはならない。

②-4 鉄骨造建屋

地震または津波の波力で壊れる可能性があり、破壊された構造物（外装材、軽量の建屋保管物）は漂流物となる可能性は否定できない。

②-5 車両（一般車両、仮設資材、燃料輸送車両、LLW 輸送車両、LLW 輸送車両（輸送容器含む））

一般車両及び仮設資材は、内部に空気層があるため、浮遊を考慮した場合、漂流物となる可能性は否定できない。

燃料輸送車両及びLLW 輸送車両は、重量物であり漂流物とはならない。また、LLW 輸送車両（輸送容器含む）については、浮力を上回るようウェイトを積載する対策を実施することで重量物とすることから漂流物とはならない。なお、燃料輸送車両及びLLW 輸送車両は漂流物とならないものの、可能な範囲で、津波が到達しない場所へ退避する方針とする。（詳細は後述の「(6) 燃料等輸送車両に係る評価」に示す。）

②-6 定置網等

定置網等を固定する金属類、固定ブロック、ワイヤー及び碇は重量物であり、漂流物とはならない。また、ブイ・ロープ及び網については、切断され漂流物となる可能性は否定できない。

②-7 その他（外灯、ポール、PP フェンス、PP ゲート、植林、燃料輸送容器、LLW 輸送容器）

外灯、ポール、PP フェンス、PP ゲート等を構成する部材は比較的軽量であり、また切断され漂流物となる可能性は否定できない。

植林は、海水より比重が小さいことから漂流物となる可能性は否定できない。燃料輸送容器は、重量物であり漂流物とはならない（補足資料）。

LLW 輸送容器はLLW 輸送車両に固縛されており、LLW 輸送車両（輸送容器含む）に浮力を上回るようウェイトを積載する対策を実施することで重量物とすることから、漂流物とはならない。なお、燃料輸送容器及びLLW 輸送容器は、輸送車両に積載されている場合は、輸送車両退避の方針に準ずる。（詳細は後述の「(6) 燃料等輸送車両に係る評価」に示す。）

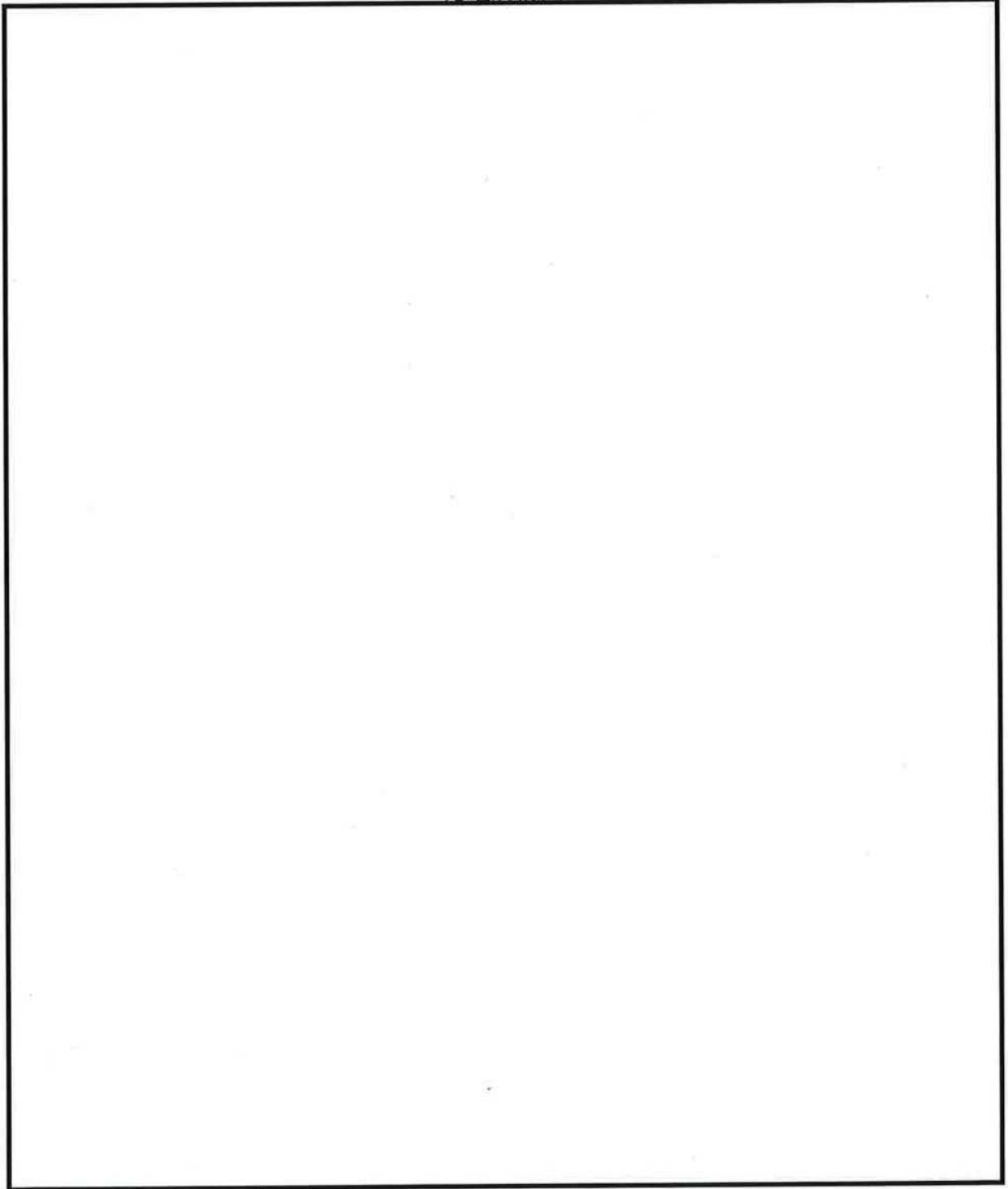
第 3-1-6 表 当該施設・設備等の漂流物となる可能性の評価結果

発電所構外

評価 番号	施設・設備等	種類	状況	場所	数量	重量 (概数)	評価	フロー 結果
①-1	漁船	船舶	停泊・航行	内浦港	1隻	10t	漂流物となる可能性が否定できないため、次フローで評価する	A以外
					約 120 隻	10t		
	輸送船			小黑飯地区	約 15 隻	10t		
				内浦港	1 隻	5000t 未満		
①-2	家屋 (建物)	木造建屋	設置	音海地区 神野浦地区 日引地区 上瀬地区 内浦港	多数	—	漂流物となる可能性が否定できないため、次フローで評価する	A以外
①-3	家屋 (建物)	鉄筋コンクリート造建屋			多数	—	重量物であり漂流物とならない	A
①-4	防波堤	防波堤			多数	—	重量物であり漂流物とならない	A
①-5	車両	車両			駐車・走行	多数	—	漂流物となる可能性が否定できないため、次フローで評価する
①-6	浮き筏	その他	設置	内浦港	約 165 床	約 1t	漂流物となる可能性が否定できないため、次フローで評価する	A以外

第 3-1-7 表 当該施設・設備等の漂流物となる可能性の評価結果

発電所構内



b. 当該施設・設備等の津波防護施設、取水機能を有する安全設備等に対する漂流物となる可能性の評価

a. により漂流物となる可能性が否定できないと評価されたものについて、津波の流況及び地形、設置状況、緊急退避の実効性を考慮し、津波防護施設、取水機能を有する安全設備等に対する漂流物となるかの評価を実施した。

① 発電所構外における評価

①-1 船舶（漁船）

敷地周辺に停泊する小型の漁船については、内浦湾内に放水口前1隻、放水口前以外に約120隻存在する。停泊中の船舶は、津波の流向及び設置状況から、津波防護施設、取水機能を有する安全設備等に対する漂流物とはならない。

なお、取水口側について、航行中に発電所取水口近傍で万一航行不能となり漂流する場合を想定し検討した（第3-1-20図及び第3-1-21図）。

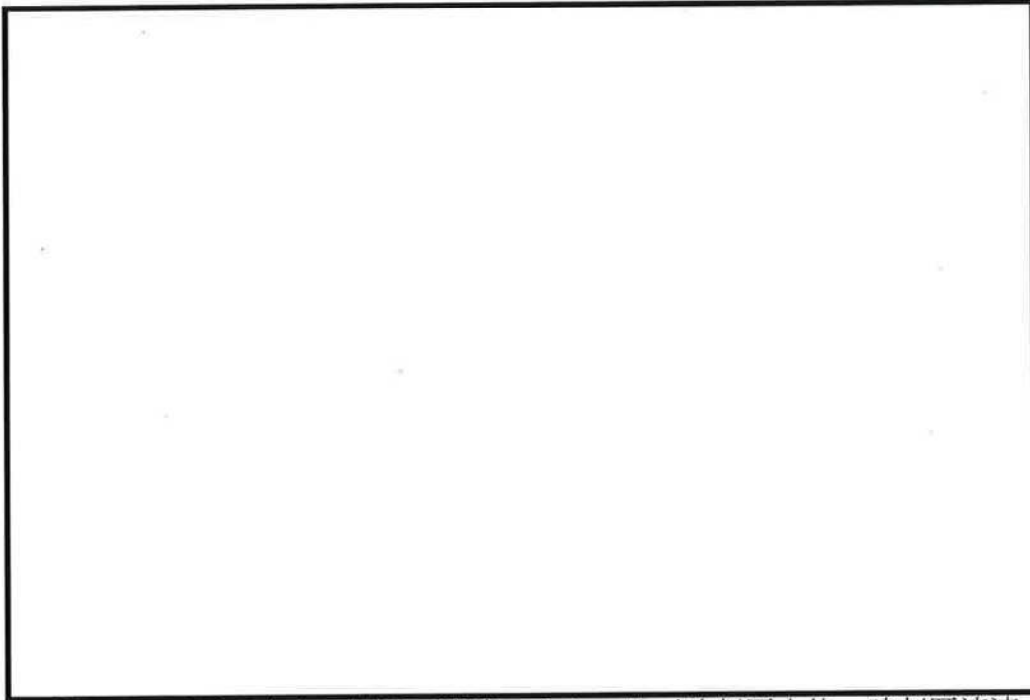
(a) (震後53分)：取水庭内の最大水位は、震後53.05分にT.P. m程度となり、更に高潮との重畳(m)を考慮すると、漂流物（漁船喫水1.9m）は、取水口ケーソン天端（T.P. ）を越えて取水路内に浸入する可能性があり、取水路に沿って取水路防潮ゲートに向かう。

(b) (震後56分)：取水路内ではほぼ取水路に平行に流速は推移し、取水庭部の最大流速は引き波時に4.0m/s程度となる。

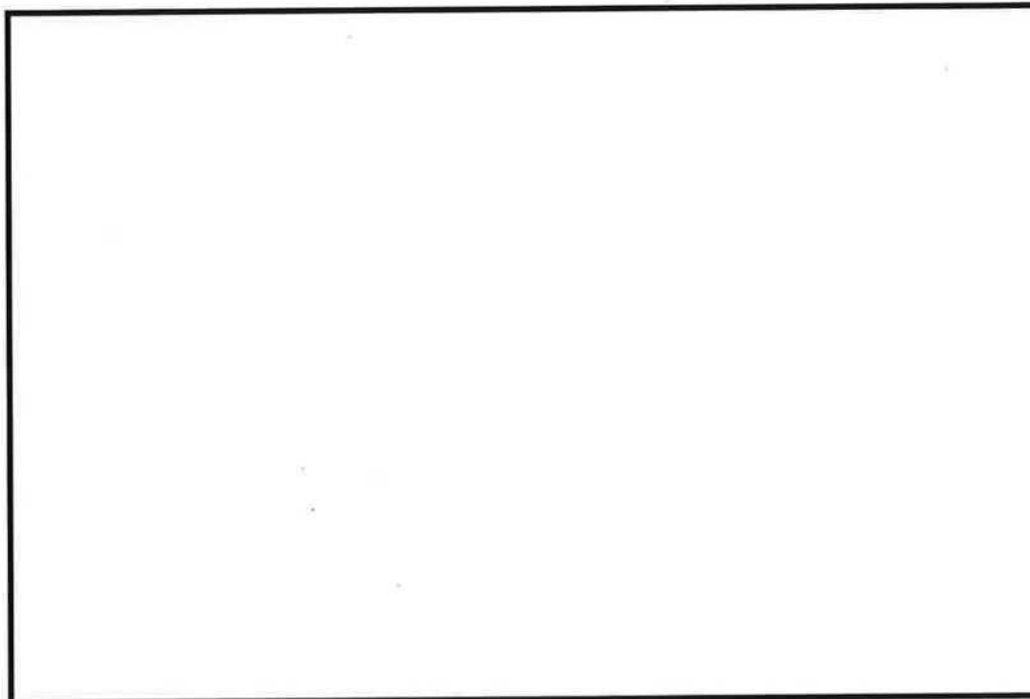
(c) (震後58分)：取水庭内の最低水位は震後58.20分にT.P. mとなるが、非常用海水路呑み口前の水深はT.P. mであることから、漁船（喫水1.9m）は座礁する可能性はなく、非常用海水路呑み口前に留まることはない。

(d) (震後60分)：その後（震後58.20分以後）は水位の上昇に伴い再度漂流し、それ以降も座礁することはない。

以上より、航行中の漁船については、津波襲来時は沖合に退避または係留地点に戻ることを基本としているものの、万一、発電所近傍で航行不能となった場合を想定すると、津波防護施設、取水機能を有する安全設備等に対する漂流物となる可能性は否定できない。



第 3-1-20 図 取水口付近の流速ベクトル及び時刻歴水位・時刻歴流速
(震後 53 分および震後 56 分)



第 3-1-21 図 取水口付近の流速ベクトル及び時刻歴水位・時刻歴流速
(震後 53 分および震後 56 分)

①-2 船舶（輸送船）

取水路から 1km 以上離れて位置する内浦港に、輸送船が停泊する可能性があるが、以下理由から、津波防護施設、取水機能を有する安全設備等に対する漂流物とはならない。

- ・津波の流向及び発電所周辺地形から取水路への漂流が考えにくい
- ・漂流物を積載した輸送船は、津波警報等発表時には、緊急退避（離岸）または係留強化することとしている。

①-3 木造建屋

音海地区、神野浦地区、日引地区、上瀬地区、小黒飯地区、内浦港の海岸線上には人工構造物として家屋、建物があるが、津波の流向及び設置状況から、津波防護施設、取水機能を有する安全設備等に対する漂流物とはならない。

①-4 車両

車両については、浮遊を考慮した場合においても津波の流向から、津波防護施設、取水機能を有する安全設備等に対する漂流物とはならない。

①-5 その他（浮き筏）

発電所敷地周辺の浮き筏については放水口前に 13 床及び物揚岸壁付近に 12 床存在するが、津波の流向を考慮すると、放水口前にある浮き筏が津波防護施設、取水機能を有する安全設備等に対する漂流物となる可能性は否定できない。

また、津波流向により漂流物とならないとしているものに対して、津波襲来時における水粒子の軌跡解析を実施することにより、発電所に対する影響の有無を以下の通り確認した。

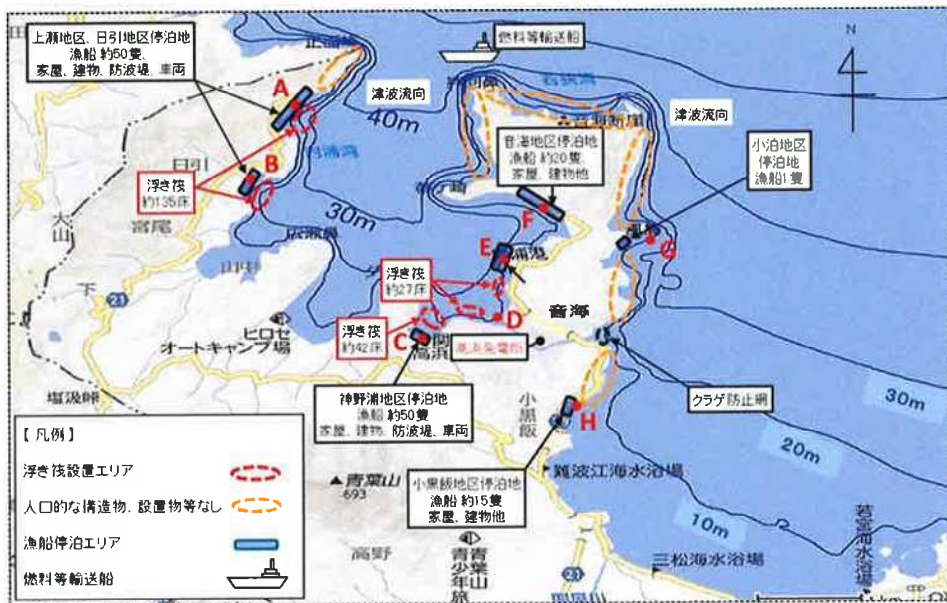
高浜発電所周辺に停泊中の漁船・家屋・建物等が漂流物となった場合を想定し、津波襲来時における挙動をシミュレーションした。波源及び計算条件を第 3-1-8 表に、想定した漂流物の初期位置を第 3-1-22 図、津波襲来時における挙動の軌跡を第 3-1-23 図に示す。

漂流物の挙動は、水粒子の軌跡と完全に一致するものではないが、水粒子の軌跡のほうが漂流物の挙動と比較して敏感であり、漂流物の発電所への影響を評価する上で重要な項目である流向については、十分に把握できると考えられる。また、第 3-1-22 図に示す通り、水粒子の軌跡は押し波・引き波を交互に受けて、ある一定の範囲内を移動する挙動を示しており、移動の方向についても発電所に向かうような傾向を示していないことから、漂流物に作用する慣性力の影

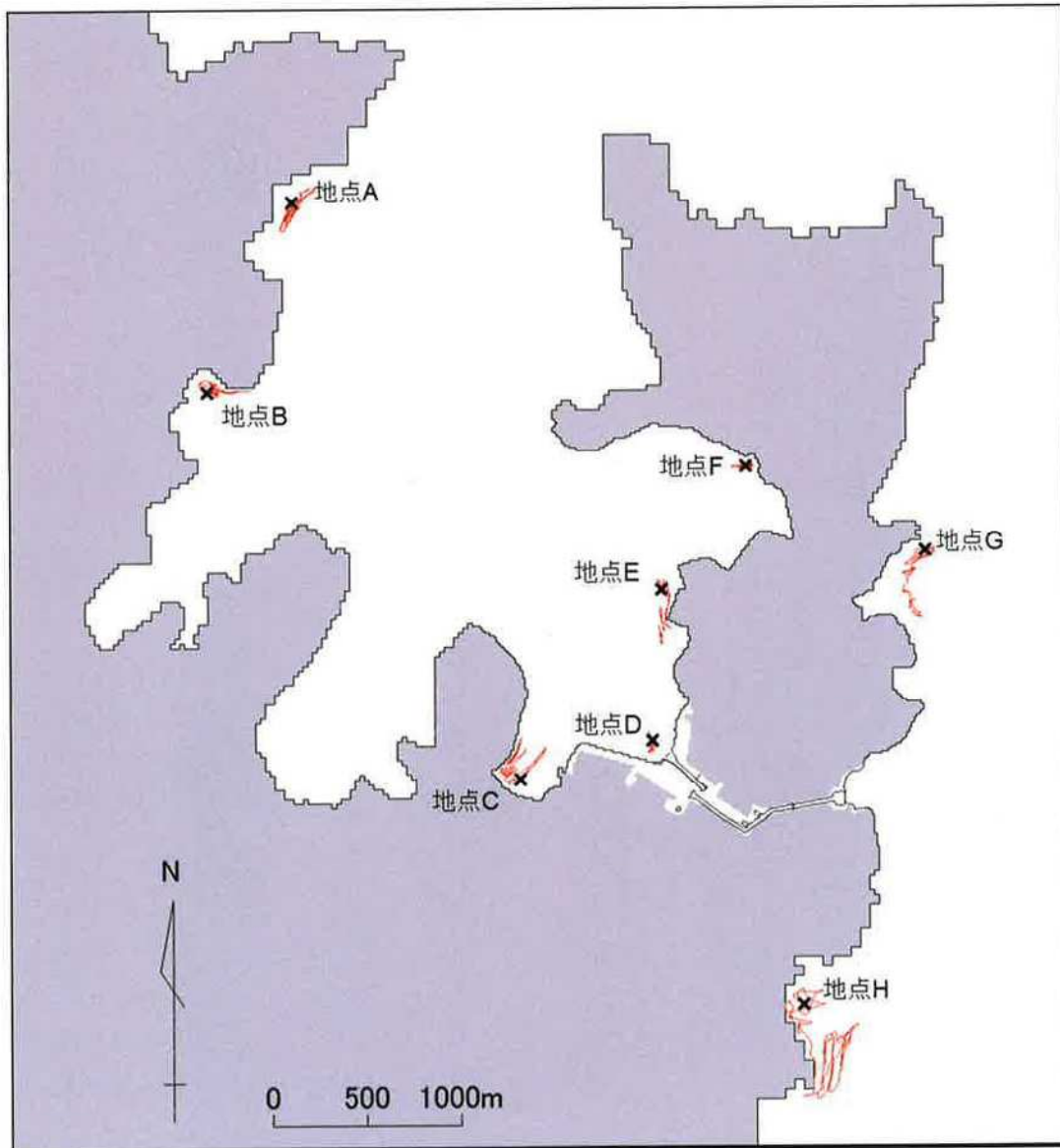
響を考慮したとしても、漂流物が発電所に影響を及ぼすような挙動を示す恐れはない。

第 3-1-8 表 漂流物軌跡解析の波源及び計算条件

波源	基準津波 1 (若狭海丘列付近断層+隠岐トラフ海底地すべり (エリア B) (Kinematic モデル;78 秒ずれ))
発電所構内	遡上条件
地盤変状	なし
計算時間	地震発生後の 0 分~180 分



第 3-1-22 図 想定した漂流物の初期位置



第 3-1-23 図 基準津波による漂流物の軌跡

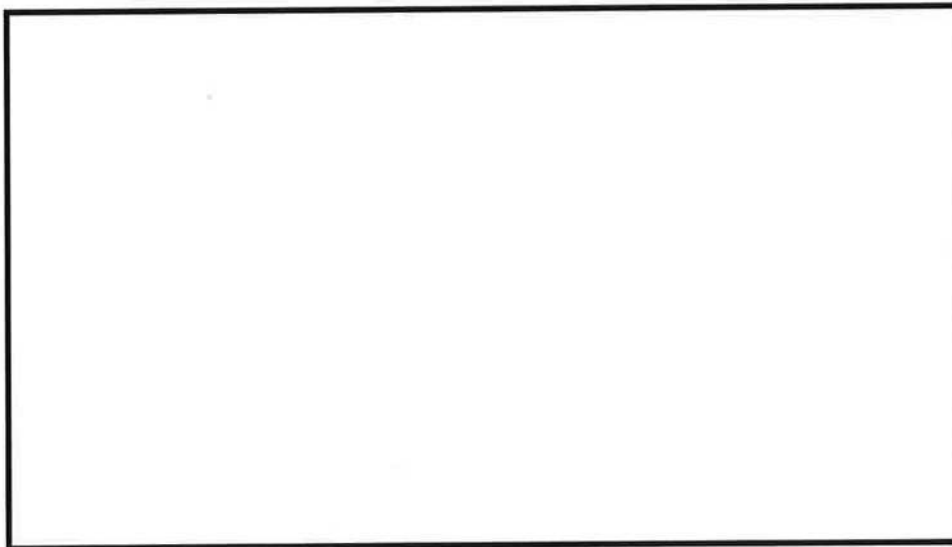
② 発電所構内における評価

②-1 船舶（燃料等輸送船）

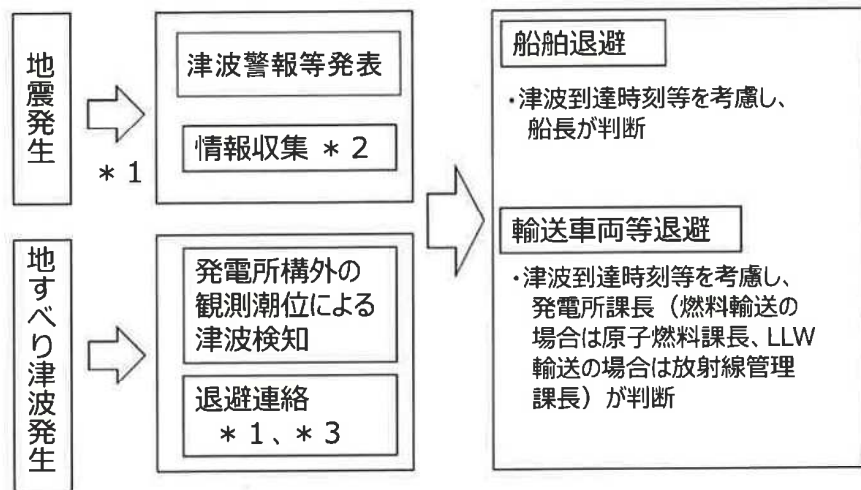
取水路から 1km 以上離れて位置する物揚岸壁には、燃料等輸送船が停泊するが、以下理由から、津波防護施設、取水機能を有する安全設備等に対する漂流物とはならない。（第 3-1-24 図及び第 3-1-25 図）

- ・津波流向・発電所周辺地形から取水路への漂流が考えにくい経路

- ・ 輸送船は岸壁に係留されている
- ・ 岸壁には防げん材が設置されており、かつ輸送船は法令（危険物船舶運送及び貯蔵規則）に基づく二重船殻構造等十分な船体強度を有する
- ・ 輸送物を積載した輸送船は津波警報等発表時若しくは、荷役中以外に発電所構外にて、津波と想定される潮位の変動を観測した場合には、緊急退避（離岸）することとしており、震災以降、輸送に先立ち、緊急離岸マニュアルを整備し訓練を行い、その実効性を確認している。なお、津波の襲来情報等を確認した場合、岸壁側の陸側作業員・輸送物は、原子燃料課長（燃料輸送の場合）又は放射線管理課長（LLW輸送の場合）の判断で、また、輸送船側は輸送船の船長の判断で緊急退避を実施する。
- ・ 津波警報等が発表されず、かつ、発電所構外にて荷役中に津波と想定される潮位の変動を観測した場合は、燃料等輸送船は緊急退避しないが、物揚岸壁への係留が維持できること等を確認しており、漂流物とはならない。（詳細は後述の「(7) 燃料等輸送船に係る評価」に示す。）



第 3-1-24 図 津波流向と発電所の位置関係



- * 1 荷役中の場合、作業を中断。作業員・輸送物の安全を確認。
- * 2 津波警報等には第一波の到達予想時刻が含まれる。1号及び2号機中央制御室の当直課長又は3号及び4号機中央制御室の当直課長から所内ページングで周知されるほか、テレビ、ラジオ、無線にて津波情報を収集。
- * 3 発電所構外の観測潮位にて津波が検知された場合、1号及び2号機中央制御室直課長又は3号及び4号機中央制御室の当直課長から所内ページングで周知される。

第 3-1-25 図 緊急退避フロー図

・燃料等輸送船の緊急退避

輸送物を積載した燃料等輸送船の主な輸送行程は、「物揚岸壁への接岸」～「荷役」～「物揚岸壁からの離岸」である。

輸送船と輸送物の干渉がない「荷役」以外の行程は、輸送行程の大部分を占めており、津波警報等発表若しくは、発電所構外において、津波と想定される潮位の変動を観測してから数分で緊急退避が可能である。

輸送船と輸送物が干渉しうる「荷役」行程は、これよりも退避までに時間を要するが、輸送行程の中で極めて短時間であること、輸送船とクレーンの干渉回避前から係留索を取り外すなどの時間短縮により 5 分程度で退避可能であること、また、設備維持の観点から実施した訓練実績より積み上げた場合、20 分程度で退避可能であることから、物揚岸壁に接岸中の輸送船はほとんどの場合において短時間で緊急退避が可能である（第

3-1-26 図及び第 3-1-27 図)。

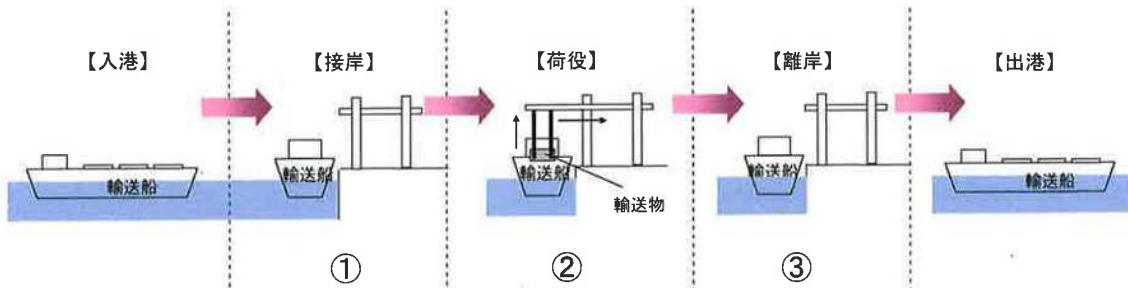
ただし、津波警報等が発表されず、かつ、荷役中に発電所構外にて津波と想定される潮位の変動を観測した場合は、燃料等輸送船は緊急退避せず、係留強化することとする。荷役中でなければ、輸送船は数分で離岸できるため、緊急退避を行う。(第 3-1-28 図)

