

本資料のうち、枠囲みの内容は営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	補足-60 改0

工事計画に係る補足説明資料

補足-60 【津波への配慮及び水密扉の計算書に関する説明書】

平成 30 年 10 月

日本原子力発電株式会社

添付書類に係る補足説明資料

「津波への配慮に関する説明書」に係る添付書類の記載内容を補足するための説明資料を以下に示す。

工認添付書類	補足説明資料
V-1-1-2-2 津波への配慮に関する説明書	補足-60-1 津波への配慮に関する説明書
V-2-10-2-8 水密扉の耐震性についての計算書 V-3-別添 3-2-7 水密扉の強度計算書	補足-60-2 水密扉の強度及び耐震性に関する説明書の補足説明資料

補足-60-1 【津波への配慮に関する説明書】

目 次

1. 入力津波の評価
 - 1.1 潮位観測記録の考え方について
 - 1.2 遡上・浸水域の評価の考え方について
 - 1.3 港湾内の局所的な海面の励起について
 - 1.4 津波シミュレーションにおける解析モデルについて
 - 1.5 入力津波のパラメータスタディの考慮について
 - 1.6 SA用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討
2. 津波防護対象設備
 - 2.1 津波防護対象設備の選定及び配置について
3. 取水性に関する考慮事項
 - 3.1 砂移動による影響確認について
 - 3.2 海水ポンプの波力に対する強度評価について
 - 3.3 除塵装置の取水性の影響について
4. 漂流物に関する考慮事項
 - 4.1 設計に用いる遡上波の流速について
 - 4.2 漂流物による影響確認について
 - 4.3 漂流物荷重について
5. 設計における考慮事項
 - 5.1 地震と津波の組合せで考慮する荷重について
 - 5.2 耐津波設計における現場確認プロセスについて
 - 5.3 強度計算に用いた規格・基準について
 - 5.4 津波波力の選定に用いた規格・基準類の適用性について
 - 5.5 津波防護施設のアンカーボルトの設計について
 - 5.6 浸水量評価について
 - 5.7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について
 - 5.8 浸水防護に関する施設の機能設計・構造設計に係る許容限界について
 - 5.9 浸水防護施設の強度計算における津波荷重、余震荷重及び漂流物荷重の組合せについて
 - 5.10 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について
 - 5.10.1 概要
 - 5.10.2 防潮堤（鋼製防護壁）
 - 5.10.3 防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）
 - 5.10.4 防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア））
 - 5.10.5 防潮堤（鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁）
 - 5.10.6 貯留堰及び貯留堰取付護岸
 - 5.10.7 防潮扉
 - 5.10.8 構内排水路逆流防止設備
 - 5.11 浸水防護施設の評価における衝突荷重、風荷重及び積雪荷重について

- 5.12 スロッシングによる貯留堰貯水量に対する影響評価について
- 5.13 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁シール材について
 - 5.13.1 防潮堤止水ジョイント部材について
 - 5.13.2 鋼製防護壁シール材について
- 5.14 東海発電所の取放水路の埋戻の施工管理要領について
- 5.15 地殻変動後の津波襲来時における海水ポンプの取水性への影響について
- 5.16 強度計算における津波時及び重畳時の荷重作用状況について
- 5.17 津波に対する止水性能を有する施設の評価について
- 5.18 津波荷重の算出における高潮の考慮について
- 5.19 許容応力度法における許容限界について
- 5.20 津波防護施設の耐震評価における追加検討ケースの選定について
- 5.21 浸水防護設備のシール構造について
- 6. 浸水防護施設に関する補足資料
 - 6.1 鋼製防護壁に関する補足説明
 - 6.1.1 鋼製防護壁の設計に関する補足説明
 - 6.1.1.1 鋼製防護壁の耐震計算書に関する補足説明
 - 6.1.1.2 鋼製防護壁の強度計算書に関する補足説明
 - 6.1.2 鋼製防護壁アンカーに関する補足説明
 - 6.1.3 止水機構に関する補足説明
 - 6.2 鉄筋コンクリート防潮壁に関する補足説明
 - 6.2.1 鉄筋コンクリート防潮壁の設計に関する補足説明
 - 6.2.1.1 鉄筋コンクリート防潮壁の耐震計算書に関する補足説明資料
 - 6.2.1.2 鉄筋コンクリート防潮壁の強度計算書に関する補足説明資料
 - 6.2.2 フラップゲートに関する補足説明
 - 6.3 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）に関する補足説明
 - 6.3.1 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の設計に関する補足説明
 - 6.3.1.1 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の耐震計算書に関する補足説明
 - 6.3.1.2 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の強度計算書に関する補足説明
 - 6.4 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁に関する補足説明
 - 6.4.1 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の設計に関する補足説明
 - 6.4.1.1 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の耐震計算書に関する補足説明
 - 6.4.1.2 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の強度計算書に関する補足説明
 - 6.5 防潮扉に関する補足説明
 - 6.5.1 防潮扉の設計に関する補足説明
 - 6.5.1.1 防潮扉の耐震計算書に関する補足説明
 - 6.5.1.2 防潮扉の強度計算書に関する補足説明
 - 6.6 放水路ゲートに関する補足説明
 - 6.6.1 放水路ゲートの設計に関する補足説明

- 6.7 構内排水路逆流防止設備に関する補足説明
 - 6.7.1 構内排水路逆流防止設備の設計に関する補足説明
 - 6.7.2 構内排水路逆流防止設備の耐震計算書に関する補足説明
 - 6.7.3 構内排水路逆流防止設備の強度計算書に関する補足説明
- 6.8 貯留堰に関する補足説明
 - 6.8.1 貯留堰の設計に関する補足説明
 - 6.8.1.1 貯留堰の耐震計算書に関する補足説明
 - 6.8.1.2 貯留堰の強度計算書に関する補足説明
 - 6.8.2 貯留堰取付護岸に関する補足説明
- 6.9 浸水防護設備に関する補足説明
 - 6.9.1 浸水防止蓋，水密ハッチ，水密扉，逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明
 - 6.9.2 逆止弁を構成する各部材の評価及び機能維持の確認方法について
 - 6.9.3 津波荷重（突き上げ）の強度評価における鉛直方向荷重の考え方について
- 6.10 津波監視設備に関する補足説明
 - 6.10.1 津波・構内監視カメラの設計に関する補足説明
 - 6.10.2 取水ピット水位計及び潮位計の設計に関する補足説明
 - 6.10.3 加振試験の条件について
 - 6.10.4 津波監視設備の設備構成及び電源構成について
- 6.11 耐震計算における材料物性値のばらつきの影響に関する補足説明
- 6.12 止水ジョイント部の相対変位量に関する補足説明
- 6.13 止水ジョイント部の漂流物対策に関する補足説明
- 6.14 杭－地盤相互作用バネの設定について

1.1 潮位観測記録の考え方について

1.1.1 潮位のばらつきに関する評価

(1) 潮位観測記録の検討

基準津波の策定において使用した朔望平均潮位は、(財)日本気象協会が発行した「茨城港日立港区」の潮位表(2004年～2009年)に基づいている。表1.1-1に基準津波の策定で使用した朔望平均潮位を示す。

表 1.1-1 基準津波の策定で使用した朔望平均潮位

	基準津波の策定で使用した朔望平均潮位
朔望平均満潮位	T.P. +0.61m
朔望平均干潮位	T.P. -0.81m

設定した潮位のばらつき等を把握するために、基準津波の策定で使用した朔望平均潮位のもとになっている観測地点「茨城港日立港区」の潮位観測記録(国土交通省関東地方整備局鹿島港湾・空港整備局より受領)を用いて、評価を実施した。