なお、数分で津波が襲来する場合、「荷役」行程では、離岸のための荷下ろし作業中となることもあるが、以下理由から輸送船は航行不能となるとは考えられず、漂流物とはならない。

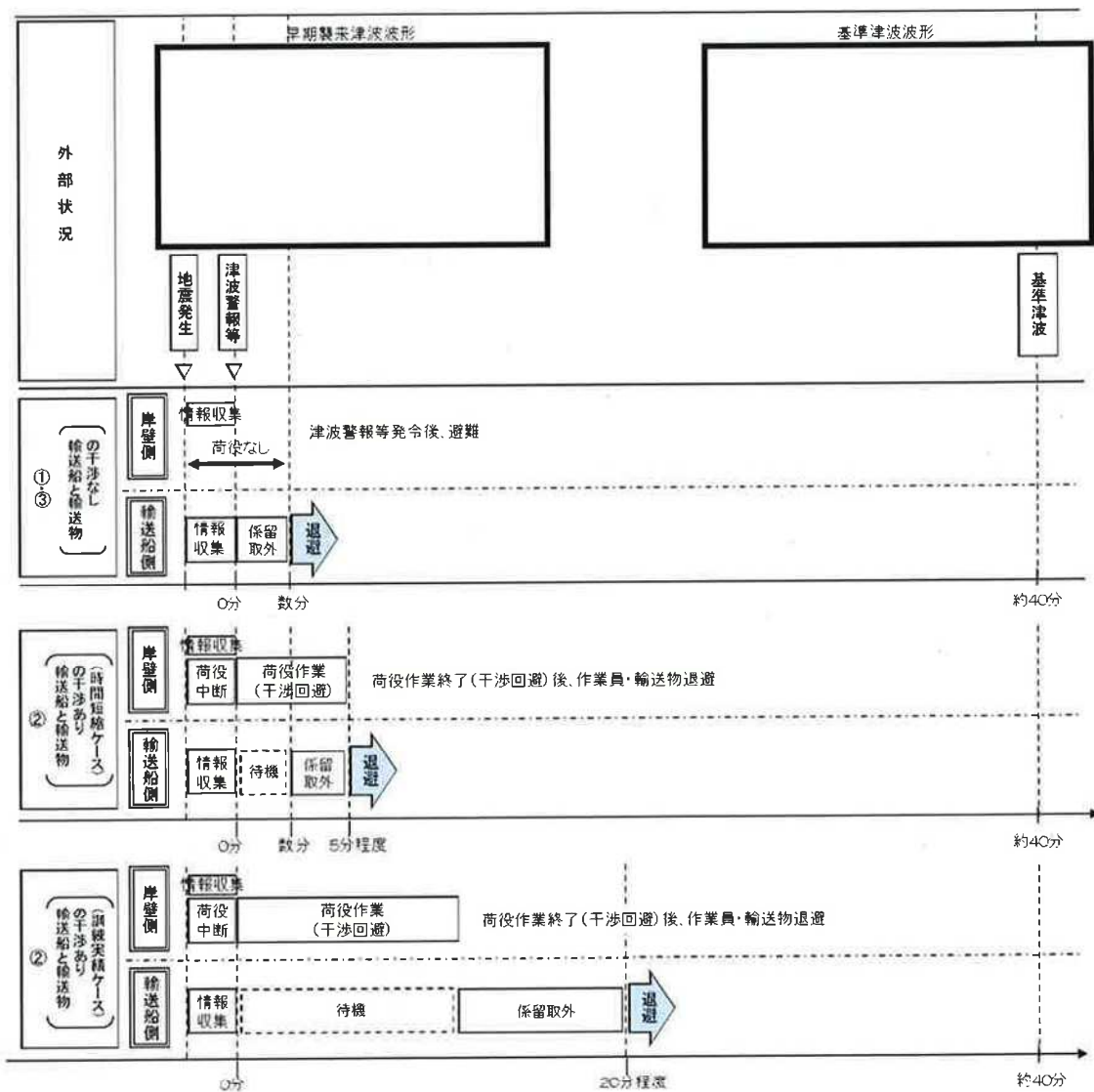
- ・輸送船は岸壁に係留されている
- ・津波高さと喫水高さの関係から輸送船は岸壁を越えず留まる
- ・岸壁には防げん材が設置されており、かつ輸送船は法令(危険物船舶運送及び貯蔵規則)に基づく二重船殻構造等十分な船体強度を有する

また、接岸時や離岸の準備中等の係留時以外の状況であったとしても、以下理由から輸送船は航行不能となるとは考えられず、漂流物とはならないことは同様だが、発電所構外で津波と想定される潮位を観測した場合は、より安全性を高めるために緊急退避する。

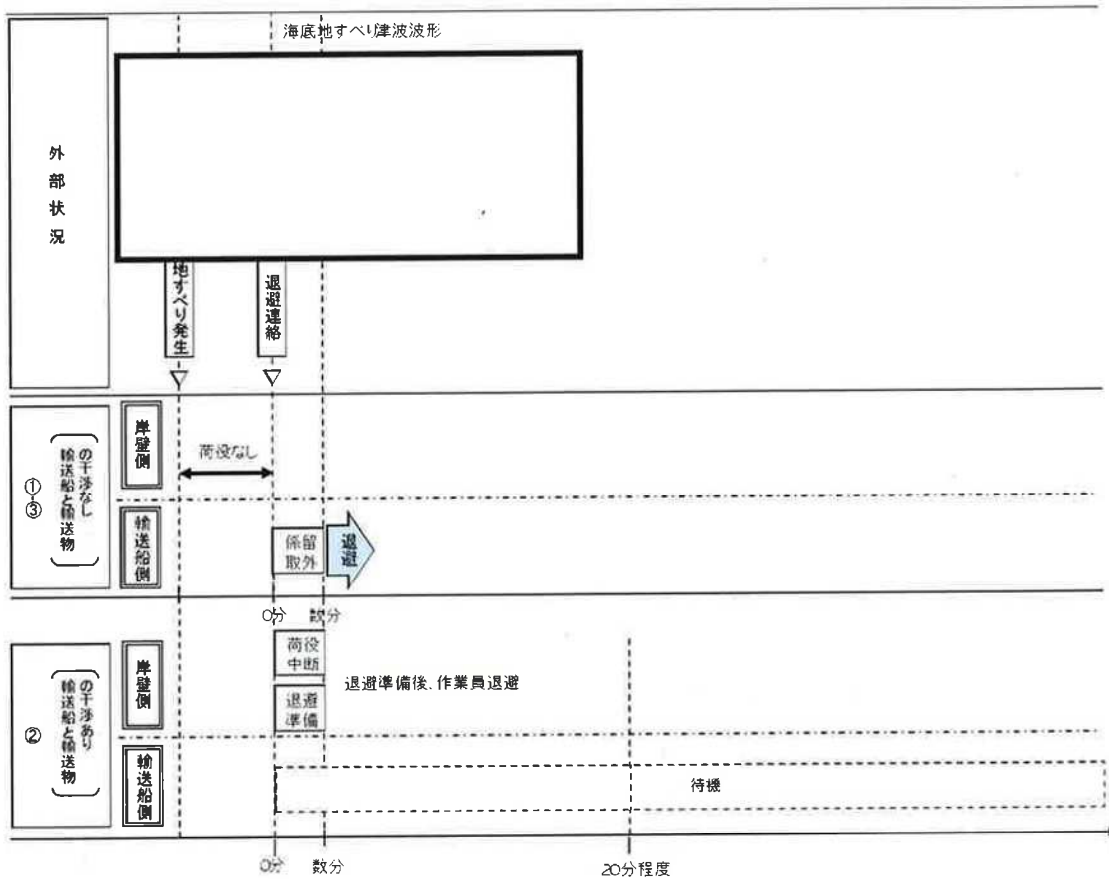
- ・岸壁付近での輸送船が着底した場合においても転覆に至ることはない
- ・岸壁には防げん材が設置されており、かつ輸送船は法令(危険物船舶運送及び貯蔵規則)に基づく二重船殻構造等十分な船体強度を有する
- ・輸送船は津波の最大流速に対して十分な性能を有する



第 3-1-26 図 輸送行程・緊急退避のイメージ



第 3-1-27 図 津波襲来と緊急退避時間イメージ

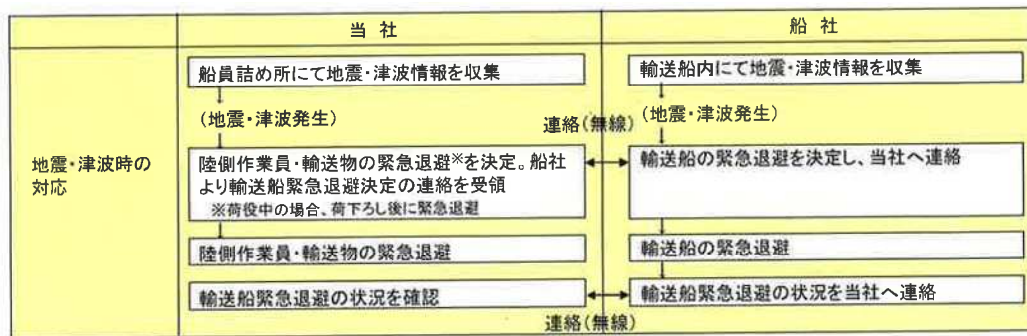


第 3-1-28 図 津波襲来と緊急退避時間イメージ
 (発電所構外において、津波と想定される潮位の変動を観測した場合)

・燃料等輸送船の緊急退避への当社の関わり

燃料等輸送船の緊急退避は船社が実施するため、当社は、輸送にかかる契約にて、緊急退避の措置の状況を、監査や訓練結果報告書等にて確認している。

また、燃料等輸送船の緊急退避についての当社と船社の運用の関係性は第3-1-29図のとおりであり、これら一連の対応を行うため当社は、当社一船社間の連絡体制を整備するとともに、地震・津波時の緊急時対応マニュアルを定め、緊急退避訓練を実施し、マニュアルの実効性を確認している。また、電源喪失時にも岸壁クレーン操作できるよう非常用電源を設置している。



第3-1-29図 輸送船緊急退避時の当社と船社の運用の関係性

②-2 鉄骨造建屋

放水口側または3,4号機放水口付近の鉄骨造建屋の構造物については、押し波により津波防護施設に対する漂流物となる可能性は否定できない。

②-3 車両（一般車両、仮設資材）

放水口側の仮設資材については、押し波により津波防護施設に対する漂流物となる可能性は否定できない。

放水口側の一般車両については、漂流物となる可能性は否定できないため、放水口側防潮堤より外側の津波遡上範囲については、原則駐車禁止とする。ただし、発電所運営上必要な場合、緊急時対応が必要な場合を除くこととし、この場合においても運転手が近くにおり、直ちに車両を移動させることが可能なことを条件に停車可とする。また、これらの車両については、発電所構外において、津波と想定される潮位の変動を観測した場合は、津波の影響を受けない場所へ退避する運用を保安規定に定めて管理することから漂流物とならない。（詳細は後述の「(8) 一般車両（燃料輸送車両及びLLW輸

送車両以外の車両)の退避」に示す。))

②-4 定置網等

取水口側のブイ・ロープ及び網については、押し波により津波防護施設、取水機能を有する安全設備等に対する漂流物となる可能性は否定できない。

②-5 その他(外灯、ポール、PPフェンス、PPゲート、植林)

放水口側の外灯、ポール、PPフェンス、PPゲート及び植林については、押し波により津波防護施設に対する漂流物となる可能性は否定できない。

第3-1-8表 当該施設・設備等の津波防護施設、取水機能を有する安全設備等に対する漂流物となる可能性の評価結果(発電所構外)

評価番号	施設・設備等	種類	状況	場所	数量	重量(概数)	評価	フロー結果
①-1	漁船			内浦港	1隻	10t	航行中の船舶は津波防護施設、取水機能を有する安全設備等に対する漂流物となる可能性が否定できないため、次フローで評価する	B以外
					約120隻	10t		
				小黒飯地区	約15隻	10t		
①-2	輸送船	船舶	停泊・航行	内浦港	1隻	5000t未満	取水路から十分離れて位置する内浦港に、輸送船が停泊する場合は、以下理由から、津波防護施設、取水機能を有する安全設備等に対する漂流物とはならない ・津波の流向及び発電所周辺地形から取水路への漂流が考えにくい。 ・漂流物を積載した輸送船は、津波警報等発表時には、緊急退避(離岸)または係留強化することとしている	B
①-3	家屋(建物)	木造建屋	設置	音海地区 神野浦地区 日引地区	多数	—	津波の流向及び設置状況から、津波防護施設、取水機能を有する安全設備等に対する漂流物とはならない	B
①-4	車両等	車両	駐車・走行	上瀬地区 内浦港	多数	—	車両については、浮遊を考慮した場合においても津波の流向から、津波防護施設、取水機能を有する安全設備等に対する漂流物とはならない。	B
①-5	浮き筏	その他	設置	内浦港	約165床	約1t	津波防護施設に対する漂流物となる可能性が否定できないため、次フローで評価する	B以外

第 3-1-9 表 当該施設・設備等の津波防護施設、取水機能を有する安全設備等
に対する漂流物となる可能性の評価結果（発電所構内）

--

c. 津波防護施設、取水機能を有する安全設備等の取水性への影響評価

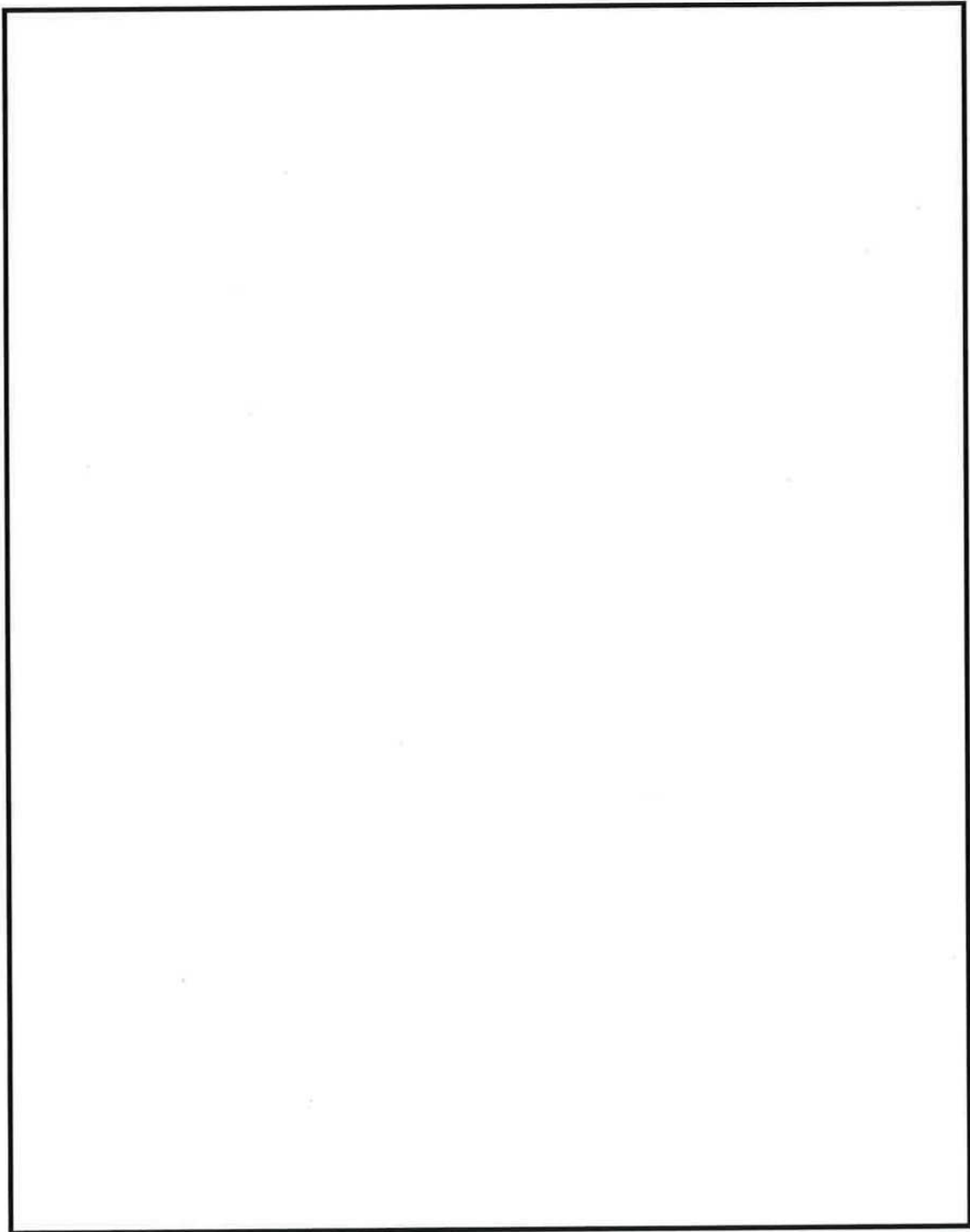
津波防護施設への影響については、「3. 施設・設備の設計・評価の方針及び条件」にて、b. により漂流物となる可能性が否定できないと評価されたもののうち、最大級の漂流物である総トン数□級（排水トン数□）の小型漁船の衝突荷重に対して津波防護施設の機能が十分保持できるよう設計していることから、漂流物による津波防護施設への影響はない。

取水性への影響については、b. により漂流物となる可能性が否定できないと評価されたものについて、取水機能を有する安全設備等の取水性への影響を考慮し、漂流物対策の要否について評価を実施した。（第3-1-10表及び第3-1-11表）

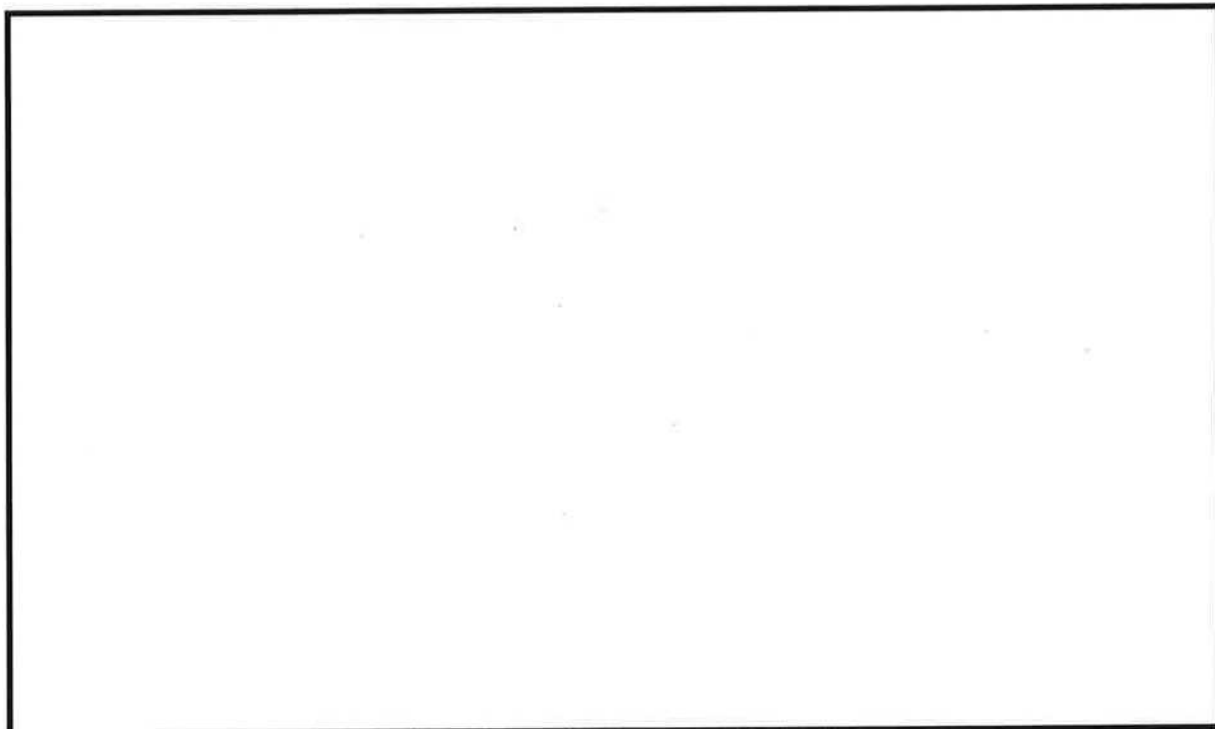
① 発電所構外における評価

①-1 船舶（漁船）

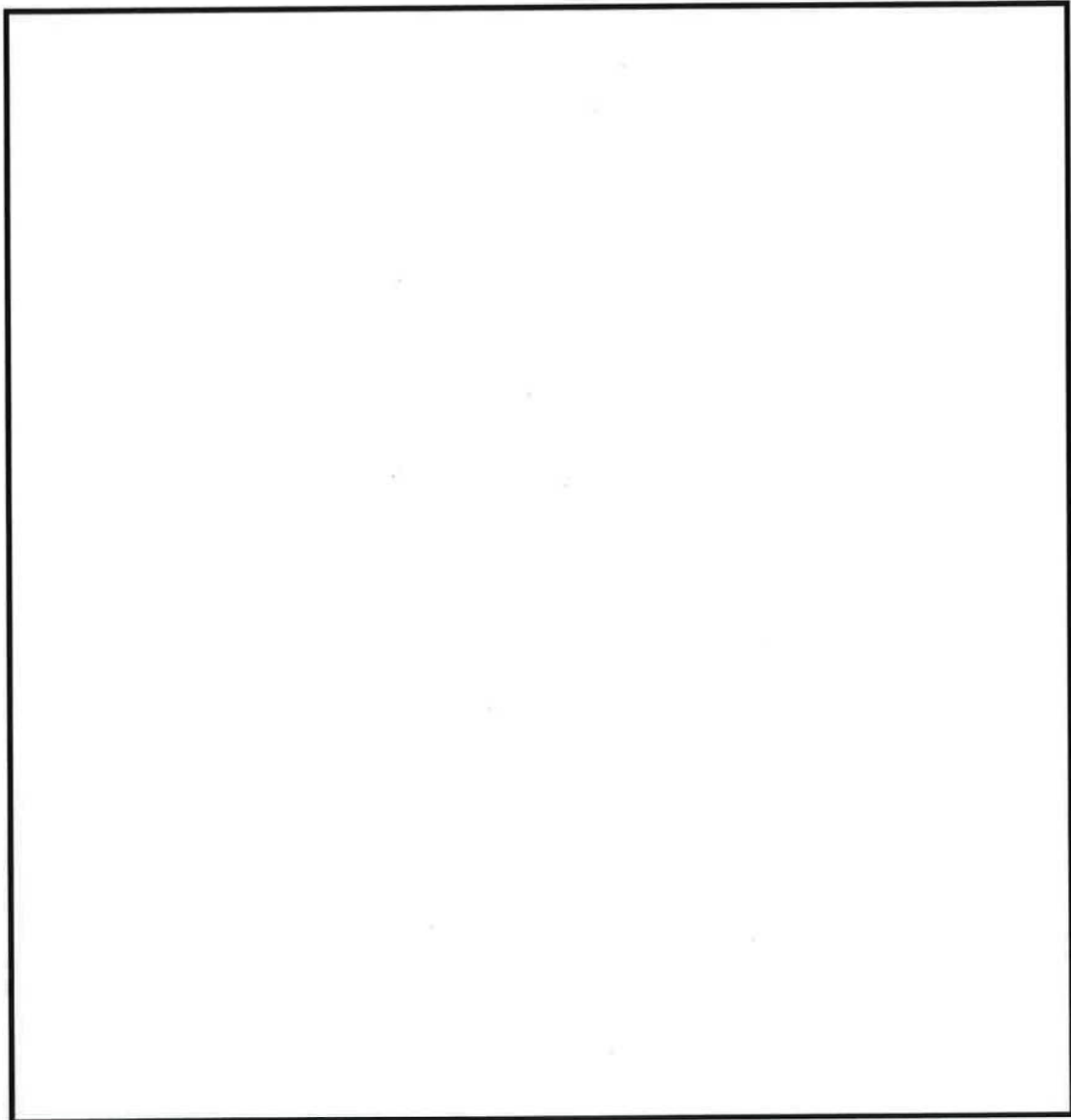
航行中に発電所取水口近傍で万一航行不能となり漂流する場合、津波の流向及び地形により漂流した場合においても、高さT.P.□の放水口側防潮堤、防潮扉並びにT.P.□の取水路防潮ゲートにより防護されるため、取水性への影響はない。また、非常用海水路呑み口前面及び海水取水トンネル前面に閉塞防止措置を設置することから、漂流物により非常用海水路呑み口及び海水取水トンネル呑み口が閉塞することはない（第3-1-30図～第3-1-32図）。なお、閉塞防止措置については、非常用海水路の通水機能に影響のない設計とすることとし、総トン数□級（排水トン数□）の小型漁船の衝突力、津波波力、基準地震動 S_s に対する機能維持を各々考慮した設計とする。



第 3-1-30 図 非常用開水路呑み口及び海水取水トンネル呑み口
平面図・断面図



第 3-1-31 図 取水口付近での漁船の漂流
(震後 53 分および震後 58 分)



第 3-1-32 図 漂流物による閉塞防止措置

閉塞防止措置を設置した場合、非常用海水路呑み口及び海水取水トンネル呑み口付近での通水性への影響が懸念されるため、その影響について評価した。

<非常用海水路>

非常用海水路呑み口付近から閉塞防止措置を通り抜けるところで、①断面急縮による損失が発生し、その後、非常用海水路呑み口に流入する時に②断面急縮による損失が発生すると仮定すると、損失 h_f は、以下の式で表される。

$$hf = hf_1 + hf_2$$

$$hf_1 = \zeta_{\text{①急縮}} \times v_1^2 \div (2g)$$

$$hf_2 = \zeta_{\text{②急縮}} \times v_2^2 \div (2g)$$

ここに、 v_1 ：閉塞防止措置を通り抜ける時の流速

v_2 ：非常用海水路呑み口を通り抜ける時の流速

1号機及び2号機海水ポンプの取水能力 [] であることから、閉塞防止措置を通り抜ける時の断面積 A を幅 [] × 両側 2 × 高さ [] (閉塞防止措置の開口高さ) より $A = []$ とすると、 $v_1 = []$ となる。また、非常用海水路呑み口断面積 A_1 を幅 [] × 高さ [] (矩形) より $A_1 = []$ とすると、 $v_2 = []$ となる。

損失係数 $\zeta_{\text{①急縮}}$ および $\zeta_{\text{②急縮}}$ については日本機械学会、管路ダクトの流体抵抗(1979年版)より設定する。

$$\zeta_{\text{①急縮}} = 1/2 \times (1 - A/A_0) = []$$

$$\zeta_{\text{②急縮}} = 1/2 \times (1 - A_1/A) = []$$

ここに、 A_0 ：常用取水路通水断面積で約 []

$$hf = hf_1 + hf_2$$

$$= [] \times [] \div ([] \times []) + [] \times [] \div ([] \times [])$$

$$= []$$

→ [] 以下と非常に軽微であり、非常用海水路の通水性に影響はない。

<海水取水トンネル>

海水取水トンネル呑み口付近の常用取水路から鋼製杭の両脇をすり抜けるところで、①断面急縮による損失が発生し、鋼製杭の両脇をすり抜けた後に②断面急拡による損失が発生すると仮定すると、鋼製杭による損失 hf は、以下の式で表される。

$$hf = (\zeta_{\text{①急縮}} + \zeta_{\text{②急拡}}) \times v^2 \div (2g)$$

ここに、 v ：鋼製杭をすり抜ける時の流速で海水ポンプの取水能力 []

鋼製杭の両脇をすり抜ける時の断面積 A を幅 [] × 両側 2 × 高さ [] (海水取水トンネル開口高さ) より $A = []$ とすると $v = []$ となる。

損失係数 $\zeta_{\text{①急縮}}$ および $\zeta_{\text{②急拡}}$ については日本機械学会、管路ダクトの流体抵抗(1979年版)より設定する

$$\zeta_{\text{①急縮}} = 1/2 \times (1 - A/A_0) = 0.48$$

$$\zeta_{\text{②急拡}} = (1 - A/A_1)^2 = 0.04$$

ここに、 A_0 ：常用取水路通水断面積で約 []

A1 は海水取水トンネル呑み口断面で $\square \times \square$ (矩形) = $\square \text{ m}^2$ とする。
 $hf = (\square + \square) \times \square \div (\square \times \square) = \square$
 $\rightarrow \square$ 以下と非常に軽微であり、海水取水トンネルの通水性に影響はない。

また、放水口側については、放水口側防潮堤および防潮扉により漂流物の浸入を防ぐ設計とする。

①-2 浮き筏

発電所放水口側に位置する浮き筏については、津波の流向及び地形により漂流した場合においても、高さ T.P. \square の放水口側防潮堤、防潮扉により防護されるため、取水性への影響はない。

② 発電所構内における評価

②-1 鉄骨造建屋

放水口側または 3, 4 号機放水口付近の鉄骨造建屋の構造物については、津波の流向及び地形により漂流した場合においても、高さ T.P. \square の放水口側防潮堤、防潮扉により防護されるため、取水性への影響はない。

②-2 仮設資材

放水口側の仮設資材については、津波の流向及び地形により漂流した場合においても、高さ T.P. \square の放水口側防潮堤、防潮扉により防護されるため、取水性への影響はない。

②-3 定置網等

取水口側のブイ・ロープ及び網については、津波の流向及び地形により漂流した場合においても、高さ T.P. \square の取水路防潮ゲートにより防護されるため、取水性への影響はない。