観測地点「茨城港日立港区」は、東海第二発電所から北方に約4.5km離れており、発電所との間に潮位に影響を及ぼす地形、人工構造物等はなく、発電所と同様に鹿島灘に面した海に設置されている。図1.1-1に観測地点の位置を示す。

評価の結果、潮位観測期間(2006年1月～2010年12月)における朔望平均潮位の標準偏差は、満潮位において0.14m、干潮位において0.16mとなった。図1.1-2に各月の朔望平均潮位の推移、表1.1-2に潮位観測記録に基づく朔望平均潮位に関するデータ分析結果を示す。

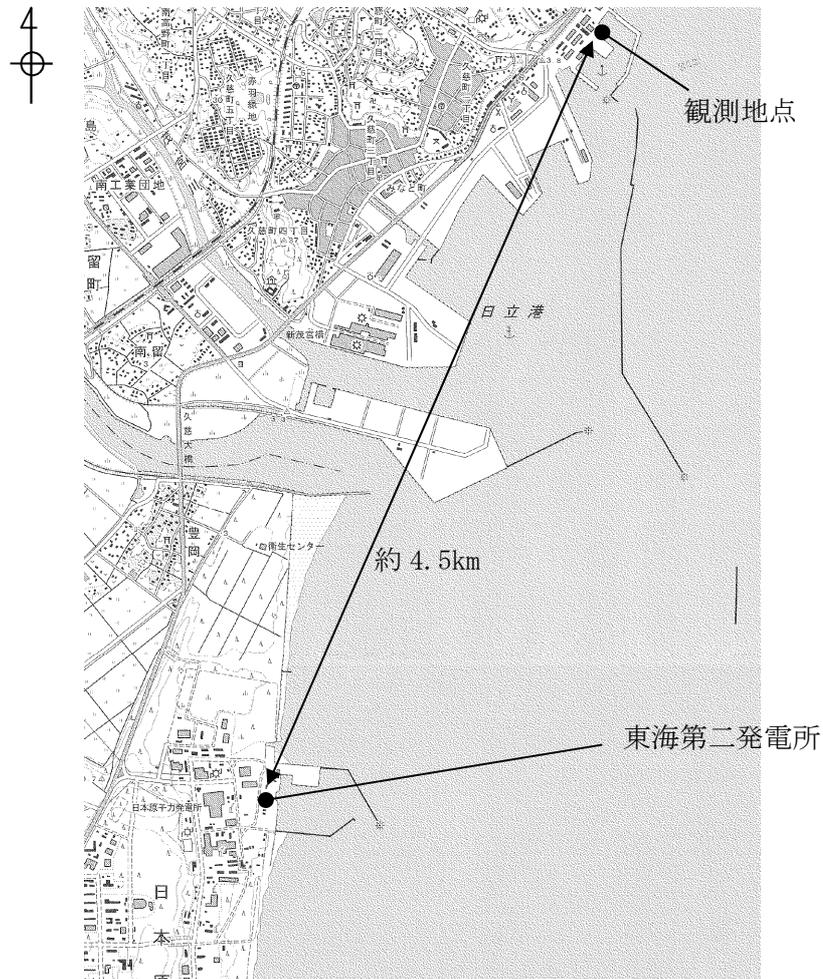


図1.1-1 観測地点の位置

満潮位

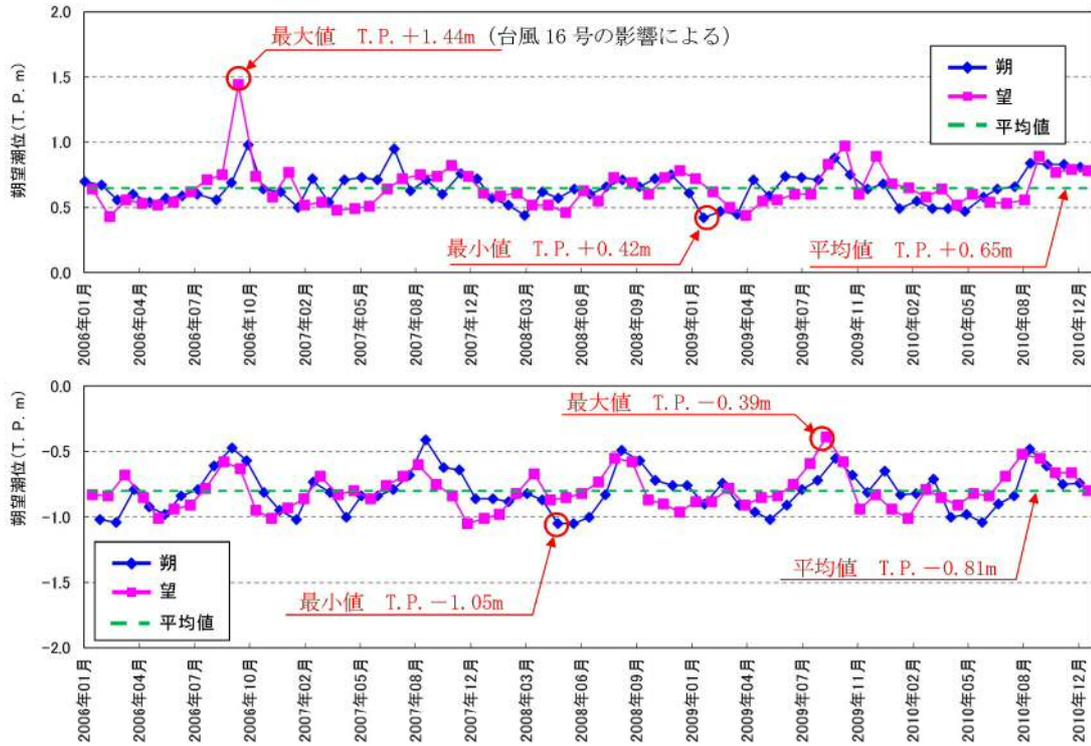


図1.1-2 各月の朔望平均潮位の推移

表1.1-2 潮位観測記録に基づく朔望平均潮位に関するデータ分析

	満潮位※	干潮位※
最大値	T. P. +1.44m	T. P. -0.39m
平均値	T. P. +0.65m	T. P. -0.81m
最小値	T. P. +0.42m	T. P. -1.05m
標準偏差	0.14m	0.16m

※ 潮位観測期間は2006年1月～2010年12月

(2) 潮位のばらつきの考慮について

朔望平均潮位について、基準津波の策定で使用した朔望平均潮位と潮位観測記録を比較したところ、基準津波の策定で使用した朔望平均潮位に比べ、潮位観測記録の方が満潮位で0.04m高く、干潮位では差がないことが分かった。この潮位差自体は有意なものではないが、保守的な設定になるよう潮位の差分を基準津波の策定で使用した朔望平均満潮位及び朔望平均干潮位に考慮することとした。表 1.1-3 に基準津波の策定で使用した朔望平均潮位と潮位観測記録の朔望平均潮位の比較を示す。

以上より、入力津波の設定に当たっては、朔望平均潮位の標準偏差及び基準津波の策定で使用した朔望平均潮位と潮位観測記録の朔望平均潮位との差分について考慮して、安全側に設定する。

水位上昇側については、基準津波の策定で使用した朔望平均満潮位 T.P. +0.61m に対して、潮位観測記録との差分+0.04m 及び満潮位の標準偏差 0.14m の合計である+0.18m を水位変動の評価における上昇側潮位のばらつきとして考慮する。

水位下降側については、基準津波の策定で使用した朔望平均干潮位 T.P. -0.81m に対して、観測記録との差分はないため-0.16m を水位変動の評価における下降側潮位のばらつきとして考慮する。