②-4 その他 (外灯、ポール、PP フェンス、PP ゲート、植林)

放水口側の外灯、ポール、PP フェンス、PP ゲート及び植林については、津波の流向及び地形により漂流した場合においても、高さ T.P. \square の放水口側防潮堤、防潮扉により防護されるため、取水性への影響はない。

第 3-1-10 表 津波防護施設、取水機能を有する安全設備等の取水性への影響評価結果（発電所構外）

評価番号	施設・設備等	種類	状況	場所	数量	重量 (概数)	評価	フロー 結果
①-1	漁船	船舶	停泊・航行	内浦港	1隻	10t	航行中の漁船については、漂流した場合においても、高さ T.P. [] の放水口側防潮堤、防潮扉並びに T.P. [] の取水路防潮ゲートにより防護されるため、取水性への影響はない。また、非常用海水路呑み口前面に閉塞防止措置を設置することから、漂流物により非常用海水路呑み口が閉塞することはない。	C
					約 120 隻	10t		
				小黒飯地区	約 15 隻	10t		
①-2	浮き筏	その他	設置	内浦港	約 165 床	約 1t	高さ T.P. [] の放水口側防潮堤、防潮扉により防護されるため、取水性への影響はない。	C

第 3-1-11 表 津波防護施設、取水機能を有する安全設備等の取水性への影響評価結果（発電所構内）

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

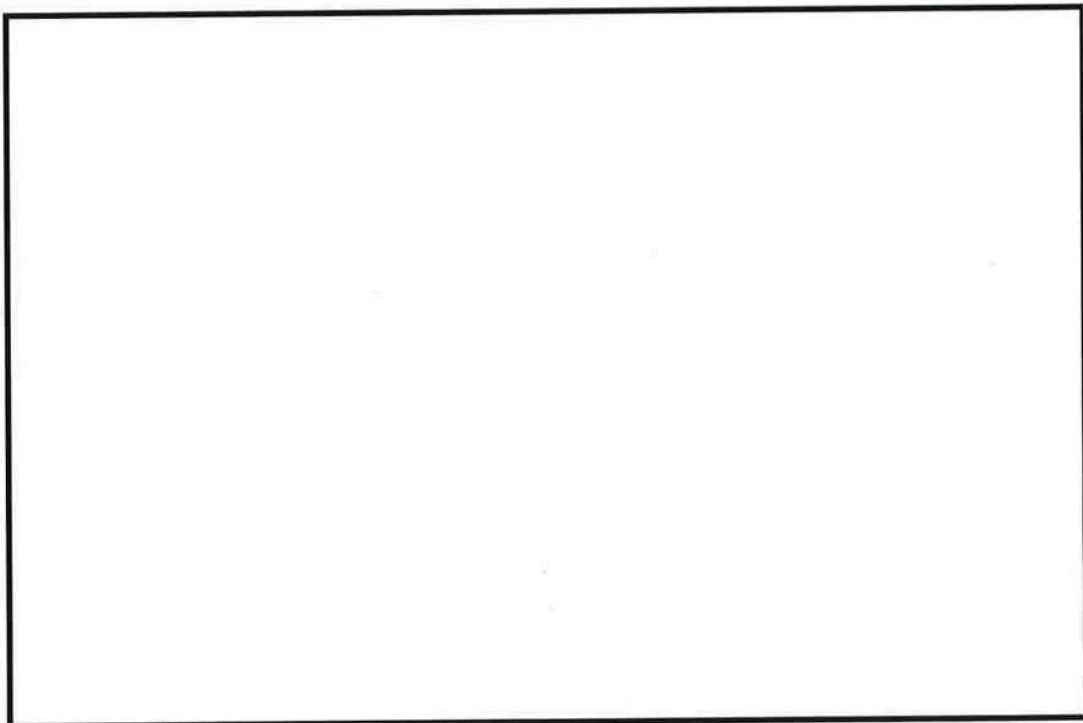
d. 取水スクリーンの破損による取水性への影響評価

海水中の海藻等塵芥物を除去するために設置されている除塵装置のロータリースクリーン（第 3-1-33 図～第 3-1-36 図）については、異物の混入を防止する効果が期待できるが、津波時には破損して、それ自体が漂流物となる可能性があることから、津波に対する強度を確認した。結果、塵芥装置のロータリースクリーンは、基準津波の津波流速に対し、十分な強度を有していることから、漂流物とはならず、取水性に影響を及ぼすものでないことを確認した。（第 3-1-12 表及び第 3-1-13 表）。

①1 号機及び 2 号機

【確認条件】

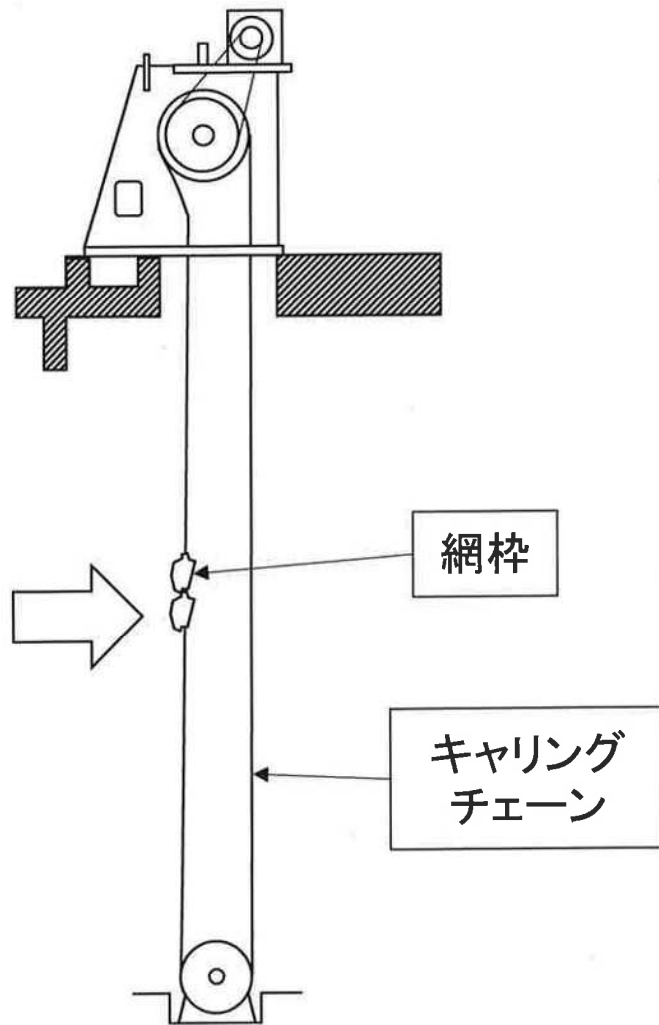
- ・津波流速:1.8m/s(1 号及び 2 号機海水ポンプ室前面の流速分布 1.3m/s 未満)
- ・対象設備：ロータリースクリーン
- ・確認方法：基準津波の津波流速 1.8m/s で生じる発生応力と許容値との比較



第 3-1-33 図 除塵装置概略図

第3-1-12表 除塵装置の取水性影響確認結果

設 備	部 材	張力/発生応力	許容値
ロータリー スクリーン	キャリング チェーン	67kN	<input type="text"/>
	網枠	16kN/cm ²	<input type="text"/>



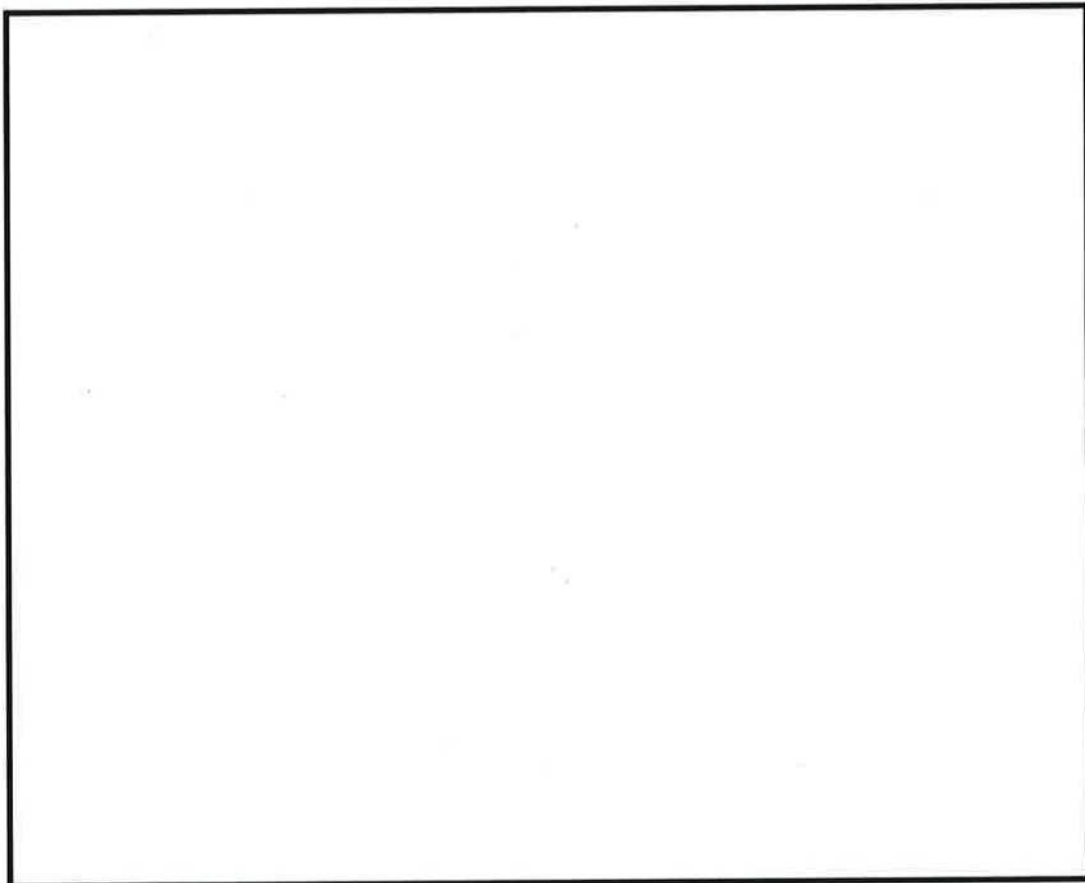
ロータリースクリーン

第3-1-34図 除塵装置の評価対象部位

② 3号機及び4号機

【確認条件】

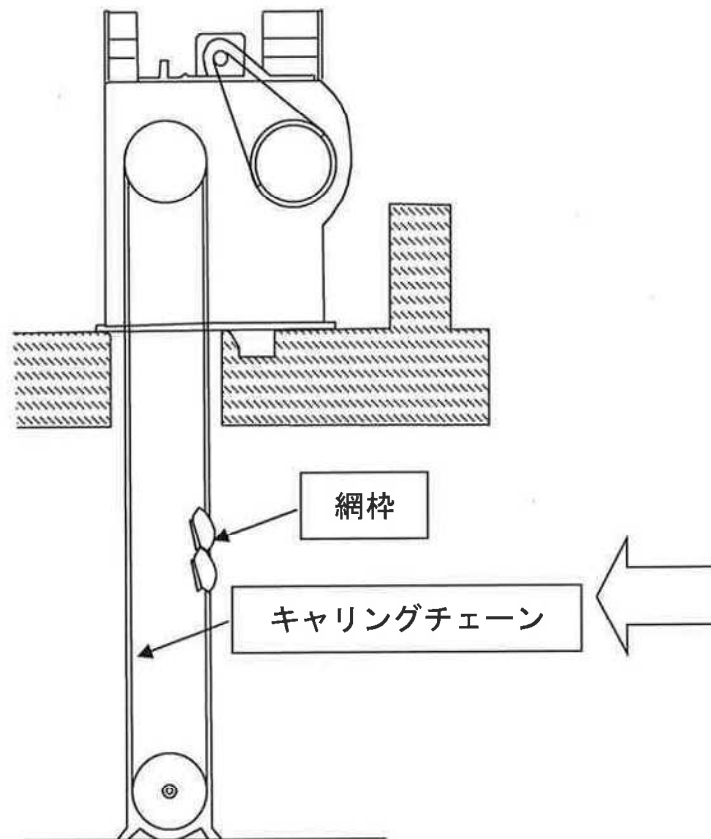
- ・津波流速：0.4m/s（3,4号機海水ポンプ室前面の流速分布0.4m/s未満）
- ・対象設備：ロータリースクリーン
- ・確認方法：設計時に各部材応力を算出し許容値との比較を行っていることから、スクリーン前後の設計水位差 \square に対し、基準津波の津波流速0.4m/sで生じる水位差が設計水位差以下であることを確認する。



第3-1-35図 除塵装置概略図

第 3-1-13 表 除塵装置の取水性影響確認結果

設 備	部 材	流速 0.4m/s 時の 水位差	参 考 発生値/許容値 (設計水位差 1.5m ベース)
ロータリー スクリーン	キャリング チェーン	0.17m ≤ <input type="text"/>	24kN/ <input type="text"/> (張力/破壊強度)
	網枠	0.17m ≤ <input type="text"/>	81N/mm ² / <input type="text"/> (発生応力/許容応力)



第 3-1-36 図 除塵装置の評価対象部位

e. 漂流物に対するまとめ

基準津波により漂流物となる可能性がある施設・設備等が取水機能を有する安全設備の取水性確保に影響を及ぼさないことを、発電所構外と発電所構内で分けして整理した。(第 3-1-14 表及び第 3-1-15 表)

第 3-1-14 表 漂流物となる可能性のある施設・設備等の評価結果
(発電所構外)

施設・設備等	種類	状況	場所	数量	重量 (概数)	フロー 結果
漁船	船舶	停泊・航行	内浦港	1隻	10t	B
				約 120 隻	10t	C
			小黒飯地区	約 15 隻	10t	B
				約 15 隻	10t	C
輸送船			内浦港	1隻	5000t 未満	B
家屋(建物)	木造建屋	設置	音海地区	多数	—	
家屋(建物)	鉄筋コンクリート造建屋		神野浦地区	多数	—	
防波堤	防波堤		日引地区	多数	—	
車両	車両		上瀬地区	多数	—	B
浮き筏	その他	設置	内浦港	約 165 床	約 1t	C

フロー結果	評価
A	重量物であり漂流物とはならない。
B	津波の流向及び設置状況から、発電所に対する漂流物とはならない。
C	航行中の漁船は漂流検討対象となるが、高さ T.P. <input type="text"/> m の放水口側防潮堤、防潮扉並びに T.P. <input type="text"/> m の取水路防潮ゲートにより防護されるため、取水性への影響はない。また、浮き筏は漂流検討対象となるが、高さ T.P. <input type="text"/> m の放水口側防潮堤、防潮扉により防護されるため、取水性への影響はない。
D	漂流物となる可能性があり、津波防護施設、取水機能を有する安全設備の取水性に影響を与える。

第 3-1-15 表 漂流物となる可能性のある施設・設備等の評価結果（発電所構内）

--	--

フロー結果	評価
A	重量物であり漂流物とはならない。
B	燃料等輸送船及び一般車両については、緊急退避の実効性を考慮した場合、発電所に対する漂流物とはならない。
C	漂流検討対象となるが、高さ T.P. <input type="text"/> m の放水口側防潮堤、防潮扉並びに T.P. <input type="text"/> m の取水路防潮ゲートにより防護されるため、取水性への影響はない。
D	漂流物となる可能性があり、津波防護施設、取水機能を有する安全設備の取水性に影響を与える。

(6) 燃料等輸送車両に係る評価

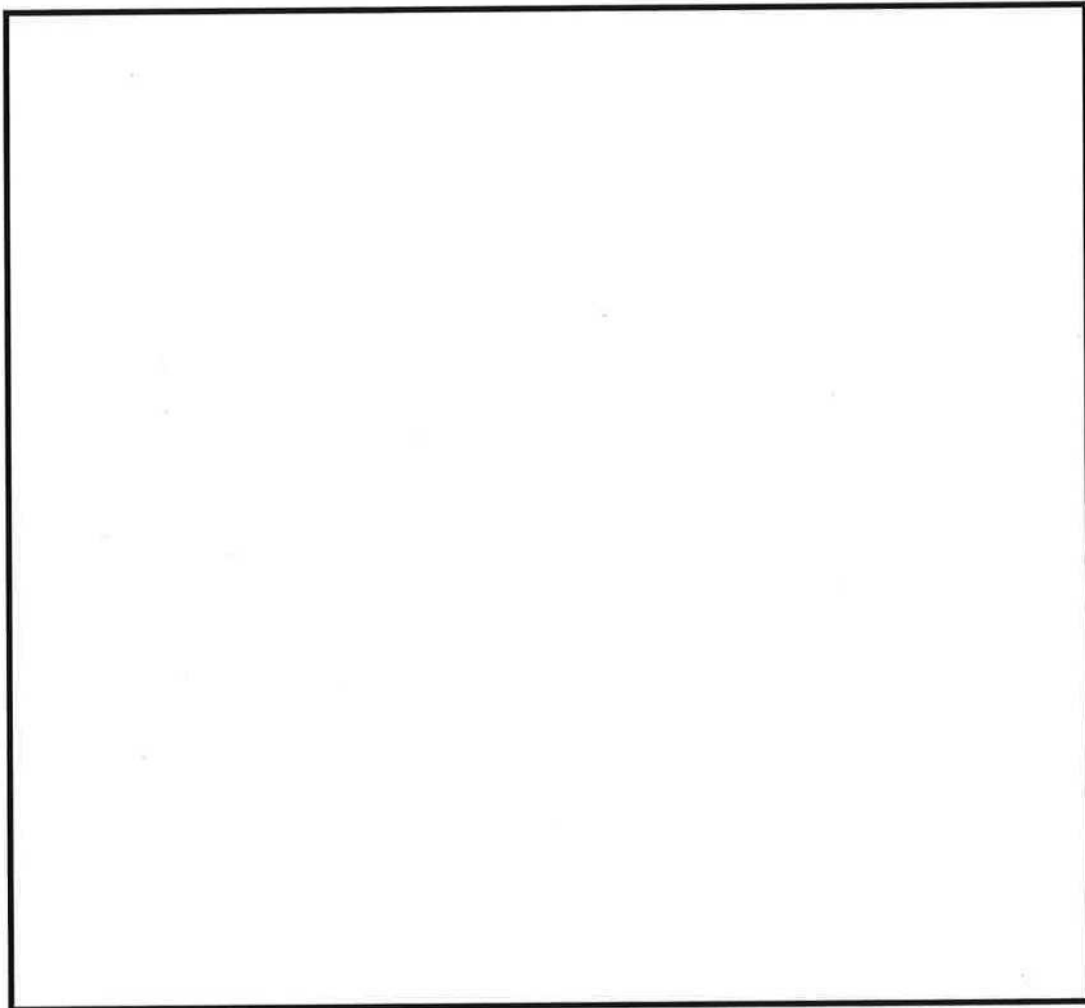
燃料等輸送船による輸送時の、陸側にある輸送物及び輸送車両の漂流物評価について以下の通り示す。

a. 浮力に対する評価

(a) 燃料輸送

① 使用済燃料輸送容器

高浜発電所において使用する使用済燃料輸送容器である N F T - 1 4 P 型を評価対象とし、第 3-1-37 図のように寸法を設定した。第 3-1-16 表に輸送容器総重量を示す。



- 本体胴部分の外径については、保守的にフィンの外径値を使用
- 緩衝体については中央に穴が開いた形状をしているが、保守的に円柱とする
- 架台（10.0t 以下）については、構造上空間が無く単体で比重が海水より高いことから保守的に体積に含めない

第 3-1-37 図 体積計算に用いた使用済燃料輸送容器の模式図

第 3-1-16 表 輸送容器総重量

輸送容器各部名称	重 量 (tf)
A. 本 体	82.2 以下
B. 蓋	5.3 以下
C. バスケット	6.7 以下
D. 緩 衝 体	
① 上部緩衝体 (近接防止金網を含む)	3.5 以下
② 下部緩衝体 (近接防止金網を含む)	3.5 以下
輸送容器総重量 A + B + C + D	101.2 以下

【評価結果】

・重量

第 3-1-16 表の輸送容器総重量 (101.2 tf) より、保守的に 100 tf と設定。

・体積

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot h$$

$$= \frac{\pi}{4} \cdot$$

$$= 31.421 \text{ [m}^3\text{]}$$

・浮力

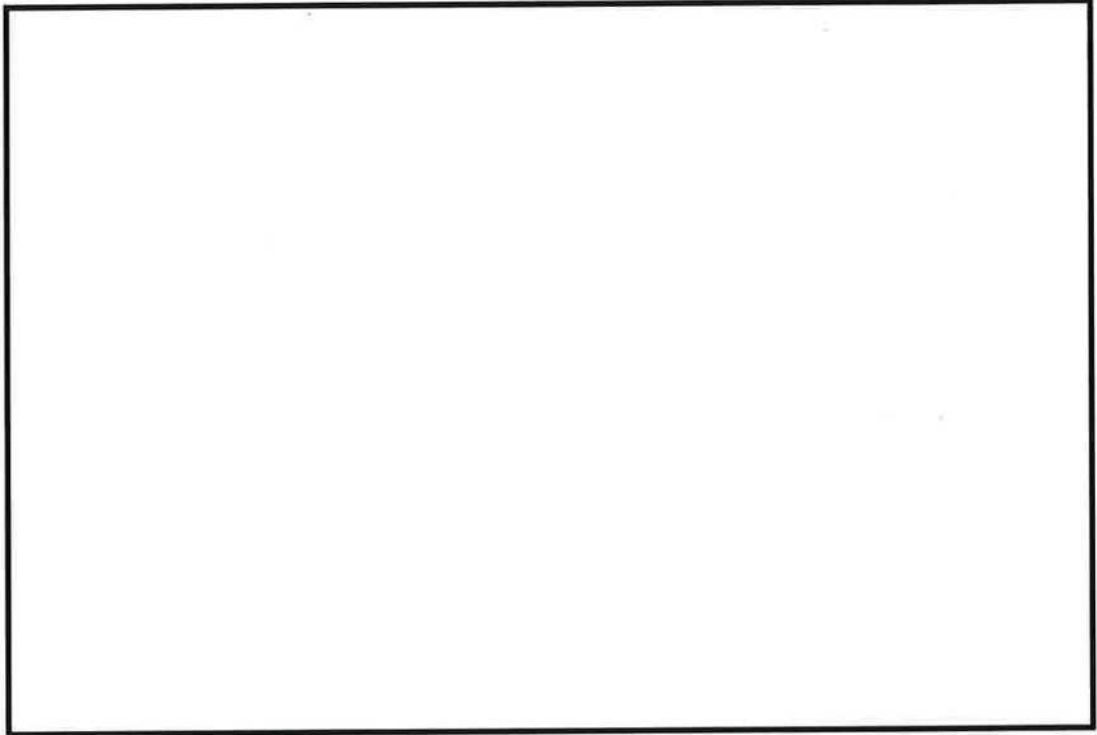
$$\rho \cdot V = 1.03^{*} \times 31.421 = 32.4 \text{ [tf]} \text{ (小数点第 2 位切り上げ)}$$

※：海水の比重を 1.03 t/m³とした

重量 > 浮力より、使用済燃料輸送容器は、漂流物とはならない。

②使用済燃料輸送車両

使用済燃料輸送容器の輸送に使用する多軸自走車（150t 積載）を評価対象とする。体積については、第 3-1-38 図のように使用済燃料輸送車両を構成する部位を 9 つに分割して体積を求め、これらの積算により算出した。



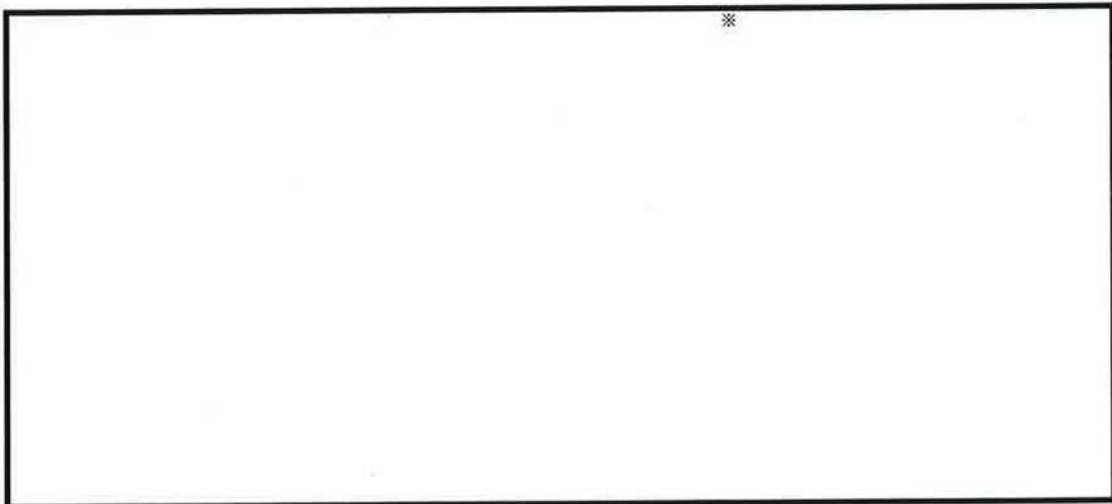
第 3-1-38 図 体積計算に用いた使用済燃料輸送車両の模式図

【評価結果】

・重量

車両重量：33.8 tf（使用する車両の諸元値を使用）より保守的に 33 tf と設定。

・体積



※小数点第4位切り上げ

・浮力

$$\rho \cdot V = 1.03^{**} \times 28.526 = 29.4 \text{ [tf]} \text{ (小数点第2位切り上げ)}$$

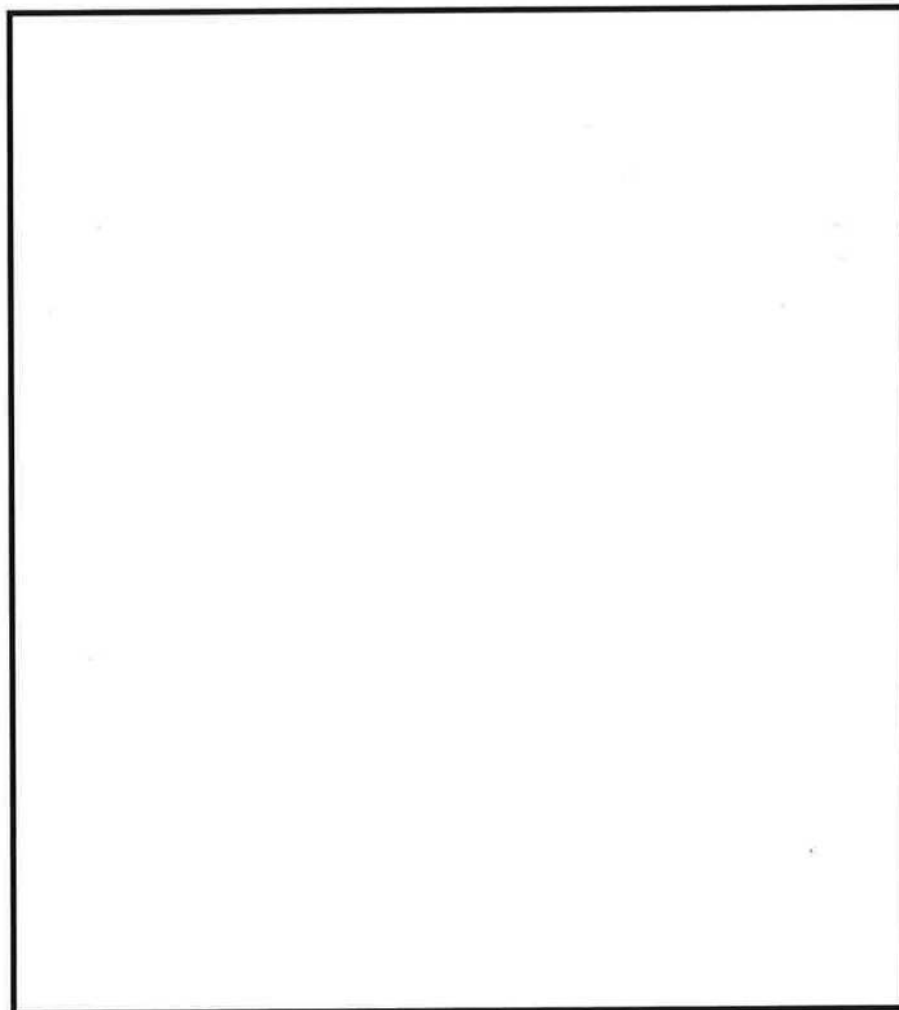
※：海水の比重を 1.03 t/m^3 とした

重量 > 浮力より、使用済燃料輸送車両は、漂流物とはならない。

(b) LLW 輸送

①LLW 輸送容器

LLW 輸送に使用する LLW-2 型輸送容器を評価対象とし、第 3-1-39 図のように上部隅金具、下部隅金具を含めた最大寸法にて寸法を設定した。第 3-1-17 表に輸送容器重量を示す。



第 3-1-39 図 体積計算に用いた LLW 輸送容器の模式図

第 3-1-17 表 LLW 輸送容器質量及び寸法

--

【評価結果】

・重量

表 2 より、1.2 tf と設定。

・体積

$$V = \boxed{} \\ = 5.632 \text{ [m}^3\text{]}$$

・浮力

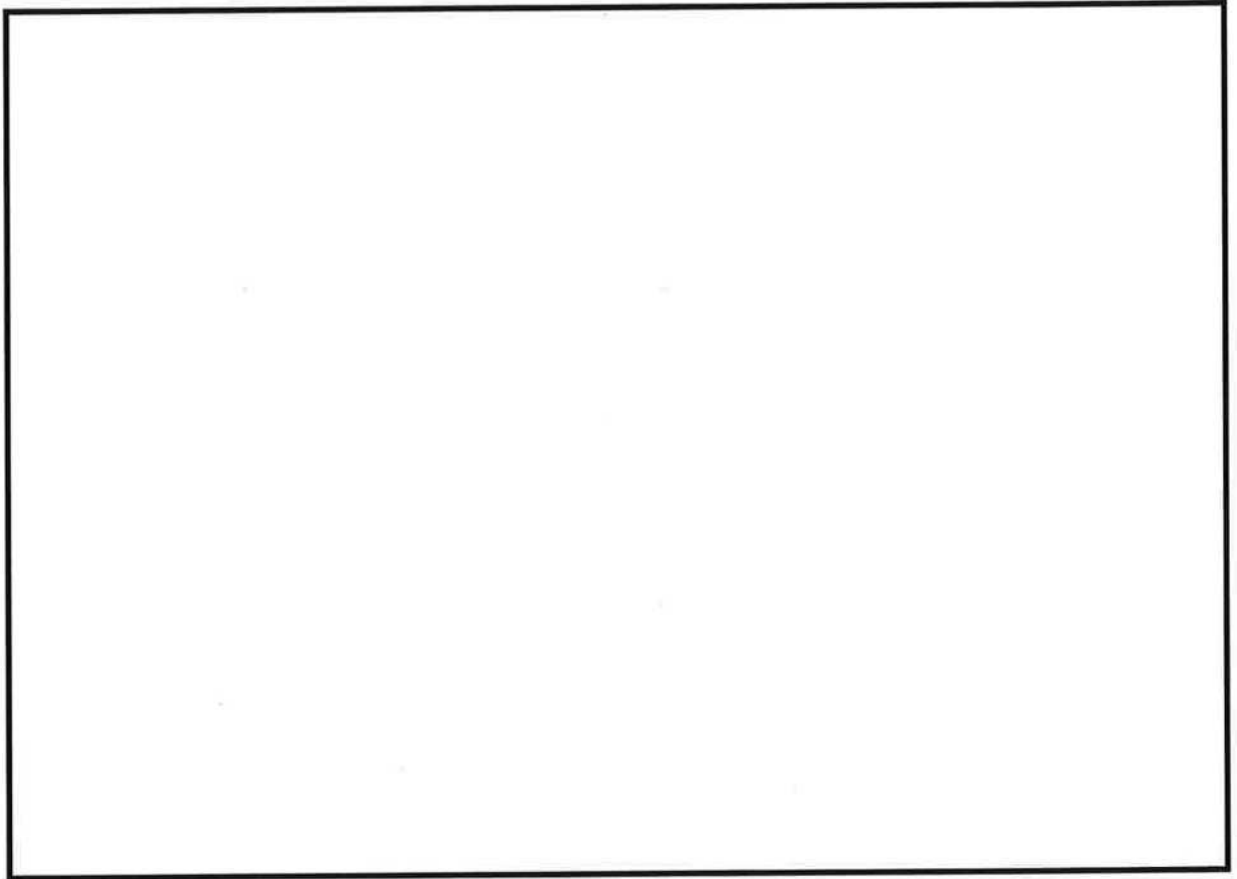
$$\rho \cdot V = 1.03^{**} \times 5.632 = 5.9 \text{ [tf]} \text{ (小数点第 2 位切り上げ)}$$

※：海水の比重を 1.03 t/m³とした

LLW 輸送容器単体では重量<浮力となるが、LLW 輸送容器を単体で物揚岸壁に置くことはなく、LLW 輸送車両に固縛等するため、漂流物とはならない。

②LLW 輸送車両

LLW 輸送容器の輸送に使用するトラックを評価対象とする。体積については、第 3-1-40 図のように LLW 輸送車両を構成する部位を 9 つに分割して体積を求め、これらの積算により算出した。なお、キャビンについては、窓を開ける運用とし、気密性がないため体積には加えない。



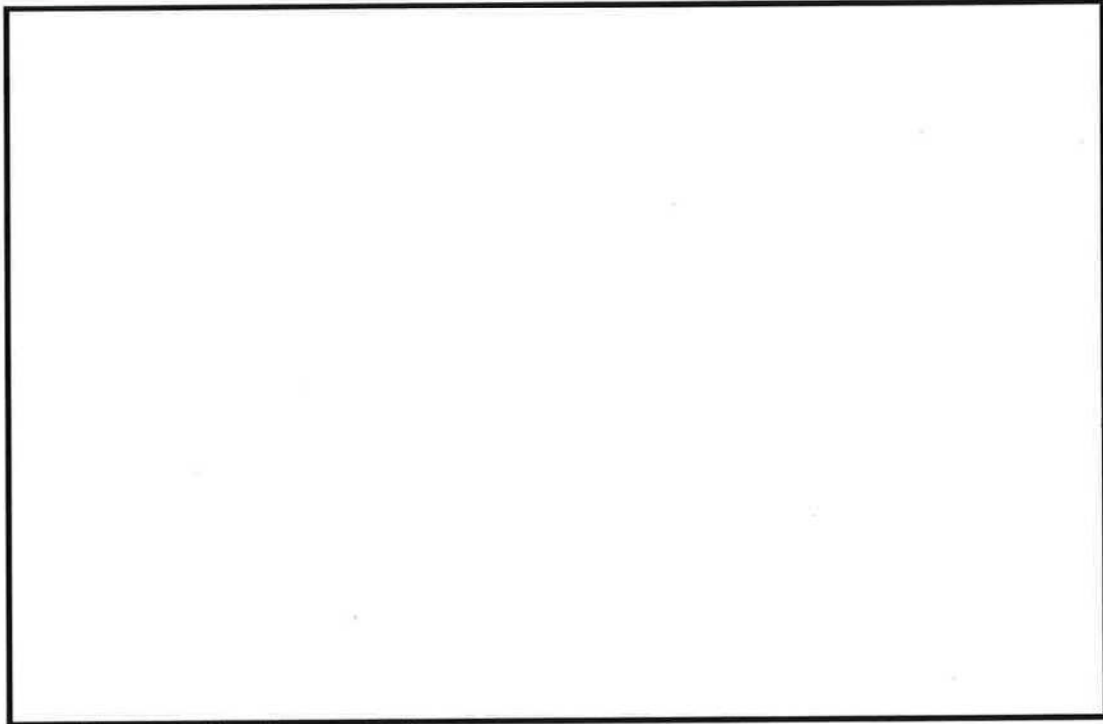
第 3-1-40 図 体積計算に用いた L L W 輸送車両の模式図

【評価結果】

・重量

車両重量：10.8 tf（使用する車両の諸元値を使用）

・体積



※小数点第4位切り上げ

・浮力

$$\rho \cdot V = 1.03^{*} \times 8.549 = 8.9[\text{tf}] \text{ (小数点第2位切り上げ)}$$

※：海水の比重を 1.03 t/m³とした

重量>浮力より、LLW 輸送車両は、漂流物とはならない。

(c) LLW 輸送容器を積載した状態での LLW 輸送車両に関する影響評価について

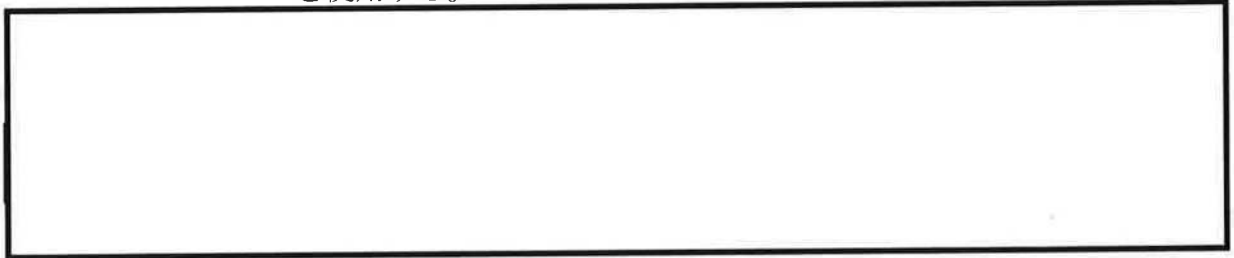
LLW 輸送車両は漂流物とはならないが、最も浮力が大きくなる LLW 輸送容器の空容器を 2 個積載した場合、LLW 輸送車両総重量（約 13.2tf）に対し、浮力（約 20.7tf）の方が大きい。また、廃棄体を収納した LLW 輸送容器を LLW 輸送車両へ積載した場合においても、車両総重量に対し浮力のほうが大きくなることが否定できない。

このため、LLW 輸送容器を LLW 輸送車両に固縛し、浮力を上回るようウェイトを積載する対策^{※1}を実施することで、漂流物とはしない方針とする。

なお、LLW 輸送車両への LLW 輸送容器の固縛については、LLW 輸送容器を LLW 輸送車両の固縛装置により行う（第 3-1-41 図参照）。また、固縛装置については、固縛装置は車両固縛部等により LLW 輸送車両に固縛し、LLW 輸送容器は固縛装置のツイストロックで固縛装置に固縛する。

また、固縛装置は車両固縛部等により LLW 輸送車両に固縛し、LLW 輸送容器は固縛装置のツイストロックで固縛装置に固縛する。

※1：あらかじめ浮力を上回るようウェイトを積載した LLW 輸送車両を使用する。



第 3-1-41 図 LLW 輸送容器等の積載・固縛方法

b. 滑動に対する評価

(a) 評価内容

燃料等輸送容器及び車両については、「基準津波に伴う取水口付近の漂流物に対する取水性確保」の漂流物評価フロー結果が「A」（重量物であり漂流物とはならない）となるが、発電所敷地内の設備であることから、滑動影響の検討を行った。

津波による滑動は、津波襲来直後の波力（衝撃力）による滑動と、その後の定常的な流速に対する滑動を評価する。波力による滑動は、ある程度発生する可能性はあるが、津波防護施設との離隔や高低差が十分あるため、津波防護施設への衝突に至ることはない。

また、定常な流速による滑動を評価した。滑動する可能性を検討する上で用いる流速は、物揚岸壁が放水口側に位置することから放水口前面の最大流速（1.1m/s）とする。また、評価にあたっては、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会、平成19年7月）」に準じて、イスバッシュ式を用いた。この式は米国の海岸工学研究センターが潮流による洗堀を防止するための捨て石質量として示したものであり、水に対する被覆材の安定質量を求めるものであることから、津波襲来時における対象物の滑動可能性評価に適用可能であると考えられる。イスバッシュ式の定数はマウンド被覆材が露出した状態に相当する0.86とする。

「港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会、平成19年7月）」のイスバッシュ式

$$M_d = \frac{\pi \rho_r U_d^6}{48g^3 (y_d)^6 (S_r - 1)^3 (\cos\theta - \sin\theta)^3}$$

M_d 捨て石等の安定質量(t)

ρ_r 捨て石等の密度(t/m³)

U_d 捨て石等の上面における水の流れの速度(m/s)

g 重力加速度(m/s²)

y_d イスバッシュ(Isbash)の定数
(埋め込まれた石は1.2、露出した石は0.86)

S_r 捨て石等の水に対する比重

θ 水路床の軸方向の斜面の勾配(°)

イスバッシュ式をもとに、対象物が水の流れによって動かない最大流速（以下、「安定流速」という。）を算出し、津波シミュレーションによる流速が安定流速以下であることを確認する。津波シミュレーションによる流速が安定流速を上回る場合には、上回る継続時間を確認し滑動の移動距離を評価することを検討した。安定流速は以下の式により算出される。

$$U_{ds} = \sqrt[6]{\frac{48Mg^3(y_d)^6(S_r - 1)^3(\cos\theta - \sin\theta)^3}{\pi\rho_r}}$$

M 輸送車両等の質量(t)

U_{ds} 安定流速(m/s)

イスバッシュ式に対して以下のパラメータを考慮して評価を実施した。評価結果は以下の表の通り、安定流速が津波流速を上回る結果となった。

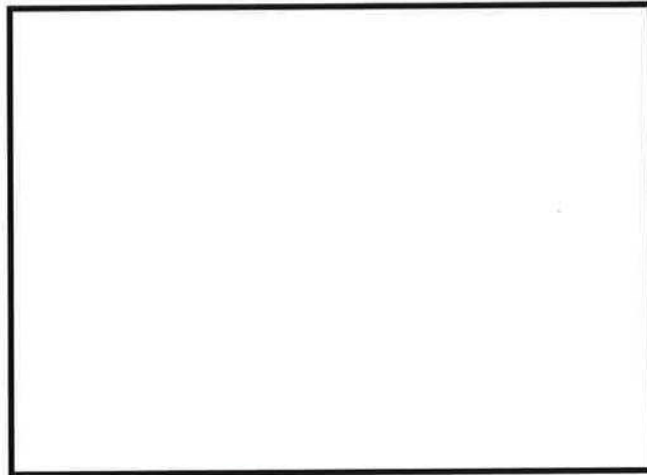
	単位	燃料 輸送容器	燃料 輸送車両	LLW 輸送車両*	備考
M	t	67.6	3.6	1.9	
ρ_r	t/m ³	7.8	7.8	7.8	車両(炭素鋼)の密度： 7.8t/m ³
g	m/s ²	9.80665	9.80665	9.80665	機械工学便覧参照
y_d	—	0.86	0.86	0.86	露出した石のパラメータを使用
S_r	—	7.57	7.57	7.57	車両(炭素鋼)の密度： 7.8t/m ³ 海水の密度：1.013t/m ³
θ	°	0	0	0	平坦若しくはのぼり勾配であることから保守的に0°とする。
U_{ds}	m/s	10.8	2.6	2.8	

※LLW 輸送容器は輸送車両に固縛するため、滑動しない。イスバッシュ式より、重量が小さいほど安定流速は小さくなるため、輸送容器積載時の評価は包含されている。

(2) 結論

輸送物及び輸送車両の滑動による影響は以下の通りとなる。

- ・津波波力による滑動距離は、物揚岸壁から津波防護施設までの距離を考慮すると十分小さいと考えられる。(物揚岸壁～津波防護施設：約300m(第3-1-42図))
- ・物揚岸壁の高さ(T.P.)は敷地高さ(T.P.)と比べて低いことから、滑動によって、敷地高さに至ることは考え難い。
- ・物揚岸壁から湾内に落下した場合は沈降すると考えられる。
- ・定常な流速条件での滑動性は、イスバッシュ式を用いて、対象物が水の流れによって動かない最大流速(安定流速)と放水口前面の最大流速を比較した結果、燃料輸送容器及び車両並びにLLW輸送容器及び車両は滑動しない。



第 3-1-42 図 物揚岸壁から津波防護施設までの距離

c. 輸送物及び輸送車両の退避に対する評価

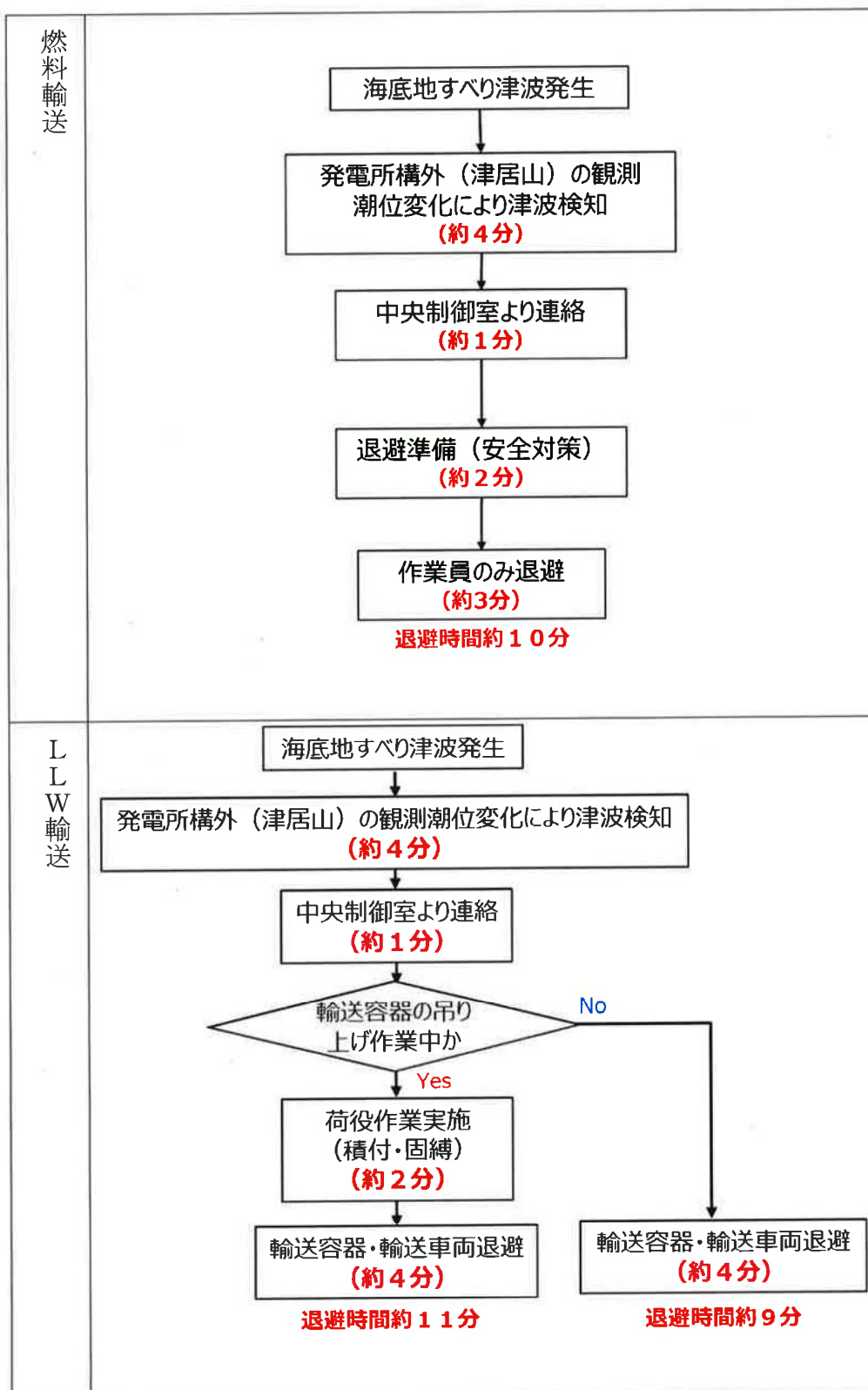
燃料等輸送船による輸送時においては、陸側にある輸送物及び輸送車両は原則として、当社敷地内の津波が到達しない場所へ退避する。第 3-1-43 図に津波警報等が発表されない津波襲来時の陸側にある輸送物の退避の考え方を、第 3-1-44 図に燃料輸送車両等の退避時間を示す。

1号及び2号機中央制御室の当直課長又は3号及び4号機中央制御室の当直課長が発電所構外（津居山）の観測潮位変化に係る警報を確認した場合、当該当直課長は、発電所員に対してその旨を周知（ページング）する。原子燃料課長（燃料輸送の場合）又は放射線管理課長（LLW 輸送の場合）は、直ちに陸側作業員へ退避連絡を行う。

なお、高浜発電所への津波の到達は、基準津波 4 よりも基準津波 3 が早く、津居山への津波到達後約 12 分である。

燃料輸送車両は、津居山に津波が到達してから退避まで 12 分以上の時間が必要となるため、作業員のみ退避する。なお、燃料の輸送容器（約 100tf：空状態）及び輸送車両（約 33tf）は重量物であり、津波を受けても漂流物とはならない（輸送容器の浮力は 32.4tf、輸送車両の浮力は 29.4tf）。

LLW 輸送車両は、輸送物の吊り上げ作業中でも津居山に津波が到達してから約 11 分以内に退避が完了することから、津波到達よりも早く退避が可能である。なお、LLW の輸送容器（約 1.2tf：空状態）は LLW 輸送車両に固縛されており、LLW 輸送容器が固縛された輸送車両（約 13.2tf）は浮力を上回るようウェイトを積載する対策により、津波を受けても漂流物とはならない。



第 3-1-43 図 陸側にある輸送物の退避の考え方

燃料輸送	時系列	
	輸送車両	
退避ルート		

0分
 (約31分/約24分)

 津波津居山到達後の経過時間
 海底地すべり発生後の経過時間(基準津波3)/海底地すべり発生後の経過時間(基準津波4)

第 3-1-44 図(1/2) 津波襲来と退避時間 (輸送車両等)

L L W 輸送	吊り上げていない場合 輸送容器を	時系列	
		輸送車両	
	吊り上げている場合 輸送容器を	時系列	
		輸送車両	
※1 退避ルート			

経過時間については、
 0分 : 津居山到達後の経過時間
 (約31分/約24分) : 海底地すべり発生後の経過時間(基準津波3)/海底地すべり発生後の経過時間(基準津波4)

※1 退避ルートの距離は約 300m であり、車両走行速度 10km/h (167m/min) としても、約 4 分間で車両の退避は十分可能である。

第 3-1-44 図(2/2) 津波襲来と退避時間(輸送車両等)

(7) 燃料等輸送船に係る評価

a. 燃料等輸送船の係留索の耐力について

(a) 概要

燃料等輸送船（以下、「輸送船」という。）は、津波警報等発表時、原則、緊急退避を行うが、輸送船が荷役中の場合は退避準備に 20 分間を要するため、その間は緊急退避できない可能性がある。このため、この 20 分間に襲来する早期襲来津波に対して輸送船への影響評価を実施している。また、津波警報等が発表されない可能性がある津波（海底地すべり津波）が発生した場合は、より安全性を高めるため、輸送船は緊急退避する運用としており、発電所構外において津波と想定される潮位の変動を観測した場合は 1 号及び 2 号機中央制御室並びに 3 号及び 4 号機中央制御室の当直課長からの周知（ページング）を受け緊急退避を行うが、前述と同様に輸送船が荷役中の場合は緊急退避できない可能性があることや発電所構外の観測潮位の欠測時には退避しない運用としており、津波連絡後 20 分以降に到達する津波も含む津波全体を対象として輸送船への影響評価を行い、係留状態が維持できることを確認する。

係留索については、船舶の大きさから一定の算式によって計算される数値（艀装数）に応じた仕様（強度、本数）を有するものを備えることが、日本海事協会（NK）の鋼船規則において定められている。

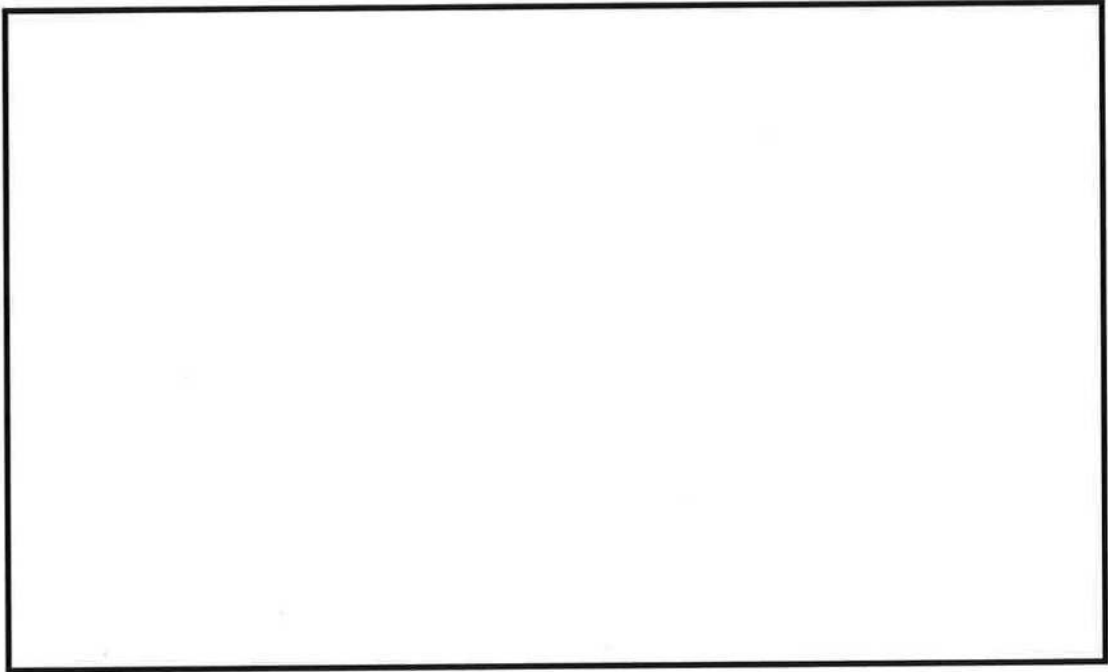
今回、輸送船が備えている係留索の係留力および海底地すべり単独による津波の流圧力について石油会社国際海事評議会 OCIMF（Oil Companies International Maritime Forum）の手法を用いて算出し、係留索の耐力評価を行う。

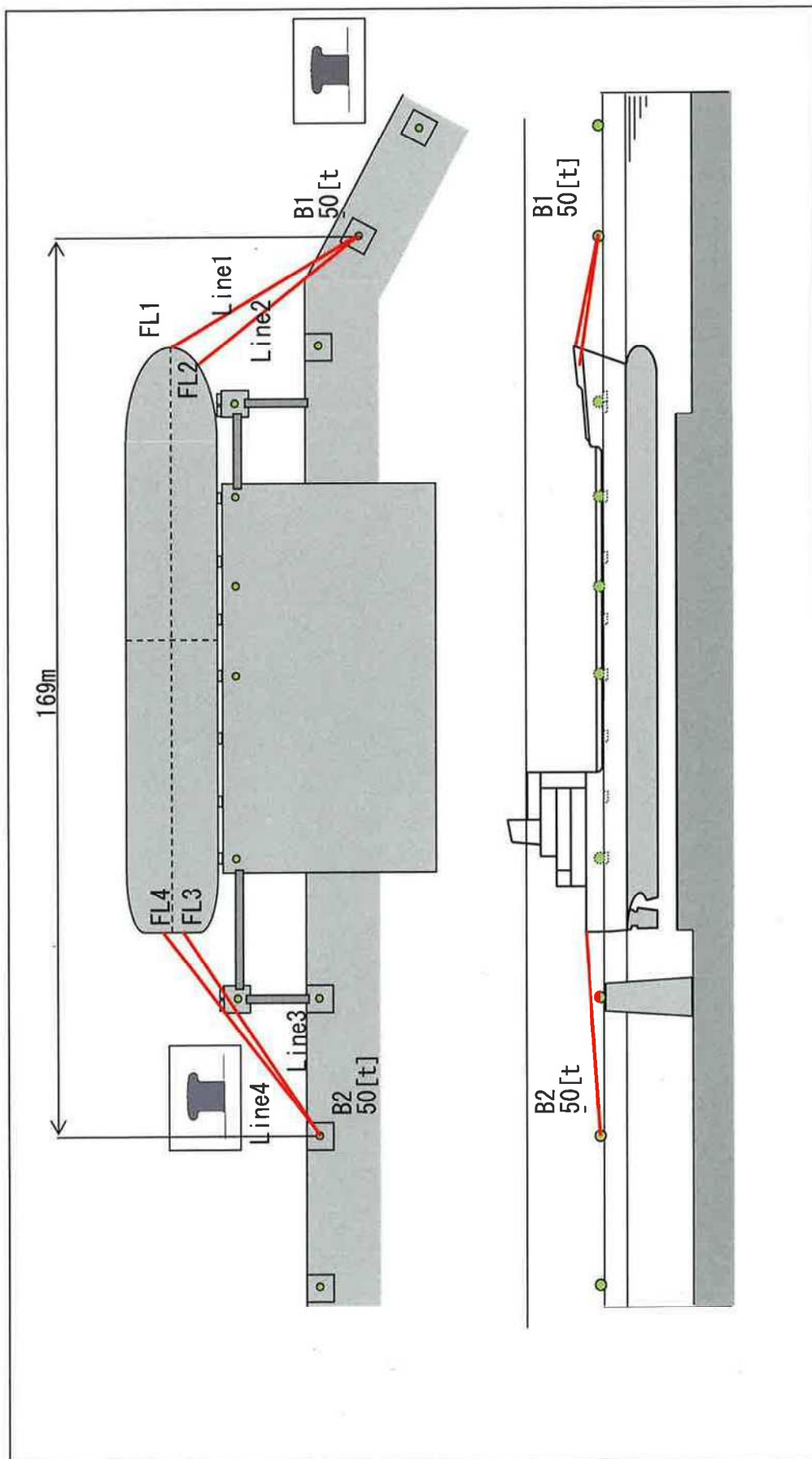
(b) 海底地すべり津波の評価

イ. 輸送船、係留索、係船柱

輸送船、係留索、係船柱の仕様を第 3-1-18 表に、配置を第 3-1-45 図に示す。

第 3-1-18 表 輸送船、係留索、係船柱の仕様





第 3-1-45 図 輸送船、係留索、係留柱の配置※イメージ

※接岸時は通常、6 本程度以上で係留する。この評価においては、保守的に行うことを目的に鋼船規則上の最低本数（4 本）を仮定。

ロ. 各波源モデルによる津波流速

第3-1-19表に各波源モデルによる最大流速を示す。この中から、最大流速となる波源モデルを選定し、その最大流速により評価を実施する。

【選定結果】

①最大流速（水位上昇側）：1.1[m/s]

評価に使用する最大流速（水位上昇側）は表-2のとおり、①エリアB Kinematicモデルの水位上昇側から、流速1.1[m/s]を選定する。なお、1.1[m/s]は、計算値1.05[m/s]を保守的に切上げた値である。

(参考)

エリアB Kinematicモデルの水位下降側においても最大流速1.1[m/s]となっているが、詳細は1.01[m/s]を保守的に切上げた値である。

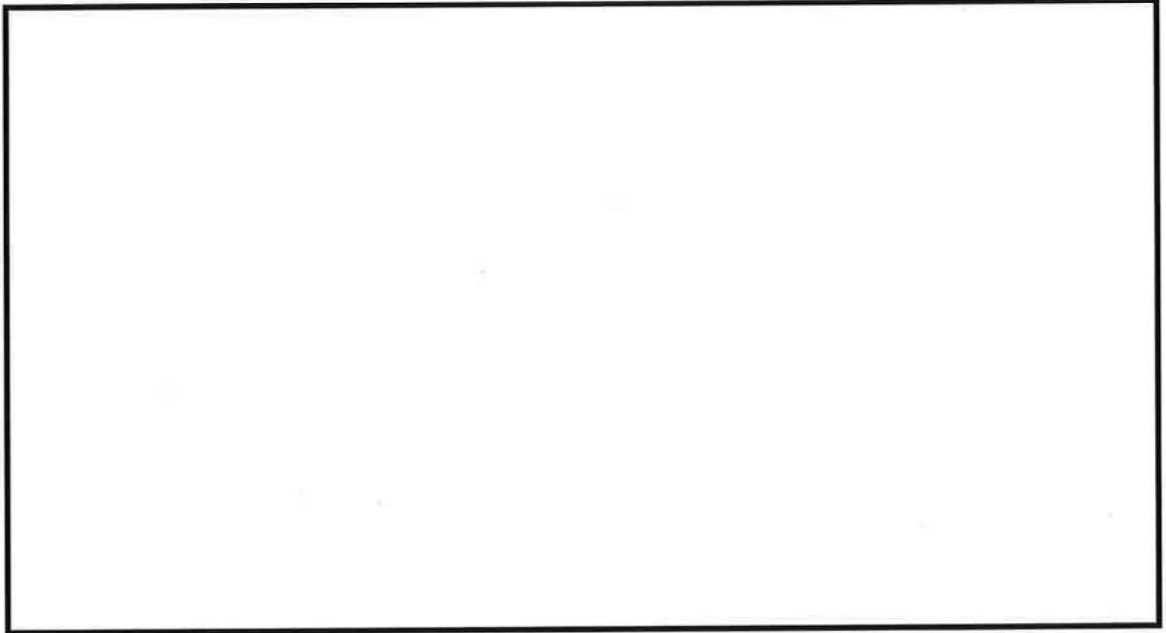
第3-1-19表 各波源モデルによる最大流速

表中の水位単位はT.P.(m)、流速単位は(m/s)

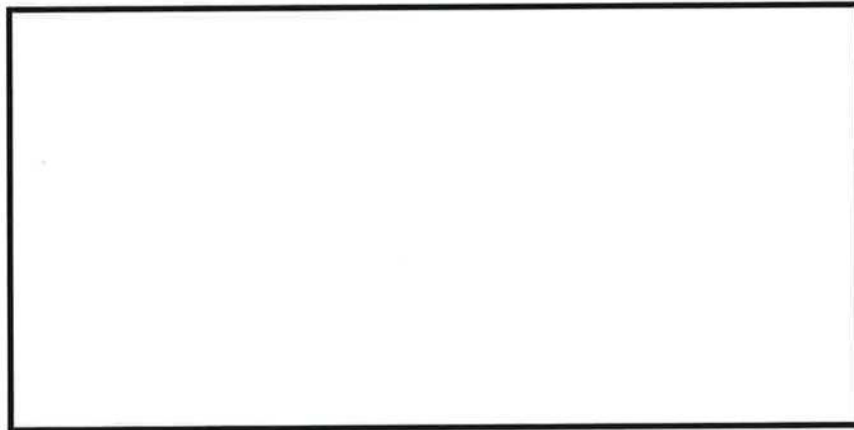
波源モデル			水位上昇		水位下降	
			放水口 前面		放水口 前面	
			最高水位	最大流速	最低水位	最大流速
地震以外に起因する津波	エリアA	Watts他の予測式				
		Kinematicモデルによる方法				
	エリアB	Watts他の予測式				
		Kinematicモデルによる方法				
	エリアC	Watts他の予測式				
		Kinematicモデルによる方法				

ハ. 最大流速の波源モデルによる波形

第 3-1-46 図に最大流速の波源モデルによる津波の流速を示す。また、第 3-1-47 図に津波流向（イメージ）を示す。



第 3-1-46 図 ①エリア B Kinematic モデル上昇側の流速－放水口前面－



第 3-1-47 図 津波流向（イメージ）

二. 係留力

係留力の計算方法を第 3-1-20 表に、計算結果を第 3-1-21 表、第 3-1-48 図及び第 3-1-49 図に示す。

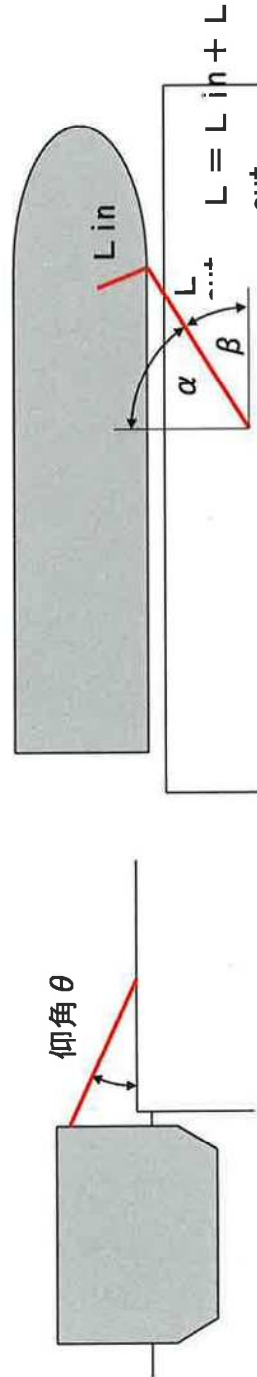
第 3-1-20 表 係留力の計算方法

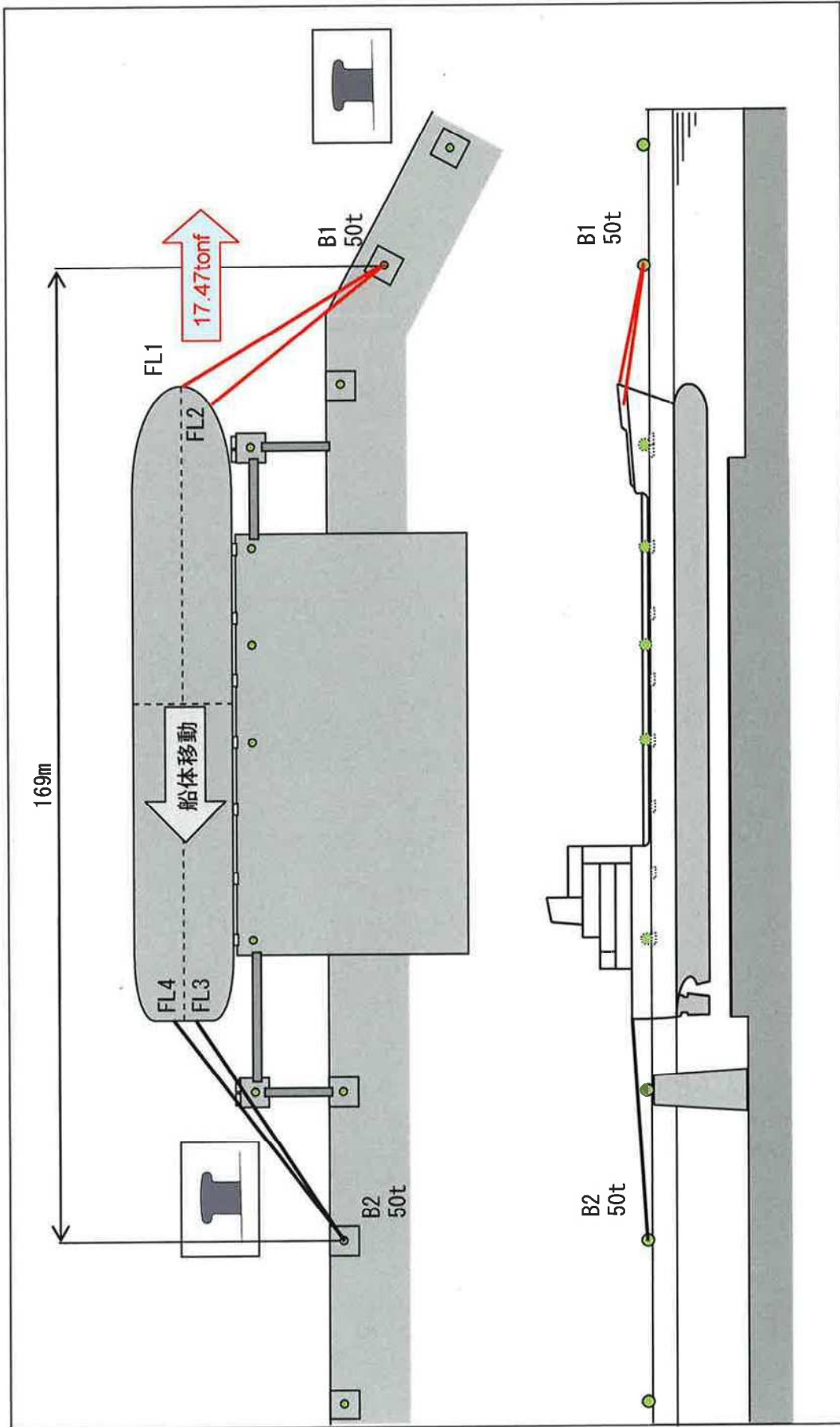
<p>【各索の係留力計算式】</p> $R \quad X \quad = \quad T \quad \times$ $\left(\frac{\cos^2 \beta \times \cos^2 \theta}{L} \right) \times \left(\frac{L_C}{\cos \beta_C \times \cos \theta_C} \right)$	
<p>R X : 前後係留力 [tonf] (前方は添字 f、後方は添字 a) T : 係留索 1 本に掛けることができる最大張力 [tonf] β : 係留索水平角 (岸壁平行線となす角度) [deg] θ : 係留索の仰角 [deg] L : 係留索の長さ (船外+船内) [m] β C : 各グループ※で最も負荷の大きい係留索の係留索水平角 (岸壁平行線となす角度) [deg] θ C : 各グループ※で最も負荷の大きい係留索の仰角 [deg] L C : 各グループ※で最も負荷の大きい係留索の長さ (船外+船内) [m] ※係留索の機能別グループ (前方係留力または後方係留力)</p>	

(出典：係留設備に関する指針 OCIMF 刊行)

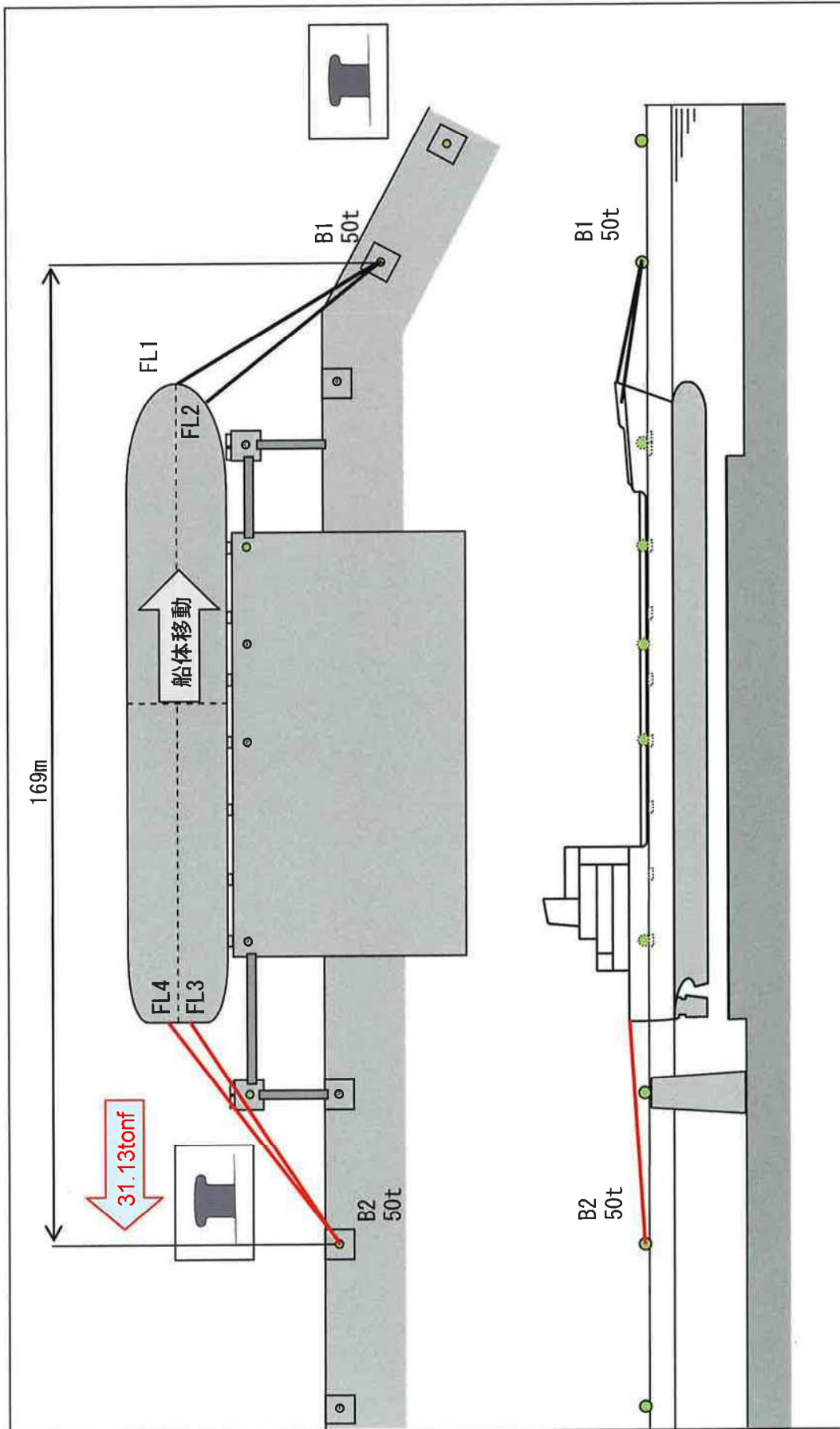
第 3-1-21 表 係留力 (第 3-1-45 図) の計算結果

フェア リダー	索種類		ビット	係船索長さ [m]		係留角 [deg]		索張力 T [tonf]	係留力 前 後 [tonf]	Bitt Performance [tonf]	
	ヘッド	ライン		船外	θ	β	Bitt Load			合計	係船柱強 度
FL1	Line1	ヘッド	B1	36.7	-61.7	20.0	-5.98	16.92	Σ 36.92	50	
FL2	Line2	ライン	B1	34.6	-53.5	20.0	-11.49	20.0			
							-17.47				
FL3	Line3	スタン	B2	41.9	31.3	20.0	16.76	20.0	Σ 39.60	50	
FL4	Line4	ライン	B2	44.4	36.4	20.0	14.37	19.60			
									前後 (+) 計		
									31.13		
									前後 (-) 計		
									-17.47		





第3-1-48 図 船尾方向への移動に対する船首方向係留力



第3-1-49 図 船首方向への移動に対する船尾方向係留力

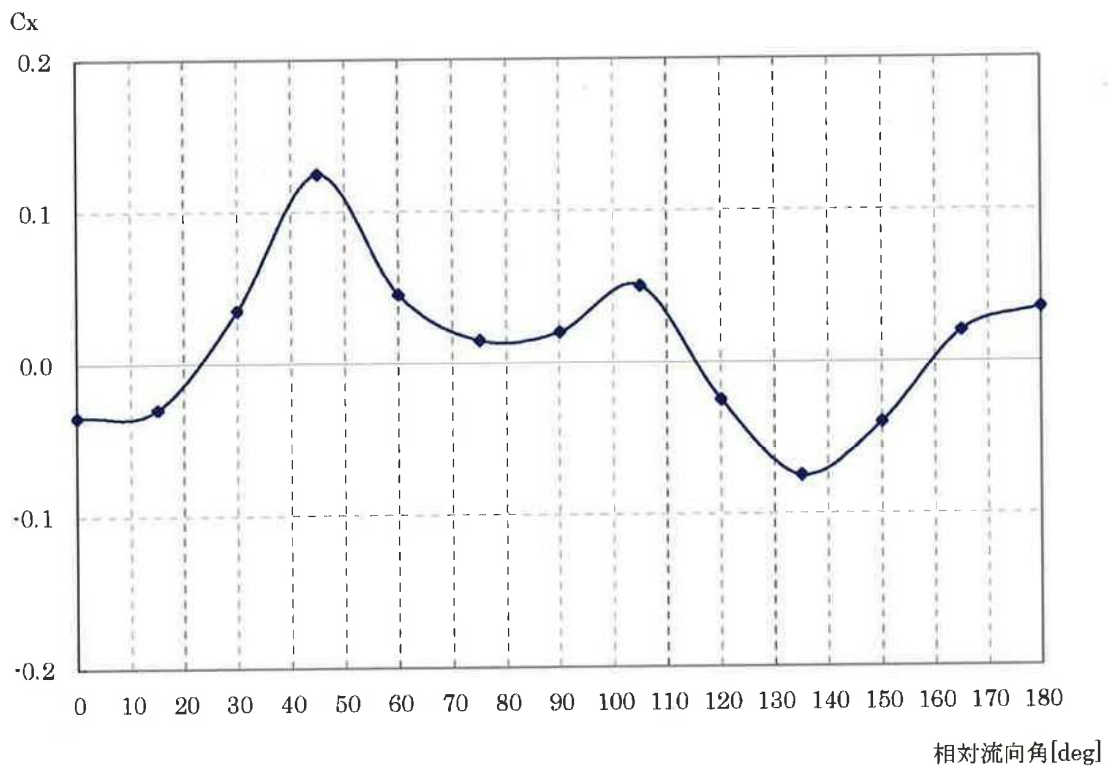
ホ. 流圧力

流圧力の計算方法を第 3-1-22 表に示す。計算結果について、前項で求めた係留力との比較結果を第 3-1-50 図に示す。

第 3-1-22 表 流圧力の計算方法

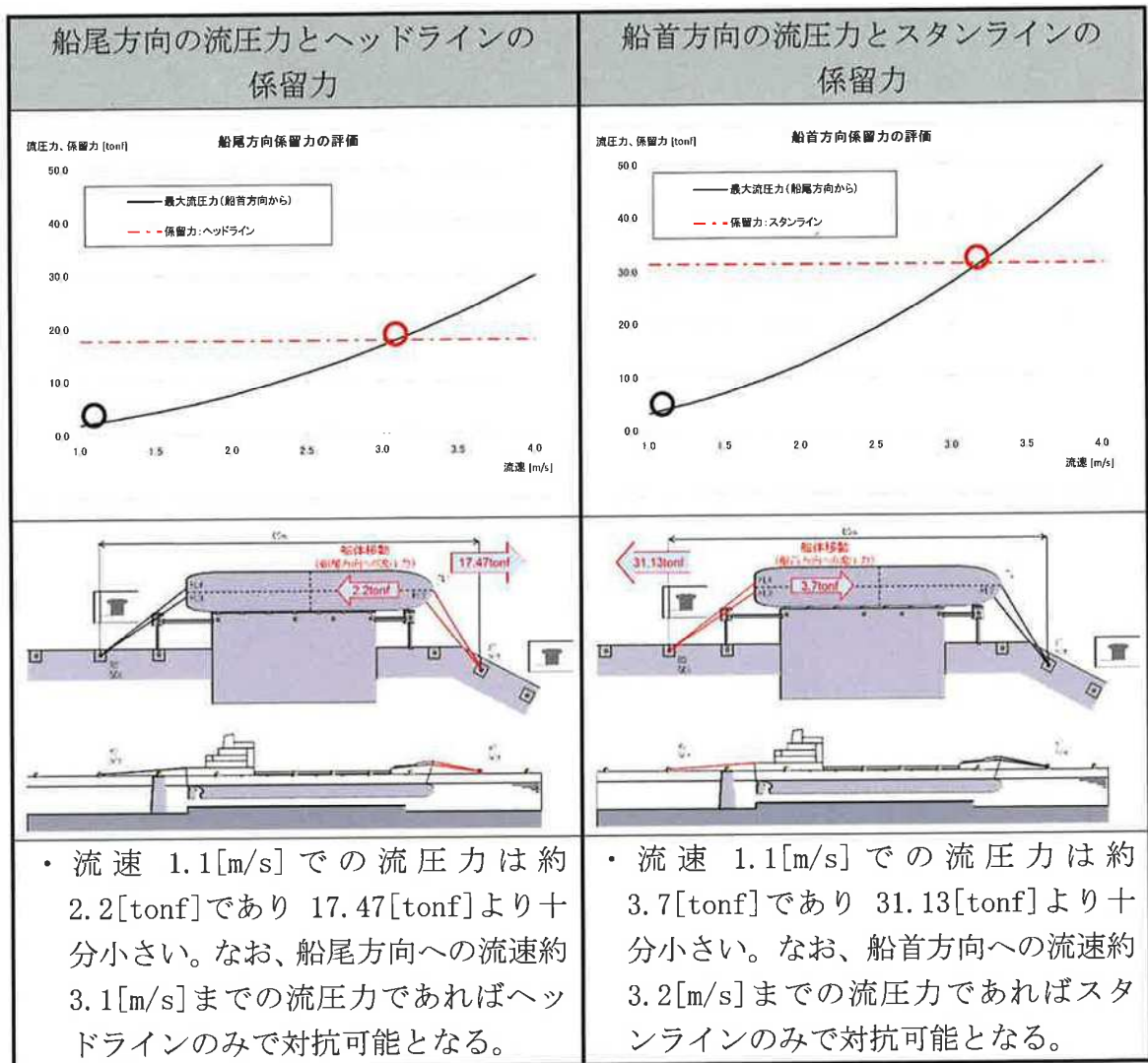
<p>【流圧力計算式】</p> $F_{Xc} = \frac{1}{2} \times C_{Xc} \times \rho_C \times V_C^2 \times L_{PP} \times d$	<p>F X c : 縦方向流圧力 [kgf] C X c : 縦方向流圧力係数 V C : 流速 [m/s] L P P : 垂線間長 [m] d : 喫水 [m] ρ C : 水密度 [kg・sec²/m⁴] (=104.5kg・sec²/m⁴)</p>
---	---

(出典：係留設備に関する指針 OCIMF 刊行)



(出典：VLCC における風圧及び流圧の予測 OCIMF 刊行)

縦方向流圧力係数 [C x]



第 3-1-50 図 流圧力と係留力の比較

(c) まとめ

海底地すべり津波の最大流速(流速 1.1[m/s]:第 3-1-46 図参照)による流圧力(約 2.2~3.7[tonf]:第 3-1-50 図参照)に対し、係留力(約 17~31[tonf]:第 3-1-21 表参照)が上回ることを確認した。

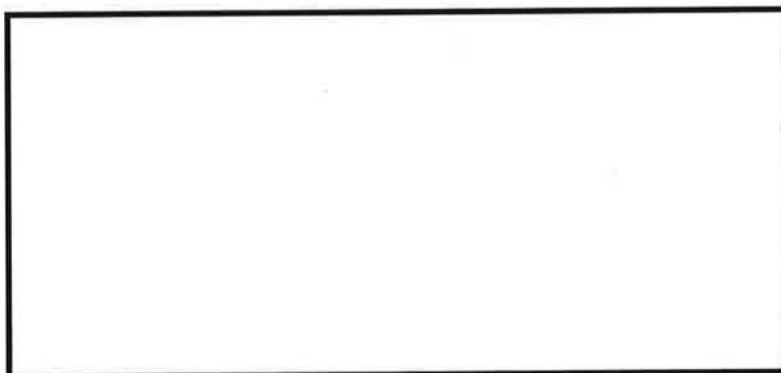
したがって、輸送船係留時に海底地すべり津波が襲来した場合でも、係留状態を維持することは可能である。

(参考)

荷役中に海底地すべり津波が襲来した場合に輸送船が退避できない理由

第 3-1-51 図のとおり、海底地すべり津波は退避連絡後 20 分未満で最高水位に到達することがある。荷役中であった場合、輸送物の干渉回避後に係留索を取り外す必要があるが、津波水位が岸壁高さを大きく上回っている場合は、岸壁での係留索取り外しができないため、緊急退避できない可能性がある。

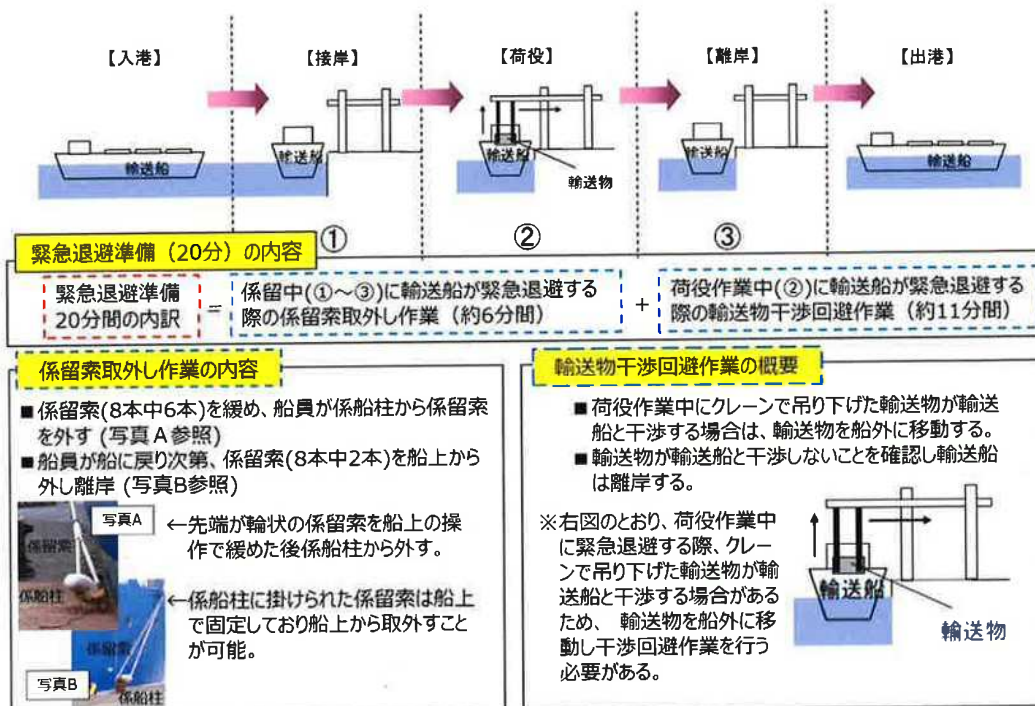
参考として、第 3-1-23 表に既許可の早期襲来津波と海底地すべり津波との比較を示す。また、第 3-1-52 図に緊急退避準備 20 分の内容と各作業の概要を示す。



第 3-1-51 図 基準津波 3 の時刻歴波形

第3-1-23表 既許可の早期襲来津波と海底地すべり津波との比較

	早期襲来津波	海底地すべり津波
対象津波	①陸上地すべり (No. 1, 2, 3) 津波 ②基準津波 2 (津波警報発表後、基準津波 1 より早く到達)	基準津波 3 (退避連絡後、基準津波 4 より早く到達)
第一波最高水位		
岸壁遡上時間	①約 2 分後 (津波発生後) ②約 1 1 分後 (地震発生後)	約 1 6 分後 (退避連絡後)
輸送船対応	(荷役中および荷役中以外) ・津波高さは物揚岸壁 (T.P. <input type="text"/>) を僅かに超える程度の高さでかつ岸壁を超えるのは短時間 (1 分間未満) であり、水位低下後、船員が岸壁に降りて係留索取外し作業 (最大約 6 分間) を行うことは可能であり、既許可の早期襲来津波については、荷役中であっても、輸送船は緊急退避可能 ・なお、津波流速は最大でも 1.0m/s 未満であり、輸送船の性能は、津波の最大流速を上回っているため、適切な操船で退避可能であり、退避後に漂流物になることはない	(荷役中) ・津波高さは物揚岸壁 (T.P. <input type="text"/>) を大きく上回り、岸壁高さを超える退避連絡後約 16 分以降は岸壁で作業ができないため、20 分以内に緊急退避できない (荷役中以外) ・退避連絡後、速やかに係留索を取外して、第一波到達前に輸送船は緊急退避可能 ・なお、津波流速は最大でも 1.1m/s 未満であり、輸送船の性能は、津波の最大流速を上回っているため、適切な操船で退避可能であり、退避後に漂流物になることはない
波形		



なお、係船柱等の係留設備が損傷している場合は、輸送船は発電所港に入港しない

第 3-1-52 図 緊急退避準備 20 分の内容と各作業の概要

b. 燃料等輸送船の喫水と津波高さの関係について

(a) 概要

燃料等輸送船（以下、「輸送船」という。）は、津波警報等発表時、原則、緊急退避を行うが、輸送船が荷役中の場合は退避準備に 20 分間を要するため、その間は緊急退避できない可能性がある。このため、この 20 分間に襲来する早期襲来津波に対して輸送船への影響評価を実施している。また、津波警報等が発表されない可能性がある津波（海底地すべり津波）が発生した場合は、より安全性を高めるため、輸送船は緊急退避する運用としており、発電所構外において津波と想定される潮位の変動を観測した場合は、1号及び2号機中央制御室並びに3号及び4号機中央制御室の当直課長からの周知（ページング）を受け緊急退避を行うが、前述と同様に輸送船が荷役中の場合は緊急退避できない可能性があることや発電所構外の観測潮位の欠測時には退避しない運用としていることから津波連絡後 20 分以降に到達する津波も含む津波全体を対象として輸送船への影響評価を行い、岸壁に乗り上がらないことや航行不能となり漂流物にならないことを確認する。

(b) 海底地すべり津波の評価

イ. 各波源モデルによる最高水位および最低水位

第 3-1-24 表に各波源モデルによる津波の最高水位および最低水位を示す。この中から、最高水位および最低水位となる波源モデルを選定し、その最高水位および最低水位により評価を実施する。

第 3-1-24 表 各波源モデルによる最高水位および最低水位

表中の水位単位はT.P.(m)、流速単位は(m/s)

波源モデル			水位上昇		水位下降	
			放水口 前面		放水口 前面	
			最高水位	最大流速	最低水位	最大流速
地震以外に起因する津波	海底地すべり	エリアA	Watts他の予測式			
			Kinematicモデルによる方法			
		エリアB	Watts他の予測式			
			Kinematicモデルによる方法			
		エリアC	Watts他の予測式			
			Kinematicモデルによる方法			

【選定結果】

①最高水位：T.P. [m]

最高水位は、表-1 ①の T.P. [m]（朔望平均満潮位 T.P. +0.49[m] を考慮）に +0.15[m]（潮位ばらつき）を加えた T.P. [m] とする。

（参考）

エリアC Kinematic モデルの水位上昇側においても最高水位 T.P. [m] となっているが、詳細はエリアB Kinematic モデルは T.P. [m]、エリアC Kinematic モデルは T.P. [m] を保守的に切上げた値である。

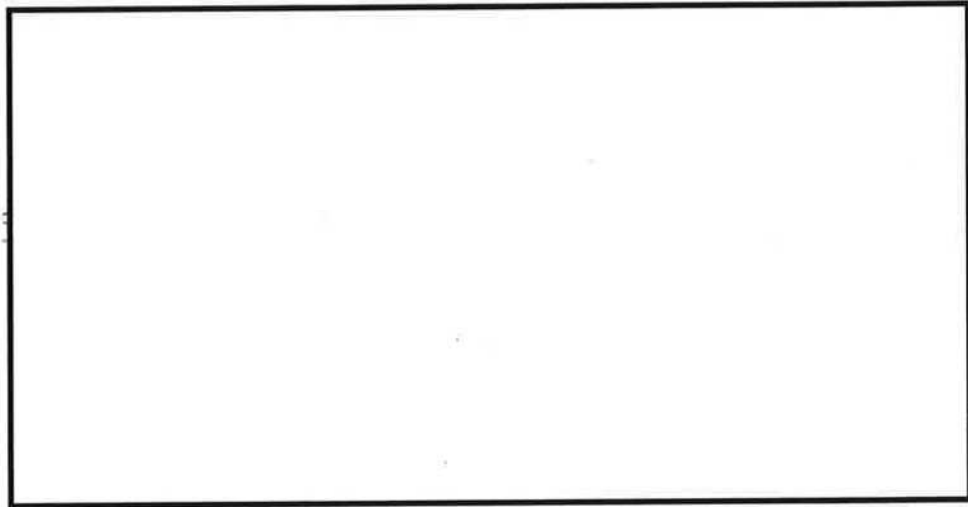
②最低水位：T.P. [m]

評価用の最底水位は、表-1 ②の T.P. [m]（朔望平均干潮位 T.P. [m] を考慮）に [m]（潮位ばらつき）を加えた T.P. [m] とする。

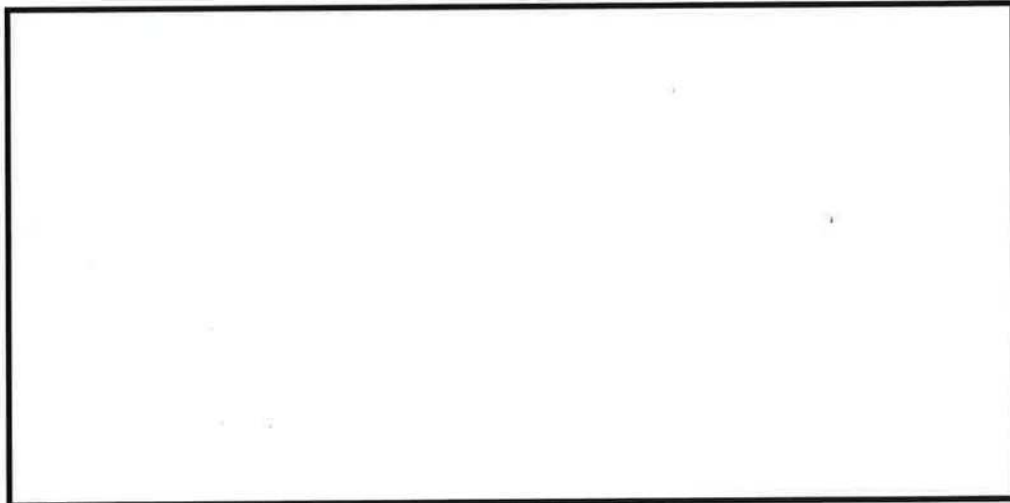
ロ. 選定した波源モデルの波形

第 3-1-53 図～第 3-1-55 図に波源モデルによる最高水位、最低

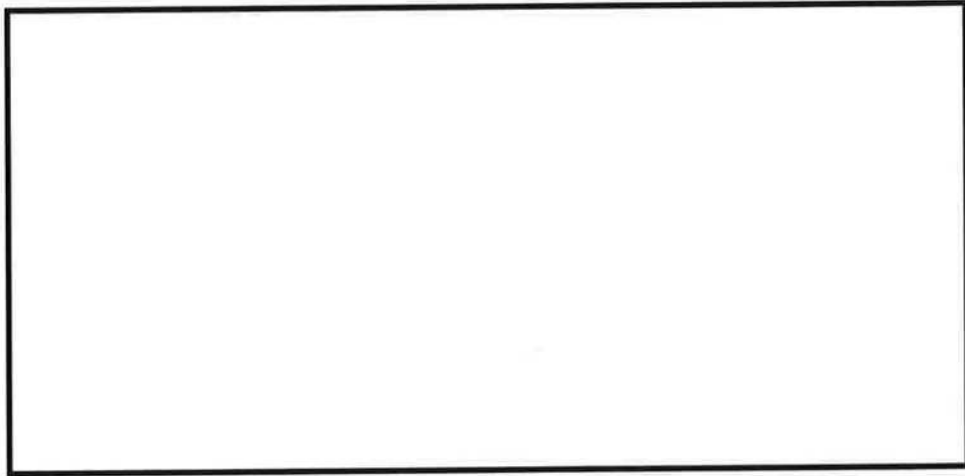
水位および最大流速を示す。



第 3-1-53 図 ①エリア B Kinematic モデル上昇側の津波水位
—放水口前面—



第 3-1-54 図 ②エリア B Kinematic モデル下降側の津波水位
—放水口前面—



第 3-1-55 図 エリア B Kinematic モデル上昇側の流速（絶対値）
—放水口前面—

ハ. 係留時の輸送船評価

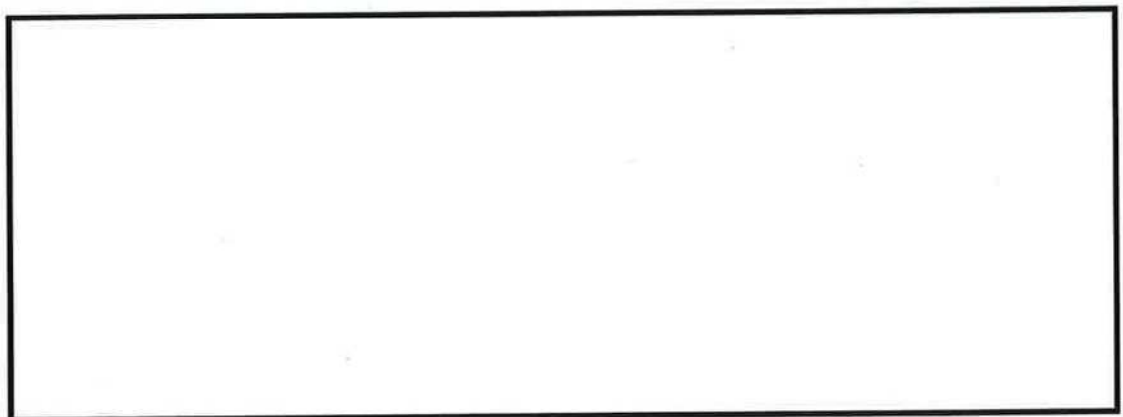
①最高水位における輸送船の評価（係留時）

最高水位と輸送船の喫水高さの関係を第 3-1-56 図に示す。

評価は、岸壁係留中に津波が最高水位 T.P. [m]（図-1 参照）
となった状態を前提とする。

$$\left(\begin{array}{l} \cdot \text{最高水位解析値} : \text{T.P. } \boxed{} \text{ [m]}^* \\ \cdot \text{潮位のバラツキ} : \boxed{} \text{ [m]} \\ \hline \text{評価用の最高水位} : \text{T.P. } \boxed{} \text{ [m]} \end{array} \right)$$

※ 朔望平均満潮位 T.P. [m] を考慮



第 3-1-56 図 係留時における最高水位と輸送船の喫水高さ

【評価】

第 3-1-53 図のとおり、最初の引き波で水位は下降するが、その後最高水位 T.P. [m] まで上昇する。この時の輸送船の船底は、岸壁高さより [m] ~ [m] 下側にあるため、輸送船が岸壁に乗り上がり航行不能になることはない（第 3-1-56 図参照）。

また、輸送船の性能は、津波の最大流速 1.1[m/s]（第 3-1-55 図参照）を上回っているため、緊急退避においても適切な操船で退避可能であることから漂流物になることはない。

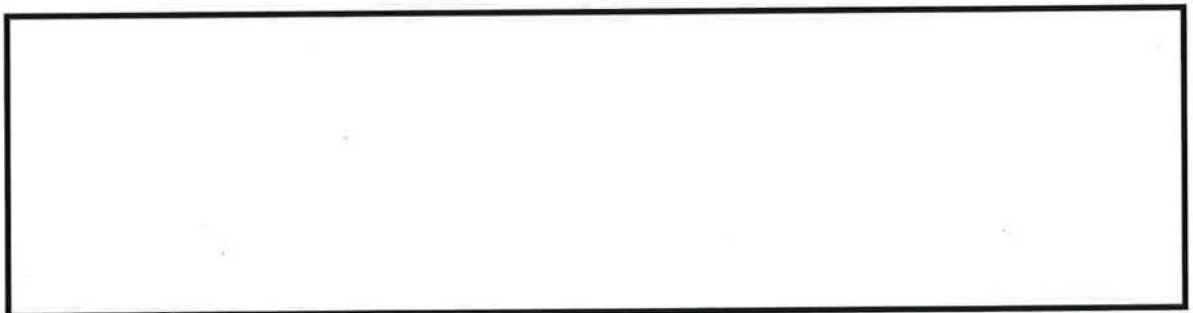
②最低水位における輸送船の評価（係留時）

最低水位と輸送船の喫水高さの関係を第 3-1-57 図に示す。

評価は、岸壁係留中に津波が最低水位 T.P. [m]（第 3-1-54 図参照）なった状態を前提とする。

$$\left(\begin{array}{l} \cdot \text{最低水位解析値} : \text{T.P. } \boxed{} \text{ [m]}^* \\ \cdot \text{潮位のバラツキ} : \phantom{\text{T.P. }} \boxed{} \text{ [m]} \\ \hline \text{評価用の最低水位} : \text{T.P. } \boxed{} \text{ [m]} \end{array} \right)$$

※ 朔望平均干潮位 T.P. [m] を考慮



第 3-1-57 図 係留時における最低水位と輸送船の喫水高さ

【評価】

第 3-1-54 図のとおり、最低水位は T.P. [m] であり、輸送船は海底に着底する可能性がある（第 3-1-57 図参照）。着底による輸送船への影響としては、岸壁付近の海底が平坦であること、水位変動が緩やかであること、二重船殻構造で十分な船体強度を有していることから、輸送船が損傷し航行不能になることはない。また、水位は数分で上昇するため、水位回復後輸送船は退避可能である。

なお、輸送船の性能は、津波の最大流速 1.1[m/s]（第 3-1-55 図

参照)を上回っているため、緊急退避する場合においても適切な操船で退避可能であることから、漂流物になることはない。

二. 係留時以外の輸送船評価

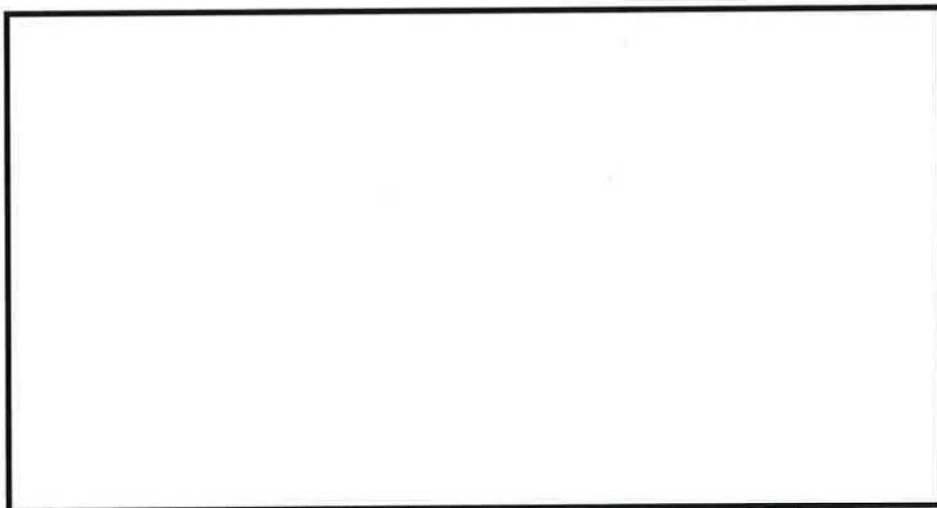
①最低水位における輸送船の評価 (係留時以外)

最低水位と輸送船の喫水高さの関係を第3-1-58図に示す。

輸送船の評価は、岸壁に係留されていない状態(接岸直前や離岸直後を想定)、津波水位は最低水位 T.P. [m] (第3-1-54図参照)を前提とする。

$$\left(\begin{array}{l} \cdot \text{最低水位解析値} : \text{T.P. } \boxed{} \text{ [m]}^* \\ \cdot \text{潮位のバラツキ} : \boxed{} \text{ [m]} \\ \hline \text{評価用の最低水位} : \text{T.P. } \boxed{} \text{ [m]} \end{array} \right)$$

※ 朔望平均干潮位 T.P. [m] を考慮



第3-1-58図 係留時以外における最低水位と輸送船の喫水高さ

【評価】

第3-1-58図のとおり、岸壁付近の海底は平坦な部分が約29[m]、その外側に傾斜部分(1:2勾配)があり、最低水位において輸送船が海底に接触する範囲は、岸壁から約40[m]の範囲となる。

この範囲を含めた岸壁付近での輸送船の移動速度は、接岸や離岸に伴い、非常に慎重な速度(数cm/s~数十cm/s程度)で操船される。この時、引き波で最低水位となった場合、船底が一時的に着底する可能性があるが、船速が非常に遅く、水位の低下速度も

ゆっくりであることから、輸送船の船底が損傷し航行不能になることはない。また、水位は数分で上昇するため、水位回復後輸送船は退避可能である。なお、輸送船の性能は、津波の最大流速 1.1[m/s]（第 3-1-55 図参照）を上回っているため、緊急退避する場合においても適切な操船で退避可能であることから、漂流物になることはない。

更に、海底の傾斜部分（1:2 勾配で傾斜角度は約 27°）は輸送船の重心位置による横転角度（約 48°）に比べて十分余裕があることから、仮に輸送船が傾斜部分に着底したとしても、輸送船が横転することはない。

(c) まとめ

海底地すべり津波が襲来した場合でも、津波高さと輸送船の喫水高さの関係から、岸壁に乗り上がることはなく、引き波により船底が海底に着底しても十分な船体強度を有していること等から航行不能となることはない。また、輸送船は水位回復後退避可能であること、輸送船の性能は、津波の最大流速 1.1[m/s]（第 3-1-55 図参照）を上回っているため、緊急退避する場合においても適切な操船で退避可能であり、漂流物となることはない。

(参考)

燃料等輸送船の着底時の転覆の可能性について

a. 概要

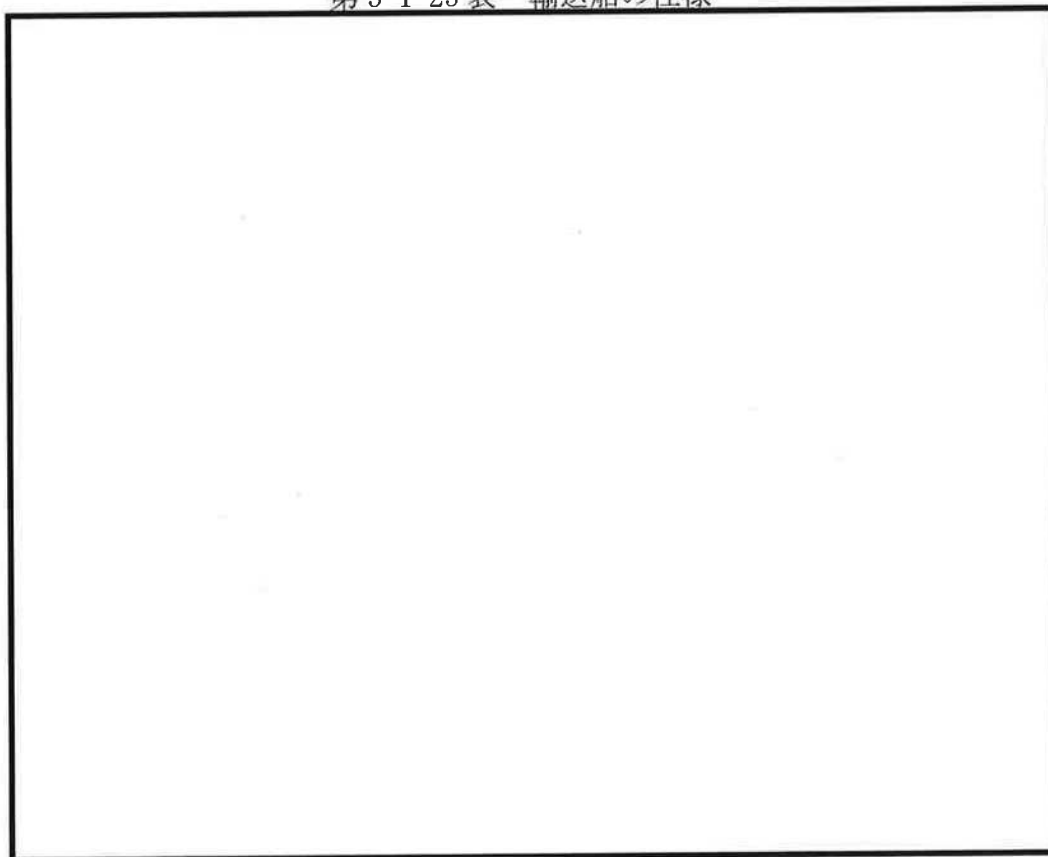
燃料等輸送船（以下「輸送船」という。）の物揚岸壁における停泊中および港湾内で緊急退避中に引き波により着底することを想定し、その際の転覆の可能性について評価する。

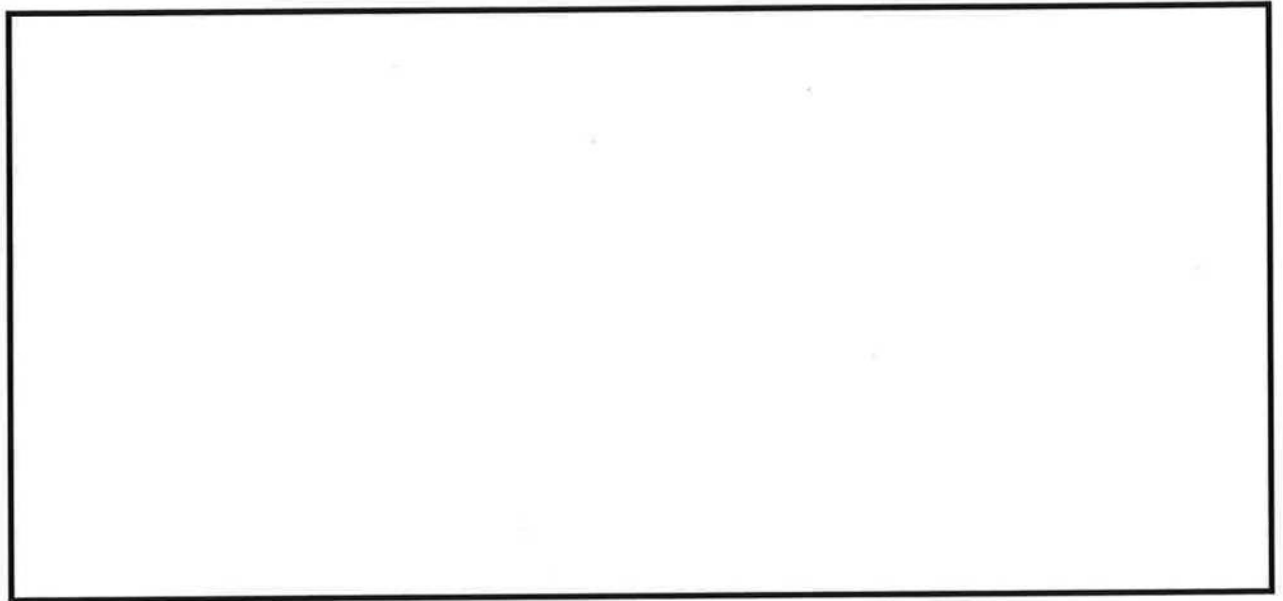
b. 評価条件

(a) 輸送船の仕様・形状

輸送船の仕様を第 3-1-25 表に、外形図を第 3-1-59 図に示す。

第 3-1-25 表 輸送船の仕様





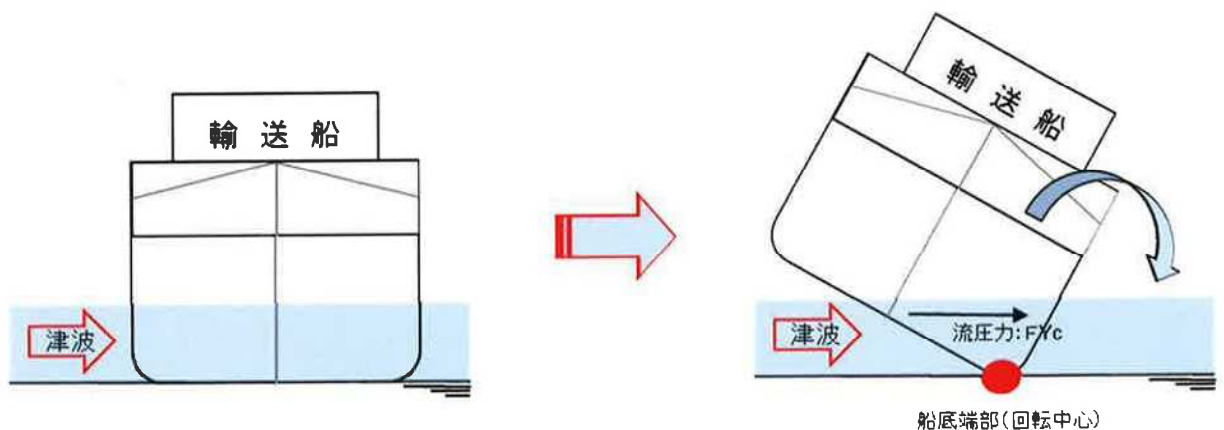
(側面・上面)

(正面)

第 3-1-59 図 輸送船外形図

(b) 転覆モード

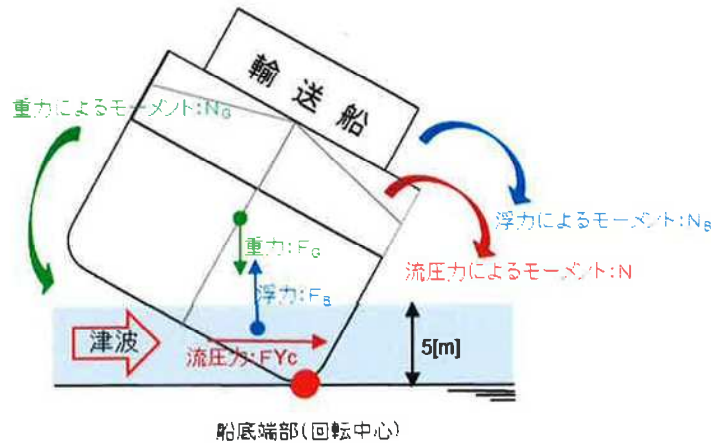
一般の船舶の場合、丸型やV型の船底を有しているものがあるが、輸送船は第 3-1-59 図に示すとおり、断面形状が扁平であり船底が平底型である。このため、引き波により着底した場合にも傾くことなく安定していると考えられるが、ここでは保守的に、第 3-1-60 図に示すように輸送船が津波を受けた際に船底の端部が海底に引っ掛かり、船底端部周りに回転する状況を想定し、転覆可能性の評価を行うものとする。



第 3-1-60 図 想定転覆モード

(c) 転覆評価

第 3-1-60 図の想定転覆モードにおいて輸送船に働く力とモーメントを第 3-1-61 図に示す。



第 3-1-61 図 輸送船に働く力とモーメント

津波を受けると流圧力 F_{YC} によるモーメント N が発生し、船底端部を中心に輸送船を回転させる。また、浮力 F_B によるモーメント N_B も流圧力によるモーメント N と同じ方向に発生する。一方、重力 F_G によるモーメント N_G がこれらのモーメントと逆方向に発生し輸送船の傾きを戻す。この際、流圧力および浮力によるモーメントにより傾きが増大し、重心位置が回転中心の鉛直線上を超える場合には転覆する。

重心位置が回転中心の鉛直線上にあるときの傾きは約 48° であるため、ここでは傾きを 24° と仮定し、流圧力によるモーメント N と浮力によるモーメント N_B の和と重力によるモーメント N_G とのモーメントの釣り合いから転覆しないことを確認する。

重力によるモーメント N_G は次式のとおりとなる。

$$\begin{aligned} N_G &= F_G \times X \quad (\text{GR}) \\ &= 4,000 \times 4.5 \\ &= 18,000 [\text{tonf} \cdot \text{m}] \end{aligned}$$

N_G : 重力によるモーメント [tonf·m]

F_G : 輸送船 (空荷状態) の重量 [tonf] ($\approx 4,000$)

X (GR) : 重心と回転中心の水平方向距離[m] (≒ 4.5)

次に流圧力によるモーメントNは次式にて計算できる。

$$N = F_{YC} \times W \div 2 \\ = F_{YC} \times d \div 2$$

N : 流圧力によるモーメント[tonf・m]

F_{YC} : 流圧力[tonf]

W : 水位[m]

d : 喫水[m] (= 5)

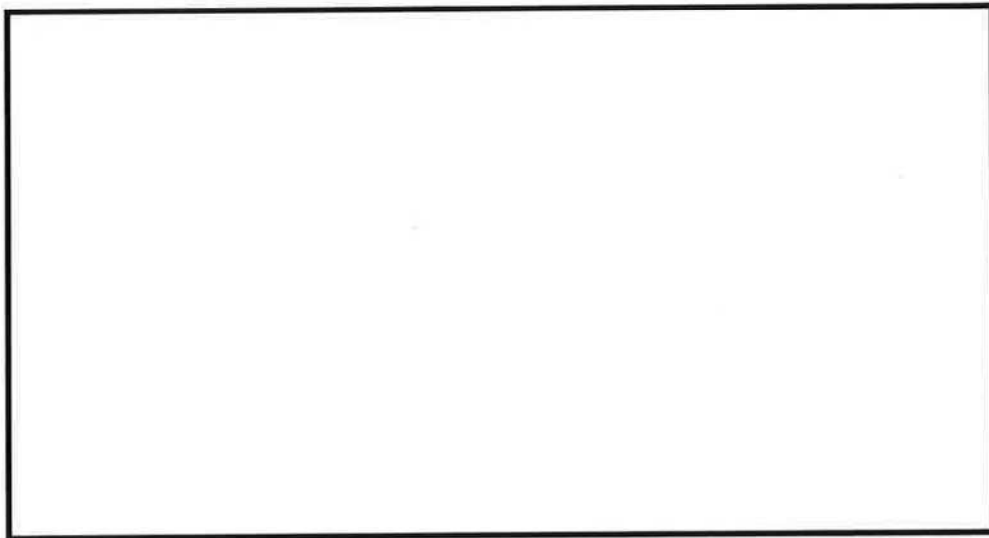
ここで、流圧力は受圧面積が最大の際に最も大きくなり、且つ、流圧力によるモーメントは流圧力の作用点と回転中心との距離が最大の際に最も大きくなるため、本評価における水位は喫水と同等とした。また、横方向の流圧力F_{YC}を第 3-1-26 表に示す方法で計算する。

第 3-1-26 表 横方向流圧力の計算方法

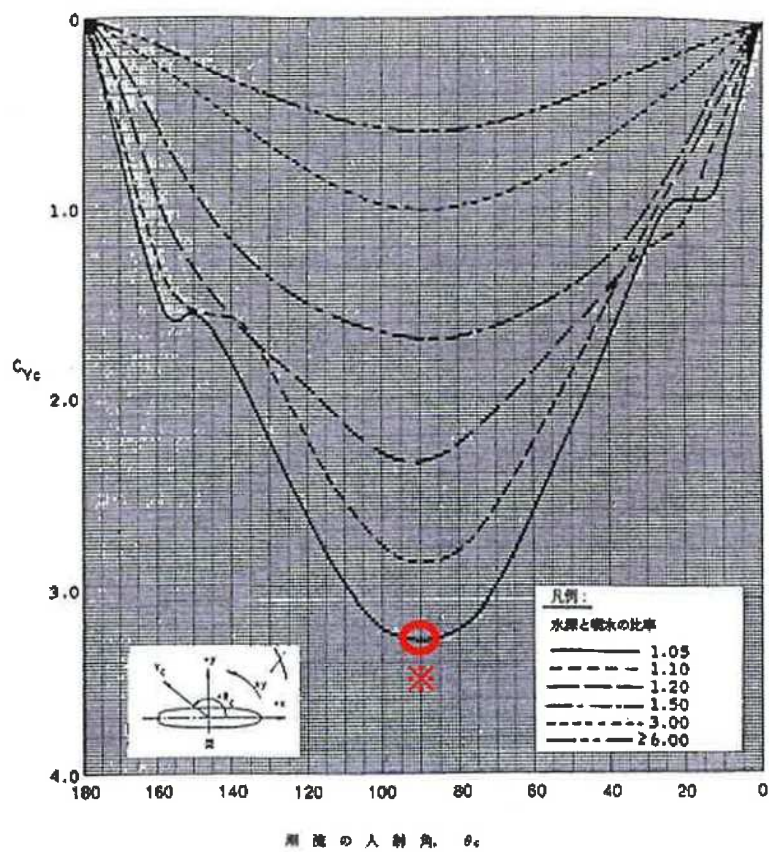
<p>【流圧力計算式】</p> $F_{YC} = \frac{1}{2} \times C_{YC} \times \rho_c \times V_c^2 \times L_{PP} \times d$	<p>F_{YC} : 横方向流圧力 [kgf] C_{YC} : 横方向流圧力係数 V_c : 流速 [m/s] L_{PP} : 垂線間長 [m] d : 喫水 [m] ρ_c : 水密度 [kg・sec²/m⁴] (=104.5kg・sec²/m⁴)</p>
--	--

(出典 : 係留設備に関する指針 OCIMF 刊行)

このとき、流速は第 3-1-61 図に示す最低水位となる津波の最大流速 1.1[m/s]を適用し、横方向流圧力係数を第 3-1-62 図により 10 と仮定する。



第 3-1-61 図 最大流速



第 3-1-62 図 横方向流圧力係数 (出典: VLCC における風圧及び流圧の予測
OCIMF 刊行)

第3-1-26表により F_{YC} は以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned} F_{YC} &= 1 \div 2 \times 10 \times 104.5 \times 1.1^2 \times 94.4 \times 5 \\ &= 298,410 \text{ [kgf]} \\ &\approx 300 \text{ [tonf]} \end{aligned}$$

したがって、流圧力によるモーメント N は以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned} N &= Y_{FC} \times d \div 2 \\ &= 300 \times 5 \div 2 \\ &= 750 \text{ [tonf}\cdot\text{m]} \end{aligned}$$

最後に浮力によるモーメント N_B は次式にて評価する。

$$\begin{aligned} N_B &= F_B \times X \text{ (BR)} \\ &= 1,700 \times 3.0 \\ &= 5,100 \text{ [tonf}\cdot\text{m]} \end{aligned}$$

N_B : 浮力によるモーメント [tonf·m]

F_B : 傾いた際の輸送船の浮力 [tonf] ($\approx 1,700$)

X (BR) : 浮心と回転中心の水平方向距離 [m] (≈ 3.0)

以上の結果をまとめると、以下に示すとおり重力によるモーメント N_G は流圧力によるモーメントと浮力によるモーメントの和より大きくなるため、輸送船は転覆することはない。

$$\begin{aligned} N + N_B &= 750 + 5,100 \\ &= 5,850 \text{ [tonf}\cdot\text{m]} < N_G (= 18,000) \text{ [tonf}\cdot\text{m]} \end{aligned}$$

c. まとめ

輸送船の着底後に海底地すべり津波による流圧を受けても船底と海底の形状から転覆することはない、また、保守的に船底の一部が固定されるような状態を想定した場合であっても転覆しないことを確認した。

(8) 一般車両（燃料輸送車両及び LLW 輸送車両以外の車両）の退避

a. はじめに

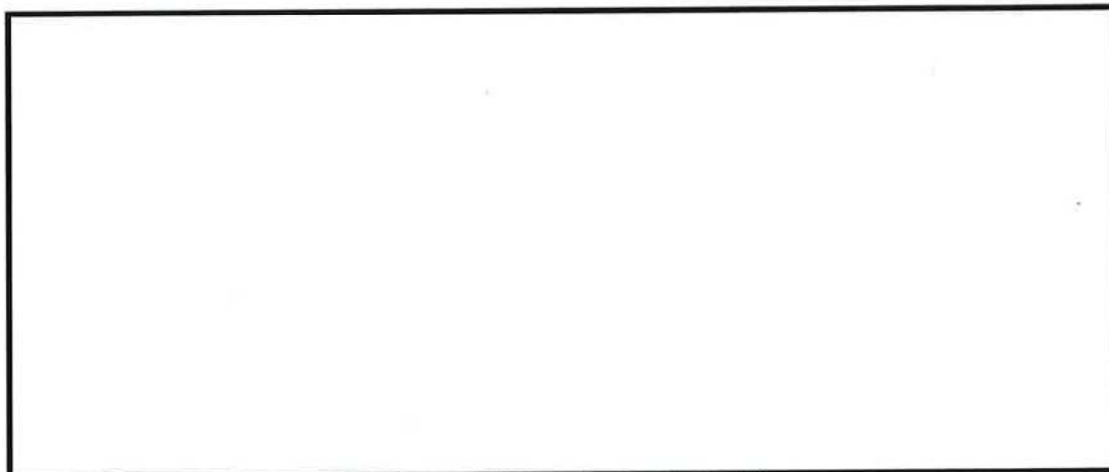
放水口側防潮堤より外側の津波遡上範囲に位置する物揚岸壁においては、燃料等輸送作業時に燃料輸送車両及び LLW 輸送車両が存在する。これに対して、津波時に「漂流物とならないこと」、「津波波力及び滑動により津波防護施設へ衝突しないこと」を確認しているが、発電所構外においてプラント影響の可能性のある津波を確認した場合は、より安全性を高めるために可能な範囲で津波が到達しない場所へ退避する方針としている。

これにならい、放水口側防潮堤及び取水路防潮ゲートより外側の津波遡上範囲に存在する燃料輸送車両及び LLW 輸送車両以外の車両については、津波時における漂流物の津波防護施設への影響を可能な限り低減することを目的に、燃料輸送車両及び LLW 輸送車両と同様に退避することとしており、以降にて、その成立性及び運用の詳細について検討を行った。

b. 退避運用の成立性について

(a) 基本方針

放水口側防潮堤及び取水路防潮ゲートより外側の津波遡上範囲（第 3-1-53 図の灰色部）は、原則駐車禁止とし、当該エリアへ入域する車両台数を可能な限り低減することとする。ただし、当該エリアに作業で入域する等の発電所運営上必要な場合（以下「作業車両」という。）、緊急時対応が必要な場合（以下「緊急車両」という。）を除くこととし、この場合においても運転手が近くにおり、直ちに車両を移動させることが可能なことを条件に停車可とする。

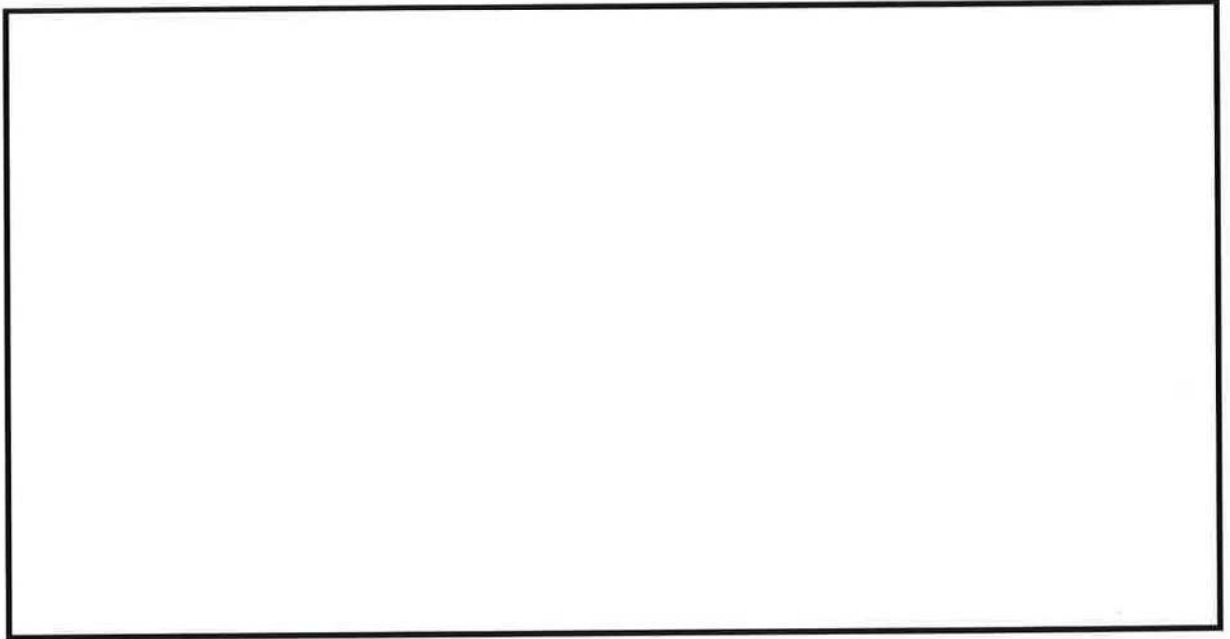


第 3-1-53 図 津波遡上範囲（灰色部）

(b) 基本方針を踏まえた退避運用の成立性について

イ. 退避場所

津波遡上範囲は、原則駐車禁止とするが、作業車両及び緊急車両は除くため、これらの車両に対する退避場所を以下の第 3-1-54 図のとおり選定する。放水口側防潮堤より外側の津波遡上範囲は、大きく図 2 の A～C のエリアとなるため、これらのエリアから最寄りの津波の影響を受けない場所を退避場所として選定し、エリア A に停車・通行している場合は①（高台）に、エリア B に停車・通行している場合は②（放水口側防潮堤の内側）に、エリア C に停車・通行している場合は③（高台）もしくは④（高台）へ退避することとする。また、取水路防潮ゲートより外側の津波遡上範囲は、図 2 の D のエリアとなるため、⑤（取水路防潮ゲートの内側）へ退避することとする。



第 3-1-54 図 車両退避場所

ロ. 退避手順及び退避運用の成立性

退避は、以下の①～④の 4 ステップで行う。合わせて各ステップに要する時間と根拠を示す。また、「車両退避フロー」及び「津居山地点への津波到達を起点とした場合の各ステップ完了までに要する時間」を第 3-1-55 図に、津居山地点への津波到達からの基準津波 3 及び基準津波 4 到達までの時系列を第 3-1-56 図に示す。

以下の評価結果より、津居山地点に津波が到達後、約 1 2 分で高浜発電所へ津波が到達するが、車両退避は、津居山地点に津波が到達後、約 9 分で可能であり、退避運用は成立することを確認している。なお、本評価においては、高浜発電所の放水口前面への津波到達をクライテリアとしているが、敷地への浸水（物揚岸壁への浸水）は、津居山地点に津波が到達後、約 2 1 分であり、余裕があることを確認している。

【車両退避に係る退避手順】

- ①構外の観測潮位において、「プラント影響の可能性のある津波」（津居山地点において は、1 0 分以内に 0. 5 m の上昇（もしくは下降）を確認した場合に、中央制御室において警報が発信する。（津居山地点の津波到達を起点とすると、約 4 分後）

②この時点で中央制御室から運転指令装置による構内一斉放送を行い、放水口側防潮堤より外側、かつ津波の影響を受ける場所にいる車両に対し、退避場所への退避を周知する。(津居山地点の津波到達を起点とすると、約5分後)

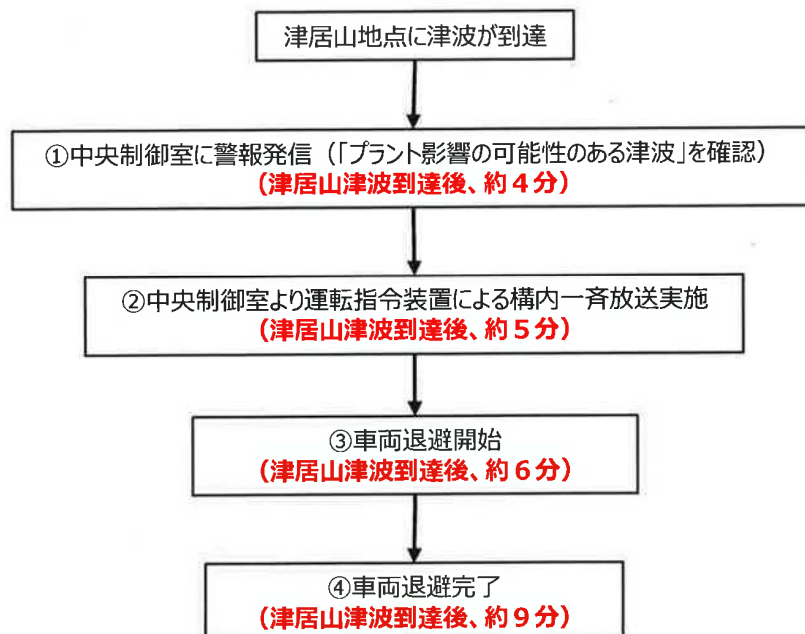
(時間根拠) 構内一斉放送に要する時間は多く見積もって30秒程度であるが、余裕を持たせ、約1分と算定

③中央制御室からの周知により作業車両及び緊急車両が退避を開始する。(津居山地点の津波到達を起点とすると、約6分後)

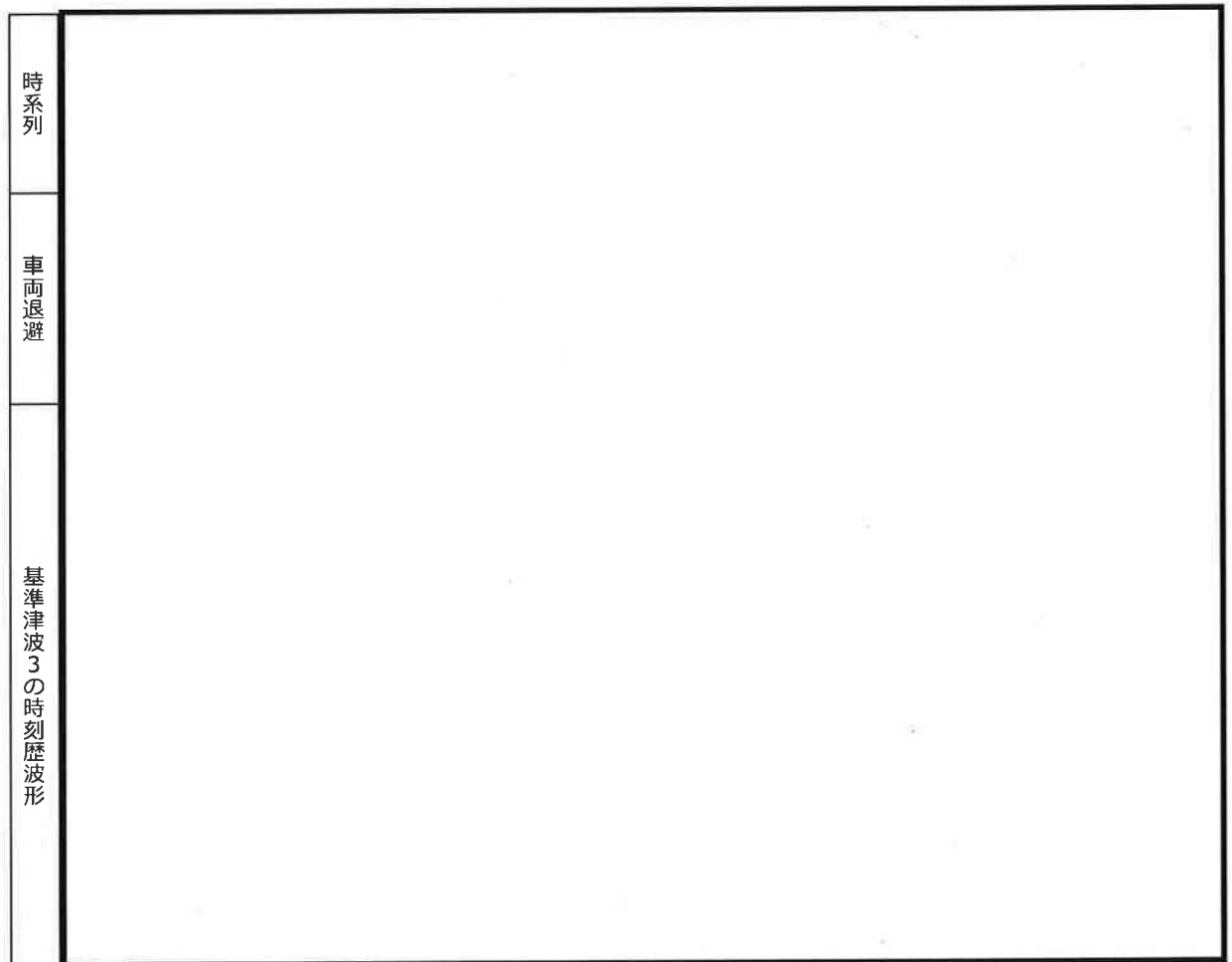
(時間根拠) 運転手が近くにおり、直ちに車両を移動させることが可能なことを条件に停車可としており、多く見積もっても約1分と算定

④車両が退避完了する。(津居山地点の津波到達を起点とすると、約9分後)

(時間根拠) 退避場所から最も遠い場所からの退避を想定しても距離は1km程度であるため、車両走行速度30km/h(500m/min)とすると、2分程度で退避可能であるが、余裕を持たせ約3分と算定



第3-1-55 図 車両退避フロー



経過時間については、
 0分 : 津居山津波到達後の経過時間
 (約31分/約24分) : 海底地すべり発生後の経過時間(基準津波3)/海底地すべり発生後の経過時間(基準津波4)

第 3-1-56 図 津居山地点への津波到達からの基準津波 3 及び基準津波 4 到達までの時系列

c. 退避手順及び退避場所に係る教育方法

新規入構者に対しては、入所時教育において、退避手順及び退避場所の教育を実施する。また、実際に放水口側防潮堤の外側、かつ津波の影響を受ける場所に入城する作業がある場合においては、安全作業指示書に退避に対する注意事項を明記した上で作業を実施することにより周知徹底を図る。

4.1 加振試験の条件について

4.1.1 概要

本資料は、潮位観測システム（防護用）である潮位計及び衛星電話（津波防護用）について、加振試験により電氣的機能の機能維持を確認する場合の試験条件について説明するものである。

4.1.2 加振条件の設定

(1) 潮位計のうち潮位検出器

加振試験では、まず、掃引試験により固有振動数を確認する。その後、固有振動数を基準に正弦波で加振する。

正弦波による加振においては、設備の取付位置での応答加速度以上となるよう加振試験の加速度を設定する。

加振試験においては水平方向、鉛直方向の2軸同時加振を実施する。

(2) 潮位計のうち監視モニタ

模擬地震波による加振試験では、基準地震動 S_s-1 から S_s-7 を包絡する地震力での加振試験を行い、機能が維持されることを確認する。

加振試験においては水平方向、鉛直方向の2軸同時加振を実施する。

(3) 衛星電話（津波防護用）のうち衛星電話機（津波防護用）

模擬地震波による加振試験では、基準地震動 S_s-1 から S_s-7 を包絡する地震力での加振試験を行い、機能が維持されることを確認する。

加振試験においては水平方向、鉛直方向の2軸同時加振を実施する。

(4) 衛星電話（津波防護用）のうち中央制御室用衛星設備収容架（津波防護用）

模擬地震波による加振試験では、基準地震動 S_s-1 から S_s-7 を包絡する地震力での加振試験を行い、機能が維持されることを確認する。

加振試験においては水平方向、鉛直方向の2軸同時加振を実施する。

(5) 衛星電話（津波防護用）のうち中央制御室用衛星電話用アンテナ（津波防護用）

模擬地震波による加振試験では、基準地震動 S_s-1 から S_s-7 を包絡する地震力での加振試験を行い、機能が維持されることを確認する。

加振試験においては水平方向、鉛直方向の2軸同時加振を実施する。

4.1.3 判断基準の設定

潮位観測システム（防護用）に係る器具等のように電氣的機能維持が要求される電気計装設備の機能維持については、原則として地震時の応答加速度が各々の器具等に対する振動試験により得られた加速度以下であること、または器具等が取り付けされた盤等の解析により、器具の取り付けられた位置での応答加速度が振動試験により得られた加速度以下であることを確認する。

4.1.4 加振試験の詳細

(1) 潮位計

a. 加振条件

第4-1-1表 潮位検出器の加振条件

試験体（設置箇所）	振動波形	方向	加速度
潮位検出器 （1号機海水ポンプ室及 び2号機海水ポンプ室）	正弦波	水平、鉛直	水平 10.81G 鉛直 10.88G
潮位検出器 （3, 4号機 海水ポンプ室）	正弦波	水平、鉛直	水平 8.40G 鉛直 3.81G

第4-1-2表 監視モニタの加振条件

試験体	振動波形	方向	加速度
監視モニタ （1号及び2号機中央 制御室）	時刻暦波	水平、鉛直	水平 2.64G 鉛直 1.16G
監視モニタ （3号及び4号機中央 制御室）	時刻暦波	水平、鉛直	水平 2.61G 鉛直 1.16G

第4-1-3表 衛星電話機（津波防護用）の加振条件

試験体	振動波形	方向	加速度
衛星電話機 （津波防護用）	時刻暦波	水平、鉛直	水平 3.09G 鉛直 1.89G

第4-1-4表 中央制御室用衛星設備収容架（津波防護用）の加振条件

試験体	振動波形	方向	加速度
中央制御室用衛星設備 収容架（津波防護用）	時刻暦波	水平、鉛直	水平 2.05G 鉛直 0.99G

第4-1-5表 中央制御室用衛星電話用アンテナ（津波防護用）の加振条件

試験体	振動波形	方向	加速度
中央制御室用衛星電話用アンテナ（津波防護用）	時刻暦波	水平、鉛直	水平 4.80G 鉛直 1.71G

b. 加振試験の評価方法と判定基準

第4-1-6表 潮位検出器の加振試験の判定基準

部 材	評価・確認方法	判定基準
潮位検出器	加振試験後において、外観点検及び入出力試験を実施する。	<ul style="list-style-type: none"> ・変形や割れ、破損がないこと。 ・計器精度以内に調整可能なこと。

第4-1-7表 監視モニタの加振条件

部 材	評価・確認方法	判定基準
監視モニタ	加振試験後、外観及び動作、画像の状態確認を実施する。	外観及び動作、画像の状態に異常がないこと。

第4-1-8表 衛星電話機（津波防護用）の加振条件

部 材	評価・確認方法	判定基準
衛星電話機（津波防護用）	加振試験後に電氣的機能が維持されていることを通信試験により確認する。	通信に異常がないこと。

第4-1-9表 中央制御室用衛星設備収容架（津波防護用）の加振条件

部 材	評価・確認方法	判定基準
中央制御室用衛星設備収容架（津波防護用）	加振試験後に電氣的機能が維持されていることを通信試験により確認する。	衛星電話機により通信に異常がないこと。

第 4-1-10 表 中央制御室用衛星電話用アンテナ（津波防護用）の加振条件

部 材	評価・確認方法	判定基準
中央制御室用衛星電話用アンテナ（津波防護用）	加振試験後に電氣的機能が維持されていることを通信試験により確認する。	衛星電話機により通信に異常がないこと。

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

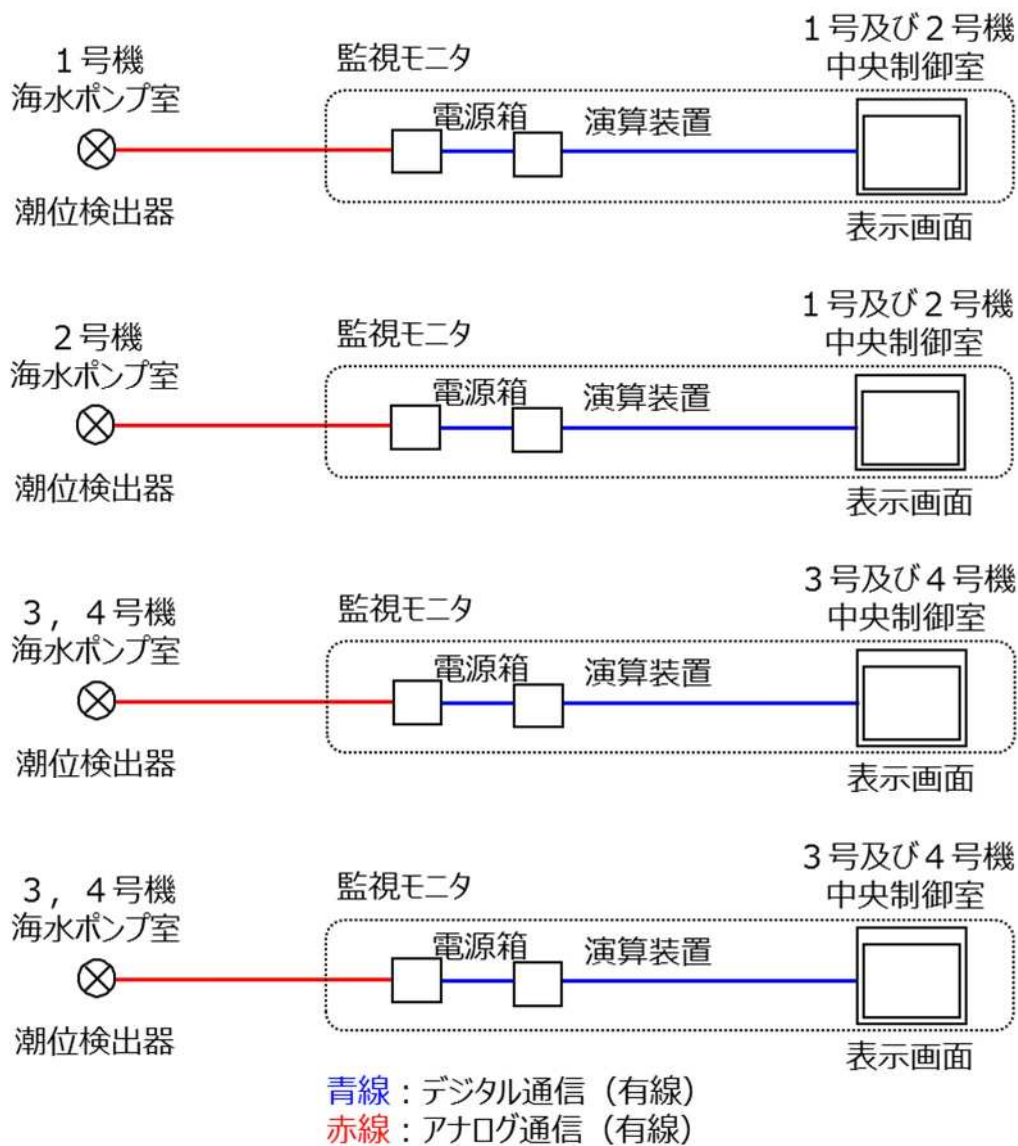
本資料は、潮位観測システム（防護用）の中央制御室での監視機能及び非常用所内電源からの給電を説明するものである。

潮位観測システム（防護用）の電源系は、それぞれに独立した系統により多重化した設計とする。また、電源系は、安全系の電源より電源供給することで外部電源喪失時にも潮位観測及び当直課長間の連携を可能とすることから、単一故障に対して津波防護機能を喪失しない設計とする。

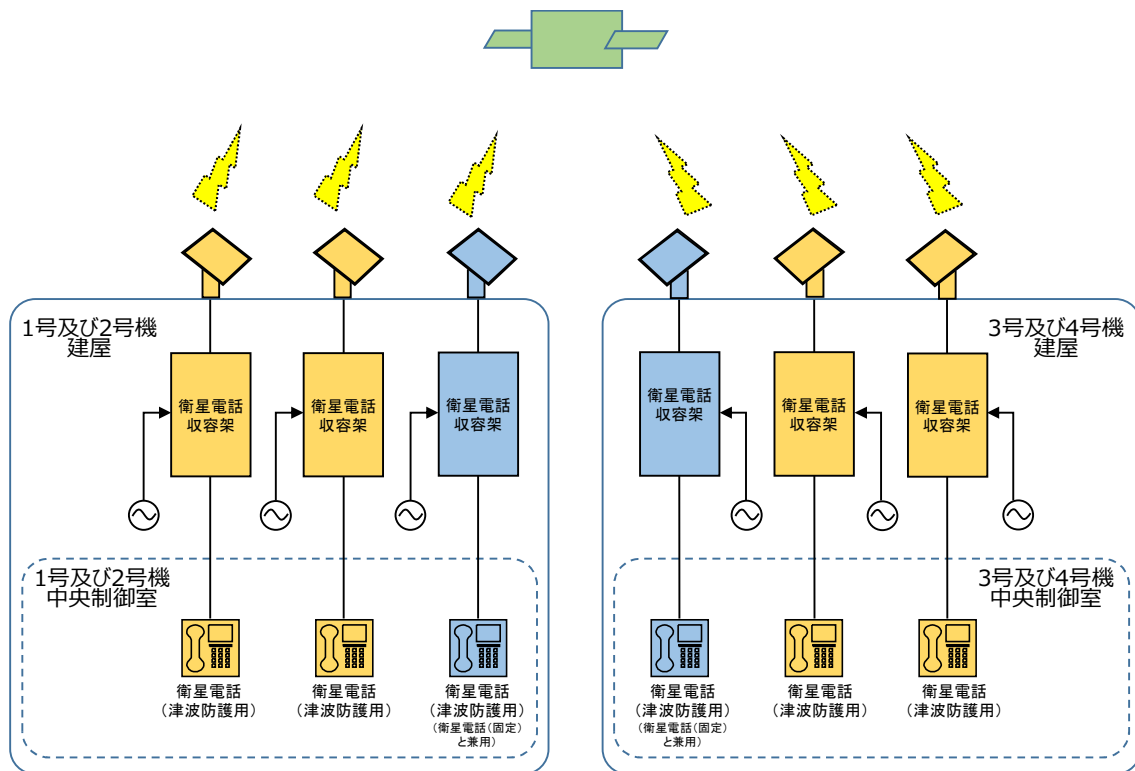
潮位観測システム（防護用）のうち潮位計の概略構成図を第 4-2-1 図に、衛星電話（津波防護用）の概略構成図を第 4-2-2 図に示す。

潮位観測システム（防護用）の概略電源系統図を第 4-2-3 図に示す。

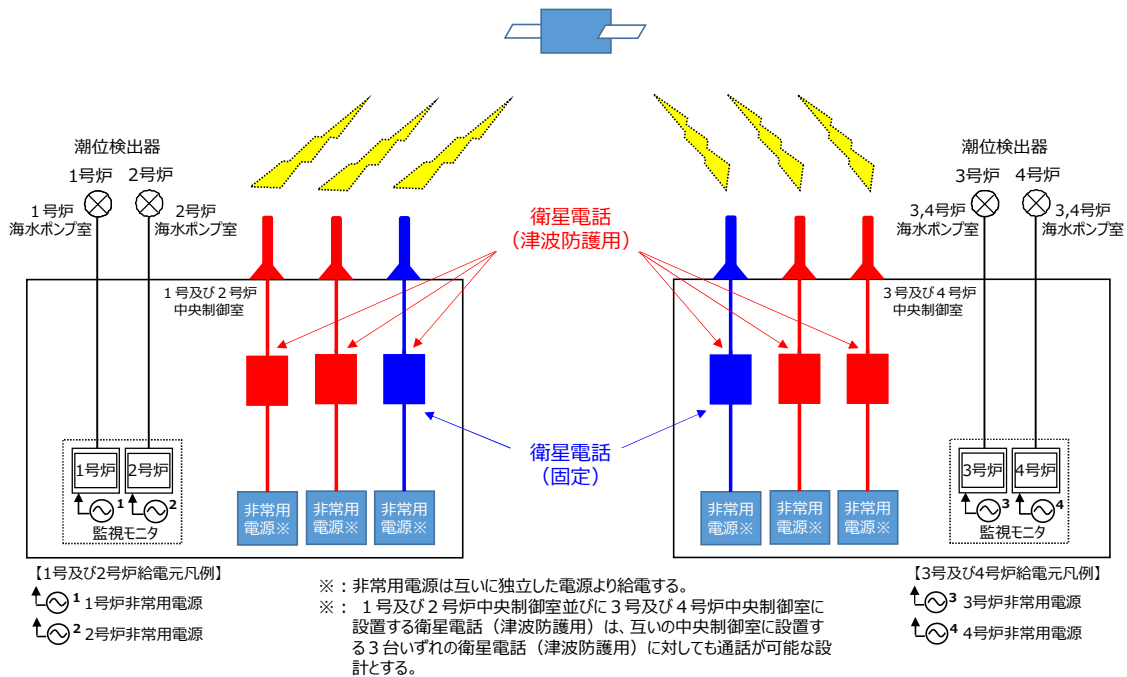
潮位観測システム（防護用）のうち監視モニタの機能を第 4-2-1 表に示す。



第 4-2-1 図 潮位計の概略構成図



第4-2-2図 衛星電話（津波防護用）の概略構成図



第4-2-3図 潮位観測システム（防護用）の概略電源系統図

機能	機能及び無線経路の概要
演算処理	潮位検出器からの信号を演算し、観測潮位のデジタル値及びトレンドグラフのデータ信号を監視モニタへ送信する。また、10分以内に0.5m以上下降、又は上昇したことを検知し、警報信号を監視モニタへ送信する。
画面表示	演算装置より映像信号を受信しデジタル値及びトレンドグラフを画面表示する。演算装置から有線を分岐し、一方は送受信ユニット*を用いた無線を介して、他号炉の中央制御室に設置する監視モニタにデータ送信され、同様に画面表示する。
警報発信	演算装置より警報信号を受信し警報音の発報及び警報を画面表示する。無線経路は上記と同様。

※：送受信ユニットを用いた信号伝送にかかる技術設計については、電波法及び無線設備規則に準じた設計としており、それぞれの送受信ユニット間におけるデータ伝送が互いに電波干渉しないよう、それぞれの送受信ユニットが使用する周波数帯を互いに異なる設計とする。具体的には、無線設備規則第四十九条の二十四号ハに、無線チャンネルは、最小の単位無線チャンネルを20MHzの整数倍として、複数のチャンネルで構成することを規定しており、20MHz毎にチャンネルを設定可能である。今回設置する送受信ユニットは、電波干渉を防止するため、最小の単位無線チャンネルの3倍にあたる60MHz間隔おきに、それぞれの送受信ユニットが使用する周波数帯を設定する。

第4-2-1表 監視モニタの機能

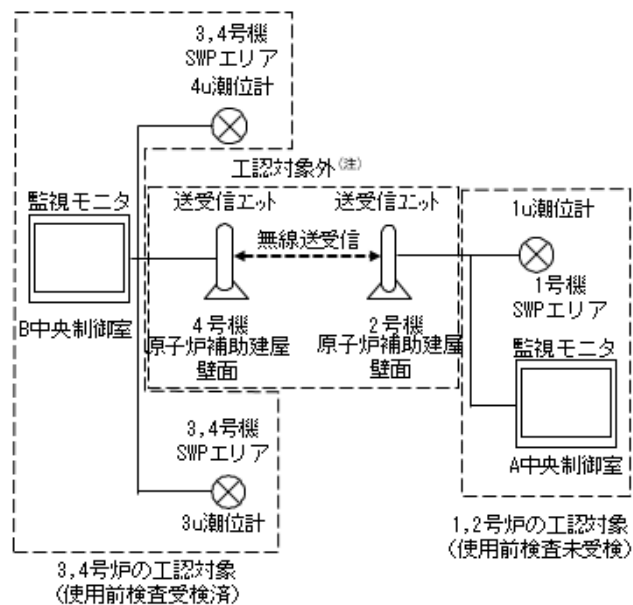
5.1 潮位観測システム（防護用）の設計に関する補足資料

5.1.1 潮位観測システム（防護用）の概要

(1) 既許可における潮位計の位置づけ

本資料は、潮位観測システム（防護用）の設計について説明するものである。

既認可における津波監視設備としての潮位計（1号機及び2号機共用設備）は、上昇側及び下降側の津波高さを計測できるように、T.P.約-9.9m～T.P.約+6.6mを測定範囲とし、1号及び2号機中央制御室にて監視可能な設計としている。潮位計（3号機及び4号機共用設備）は、T.P.約-4.0m～T.P.約+4.0mを測定範囲とし、3号及び4号機中央制御室にて監視可能な設計としている。既認可の潮位計の設備構成を第5-1-1図に示す。



第5-1-1図 既許可の潮位計の設備構成

(2) 今回の対応を踏まえた設備の位置づけ

今回の対応では、構内の潮位観測システムである潮位計及び構内の通信連絡設備のうち中央制御室に設置している衛星電話（固定）の一部を活用し、取水路防潮ゲートの閉止判断に活用する潮位計及び衛星電話（津波防護用）を「潮位観測システム（防護用）」と設定している。潮位観測システム（防護用）は、取水路防潮ゲートの閉止を判断することから、津波防護機能を直接的に有する津波防護施設と位置付ける。

(3) 潮位観測システム（防護用）のうち潮位計の仕様

潮位計は、潮位検出器、電源箱、演算装置、監視モニタ及び有線電路（電源系

含む)で構成しており、この構成を第5-1-2図に示す。なお、電源箱及び演算装置は、監視モニタの盤内機器であり、監視モニタの機能を実現する構成部品である。

潮位計は、取水路防潮ゲートを閉止するために、津波の襲来を海水ポンプ室において確認し、かつ、潮位の有意な変動を1号及び2号機中央制御室並びに3号及び4号機中央制御室において把握するために用いる。

潮位計は、取水路防潮ゲートと同等の設計にすることから多重化(2台目)し、またこれに加えて信頼性向上を図る(試験可能性や単一故障を考慮する)設計(3台目)とし、単一故障を想定しても動作を保証する設備数(3チャンネル)を所要チャンネルとする。ただし、実運用を考慮し、運用性の更なる向上のため、予備の潮位計を1台追加することから、2号炉にも1台追加し、4台構成とする。潮位計の仕様を第5-1-1表に示す。

なお、4台の潮位計のうち、1号機海水ポンプ室及び2号機海水ポンプ室に設置している潮位計は、1号及び2号機中央制御室の監視モニタに表示され、3、4号機海水ポンプ室に設置している潮位計は、3号及び4号機中央制御室の監視モニタに表示される。このため、1号及び2号機当直課長と3号及び4号機当直課長は、衛星電話(津波防護用)を用いて連携し、他方の中央制御室の当直課長へ警報発信したことを報告する。

また、いずれの潮位計でも施設影響が生じるケースを漏れなく確認でき、2チャンネルによる検知がどのような組み合わせでも、取水路防潮ゲート閉止判断に差異を生じないものとすることを確認している。よって、閉止判断に用いる潮位計は4台中3台の機能が健全であれば良く、予備は固定しない。

(4) 津波監視設備のうち潮位計の仕様

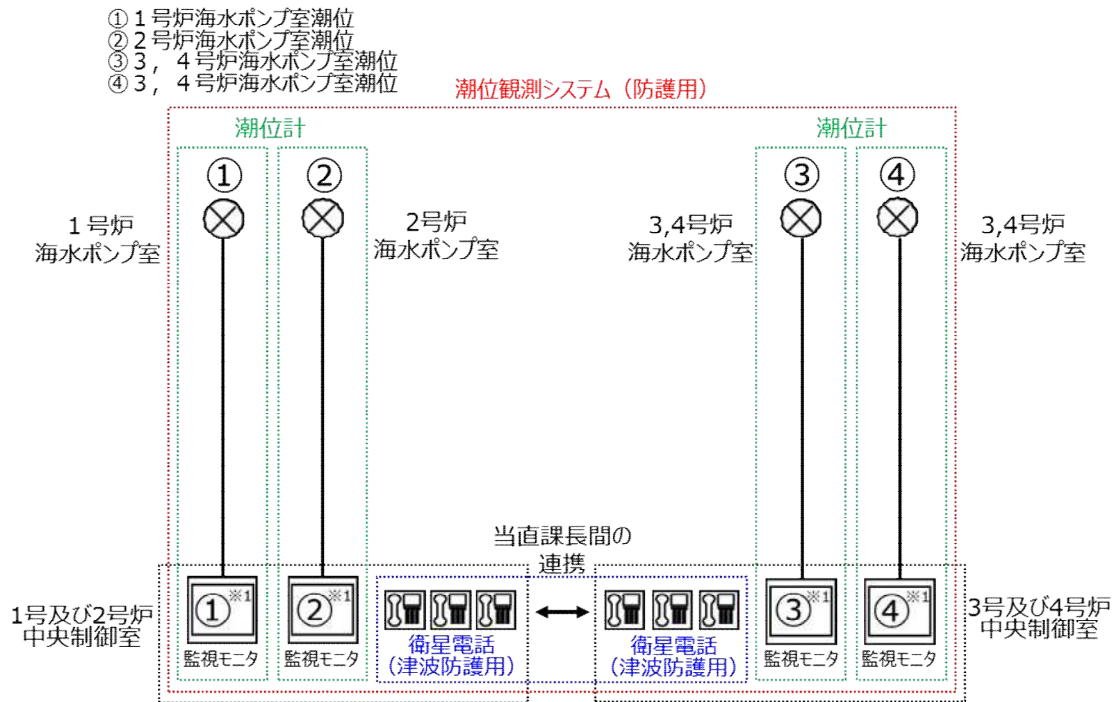
既許可の潮位計は、津波高さ計測を目的とした「津波監視設備」としての機能に変更はない。ただし、2号機海水ポンプ室に設置する潮位計の追加並びに3号機及び4号機潮位モニタを分離する設計とする。この設備構成を第5-1-2図に示す。

(5) 潮位観測システム(防護用)のうち衛星電話(津波防護用)の仕様

取水路防潮ゲートの閉止判断の際に、1号及び2号機当直課長と3号及び4号機当直課長の連携により使用する通信連絡設備には、衛星電話(津波防護用)を用いる。この構成を第5-1-2図に、仕様を第5-1-2表に示す。

衛星電話(津波防護用)は、MS-1設備である取水路防潮ゲートと同等の設計にすることから多重化(2台目)し、またこれに加えて信頼性向上を図る(試験可能性を考慮する)設計(3台目)とし、単一故障を想定しても動作を保証する設備数(2台)を所要チャンネルとする。衛星電話(津波防護用)は、1号及

び2号機中央制御室に3台、3号及び4号機中央制御室に3台設置する。



第5-1-2図 潮位観測システム（防護用）の構成図

第5-1-1表 潮位計の仕様

名称	主要 構成品	個 数	設置場所	種類	測定範囲
1号機 潮位計	潮位 検出器	1	1号機海水ポンプ室	非接触式検出器	E. L. -9.9m ～ E. L. +6.6m
	監視 モニタ	1	1, 2号機中央制御室	監視モニタ	—
2号機 潮位計	潮位 検出器	1	2号機海水ポンプ室	非接触式検出器	E. L. -9.9m ～ E. L. +6.6m
	監視 モニタ	1	1, 2機炉中央制御室	監視モニタ	—
3号機 潮位計	潮位 検出器	1	3, 4機炉海水ポンプ室	非接触式検出器	E. L. -4.0m ～ E. L. +4.0m
	監視 モニタ	1	3, 4機炉中央制御室	監視モニタ	—
4号機 潮位計	潮位 検出器	1	3, 4機炉海水ポンプ室	非接触式検出器	E. L. -4.0m ～ E. L. +4.0m
	監視 モニタ	1	3, 4機炉中央制御室	監視モニタ	—

第5-1-2表 衛星電話（津波防護用）の仕様

名称	設置場所	通信回線	台数
衛星電話 （津波防護用）	1号および2号機中央制御室	衛星系回線	3台※
	3号および4号機中央制御室	衛星系回線	3台※

※：3台のうち1台は衛星電話（固定）と兼用

5.1.2 潮位観測システム（防護用）の設計方針

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が襲来した場合に、その影響を防止する重要安全施設である取水路防潮ゲートを閉止するために、潮位観測システム（防護用）を設置する。潮位観測システム（防護用）は、潮位検出器、監視モニタ（データ演算機能及び警報発信機能を有し、電源設備及びデータ伝送設備を含む。）及び有線電路で構成される潮位計、衛星電話（津波防護用）（アンテナ及び有線電路を含む。）により構成され、取水路防潮ゲートの閉止判断基準を確認するために用いる、津波防護施設かつ重要安全施設（取水路防潮ゲート（MS-1）と同等）である。

潮位観測システム（防護用）は、基準地震動に対して、機能を喪失しない設計とする。また、各号炉の海水ポンプ室前面の入力津波高さ（1号機：T.P. +2.6m、2号機：T.P. +2.6m、3号及び4号機：T.P. +2.9m）に対して波力及び漂流物の影響を受けない位置に設置し、津波防護機能が十分に保持できる設計とする。設計に当たっては、自然条件（積雪、風荷重等）との組合せを適切に考慮する。

潮位観測システム（防護用）のうち、潮位計は、1号及び2号機中央制御室並びに3号及び4号機中央制御室において、「観測潮位が10分以内に0.5m以上下降、又は上昇した時点」で警報発信し、その後、「観測潮位が最低潮位から10分以内に0.5m以上上昇、又は最高潮位から10分以内に0.5m以上下降した時点」で警報発信する設計とする。また、1号及び2号機当直課長と3号及び4号機当直課長は、1号及び2号機中央制御室並びに3号及び4号機中央制御室において潮位観測システム（防護用）のうち、衛星電話（津波防護用）を用いて連携することにより、取水路防潮ゲートの閉止判断基準を確認できる設計とする。なお、潮位計は4台設置し、このうち1台を予備とし、衛星電話（津波防護用）は1号及び2号機中央制御室並びに3号及び4号機中央制御室に各々3台設置し、このうち各々1台を予備とする。また、1号及び2号機中央制御室並びに3号及び4号炉機中央制御室に設置する衛星電話（津波防護用）は、互いの中央制御室に設置する3台いずれの衛星電話（津波防護用）に対しても通話が可能な設計とする。

潮位観測システム（防護用）は、以下の方針で設計する。

- (1) 潮位観測システム（防護用）のうち潮位計は、単一故障した場合において、津波防護機能を喪失しないよう1号、2号、3号及び4号機共用の4チャンネル構成とし、多重性を確保する設計とする。衛星電話（津波防護用）は、津波防護機能を喪失しないよう、1号、2号、3号及び4号機共用とし、1号及び2号機中央制御室に3台、3号及び4号機中央制御室に3台設置し、多重性を確保する設計とする。また、潮位観測システム（防護用）に必要な電源系もそれぞれに独立した系統により多重化した設計とする。また、電源系は、安全系の

電源より電源供給することで外部電源喪失時にも潮位観測及び当直課長間の連携を可能とすることから、単一故障に対して津波防護機能を喪失しない設計とする。

潮位観測システム（防護用）のうち潮位計は、取水路防潮ゲートと同等の設計にすることから多重化（2台目）し、またこれに加えて信頼性向上を図る（試験可能性や単一故障を考慮する）設計（3台目）とし、単一故障を想定しても動作を保証する設備数（3チャンネル）を所要チャンネルとする。ただし、実運用を考慮し、運用性の更なる向上のため、予備の潮位計を1台追加し、4台構成とする。なお、いずれの潮位計でも施設影響が生じるケースを漏れなく確認でき、2チャンネルによる検知がどのような組み合わせでも、取水路防潮ゲート閉止判断に差異は生じないことから、閉止判断に用いる潮位計は固定せず、2台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以上上昇した時点、又は、2台の観測潮位がいずれも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以上下降したことを確認した時点で取水路防潮ゲートを閉止する。

衛星電話（津波防護用）は、MS-1設備である取水路防潮ゲートと同等の設計にすることから、1号及び2号機中央制御室並びに3号及び4号機中央制御室のそれぞれにおいて、多重化（2台目）し、またこれに加えて信頼性向上を図る（試験可能性を考慮する）設計（3台目）とし、単一故障を想定しても動作を保証する設備数（2台）を所要チャンネルとする。

- (2) 潮位計は、チャンネル相互を分離し、それぞれのチャンネル間において独立性を確保する設計とする。衛星電話（津波防護用）は、1号及び2号機中央制御室に3台、3号及び4号機中央制御室に3台を、互いに分離して設置することで独立性を確保する設計とする。
- (3) 潮位観測システム（防護用）への給電には、難燃性ケーブルを使用し、電源系を独立させ、内部火災等の影響を受けない設計とする。また、潮位観測システム（防護用）の電源は、十分な厚さのコンクリート壁で防護し、竜巻、外部火災等自然現象による影響を受けない設計とする。
- (4) 基準地震動 S_s に対して、潮位観測システム（防護用）の機能を喪失しない設計とする。
- (5) 原子炉の運転中又は停止中に潮位観測システム（防護用）の試験又は検査が可能な設計とする。

(6) 潮位観測システム（防護用）のうち潮位計は、単一故障した場合において、津波防護機能を喪失しないよう1号、2号、3号及び4号機共潮位観測システム（防護用）と蒸気タービン、ポンプ等とは距離による離隔がなされていることから飛来物による影響は及ぶことはない設計としている。蒸気タービン及び発電機は、破損防止対策を行なうことにより、破損事故の発生確率を低くするとともに、タービンミサイルの発生を仮に想定しても安全機能を有する構築物、系統及び機器への到達確率を低くすることによって、発電用原子炉施設の安全性を損なうことのない設計とする。

(7) 重要安全施設に該当する潮位観測システム（防護用）は、観測場所を1号機海水ポンプ室、2号機海水ポンプ室及び3、4号機海水ポンプ室に分散し、複数の場所で潮位観測を行うこと、並びに1号、2号、3号及び4号機で共用することで取水路全体の潮位観測ができる設計とすることから、2以上の原子炉施設の安全性が向上するため、取水路防潮ゲートと同様に全共用とする。

なお、潮位検出器、監視モニタ等からなる潮位計の4つのチャンネルは独立した系統とし、多重性を持たせることで、各々の潮位計の間で相互に接続しないものとし、基準津波に対して安全機能を損なうおそれがないように設計する。

また、衛星電話（津波防護用）は、1号及び2号機中央制御室に3台、3号及び4号機中央制御室に3台を、互いに分離して設置することで独立性を確保し、基準津波に対して安全機能を損なうおそれがないように設計する。

潮位観測システム（防護用）の設置位置を第5-1-3図に示す。



3、4号炉海水ポンプ室 1号炉海水ポンプ室 2号炉海水ポンプ室
 潮位計：2台 潮位計：1台 潮位計：1台

第5-1-3図 潮位観測システム（防護用）の構成図

5.1.3 潮位観測システム（防護用）のシステム構成及び津波襲来判断の成立性

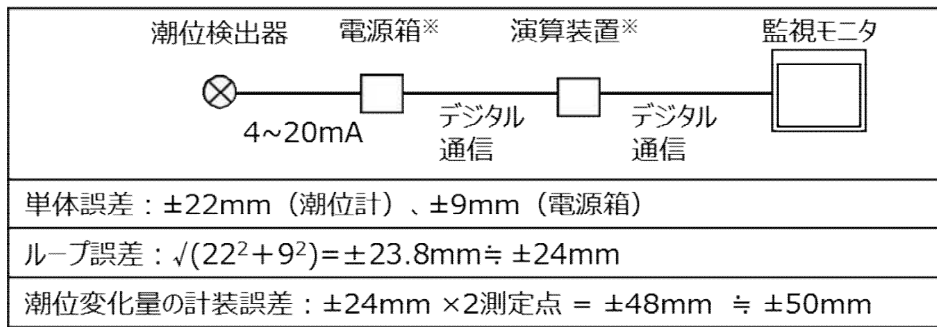
今回の対策においては、潮位観測システム（防護用）のうち、2台の潮位計の観測潮位がいずれも10分以内に0.5m以上下降し、その後、最低潮位から10分以内に0.5m以上上昇すること、又は10分以内に0.5m以上上昇し、その後、最高潮位から10分以内に0.5m以上下降することを取水路防潮ゲートの閉止判断基準（トリガー）とすることから、10分以内の潮位変動を確実に捉える必要があり、これについて説明する。

潮位観測システム（防護用）のうち潮位計は第5-1-4図に示すシステム構成であり、潮位計のサンプリング周期は約3秒である。潮位計の信号については演算装置において計測時点（ t ）からその10分前（ $t-10$ ）の間における潮位を3秒おきに収集・演算し、その間の最大潮位と最小潮位の差（潮位変化量）が0.5mに達した時点で監視モニタに警報発信する（第5-1-5図参照）。この仕組みにより、短時間で潮位の上げ又は下げの変動を繰り返したとしても、10分以内に ± 0.5 mの潮位変動を確実に検知することが可能である。

この警報が発信した時点で、1号及び2号機運転員並びに3号及び4号機運転員が、監視モニタで集中監視する体制を構築するため、それ以降の監視モニタにおける潮位の目視確認により、速やかに取水路防潮ゲートの閉止判断基準（トリガー）を確認することが可能である。

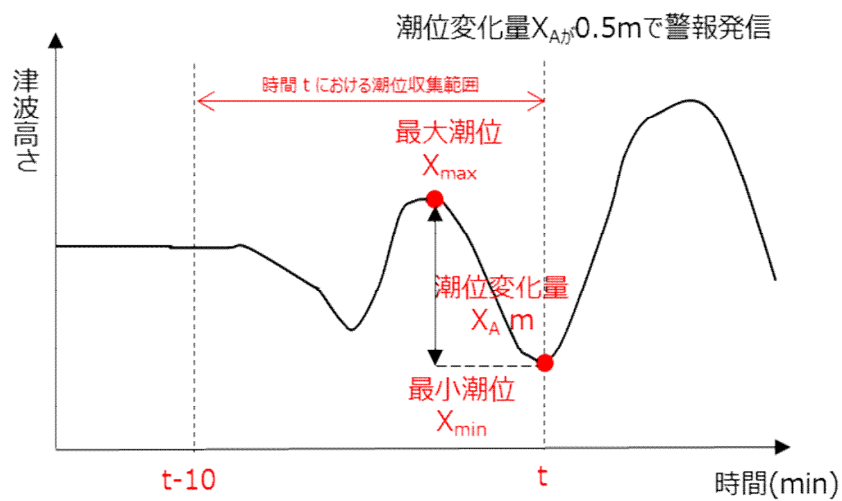
また、10分以内の ± 0.5 mの潮位変動後、最大潮位又は最小潮位に達した時点から10分以内に、潮位変化量が0.5mに達した時点で、その潮位計の監視モニタに警報発信する（第5-1-6図参照）。

なお、各潮位計の故障時の表示は「レンジの下限値以下に振り切り」となり、この時点で警報発信するため、運転員は故障の有無についても確認が可能である。

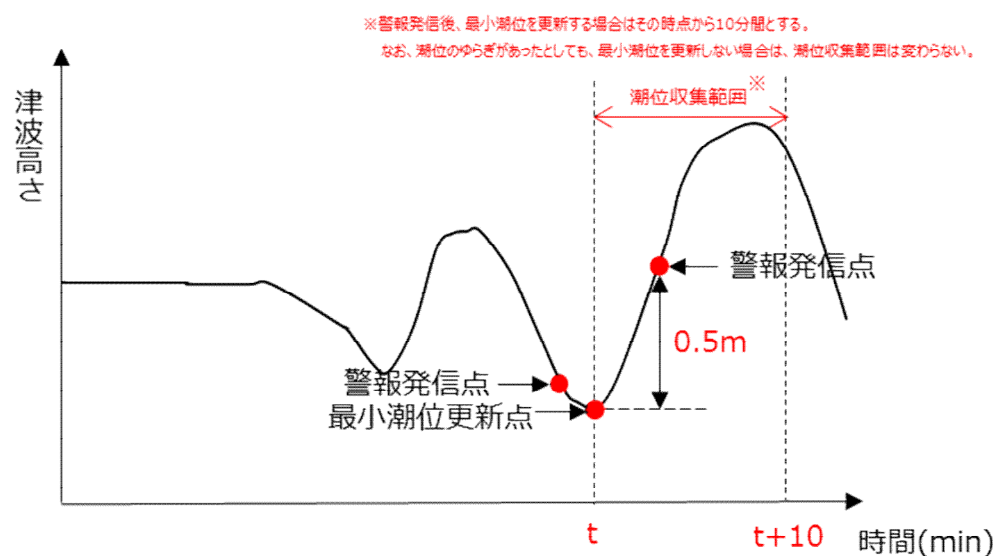


※電源箱及び演算装置は監視モニタの盤内機器であり監視モニタの一部である。

第5-1-4図 潮位計のシステム構成図及び計装誤差の考え方



第5-1-5図 潮位変化量の算出方法



第5-1-6図 警報発信の考え方