図 1.1-3 に潮位のばらつきに対する考慮方法を示す。

表1.1-3 朔望平均潮位の比較

朔望平均潮位	基準津波の策定で使 用した潮位 ①	潮位観測記録 に基づく潮位※ ②	差 ③ (②-①)
満潮位	T. P. +0.61m	T. P. +0.65m	+0.04m
干潮位	T. P. -0.81m	T. P. -0.81m	0.00m

※ 潮位観測期間は2006年1月～2010年12月

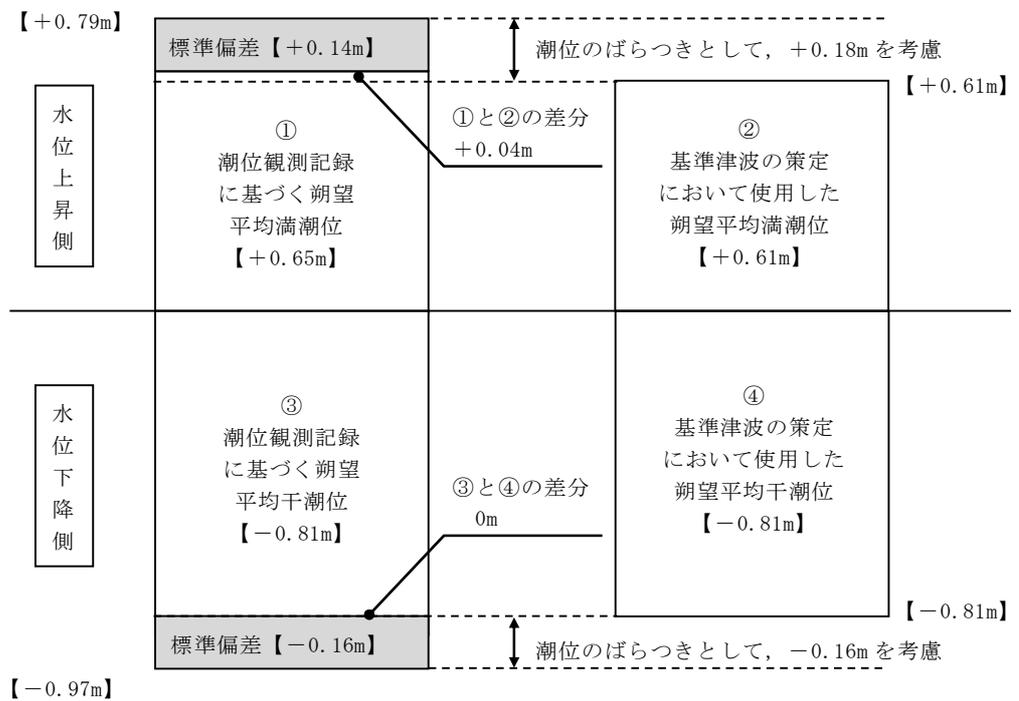


図1.1-3 潮位のばらつきに対する考慮方法

1.1.2 観測期間の妥当性の検討について

基準津波の策定で使用した潮位は、茨城港日立港区における2004年～2009年の潮位データであるが、観測期間の妥当性を確認するため、10カ年の朔望潮位データについて分析を行い、影響の有無を確認した。

茨城港日立港区における2006年1月～2010年12月の5カ年の朔望潮位データに対して、2001年1月～2010年12月の10カ年の朔望潮位データの分析を行った。朔望潮位に関する分析結果を表1.1-4に示す。

表1.1-4から5カ年及び10カ年の朔望満潮位、朔望干潮位及びそれらの標準偏差について、いずれも同程度であることを確認した。また、図1.1-4に10カ年（2001年1月～2010年12月）の潮位変化を示す。

表 1.1-4 朔望潮位に関する分析結果

	朔望満潮位 (m)		朔望干潮位 (m)	
	5 カ年	10 カ年	5 カ年	10 カ年
平均値	T.P. +0.65	T.P. +0.64	T.P. -0.81	T.P. -0.80
標準偏差	0.14	0.13	0.16	0.15

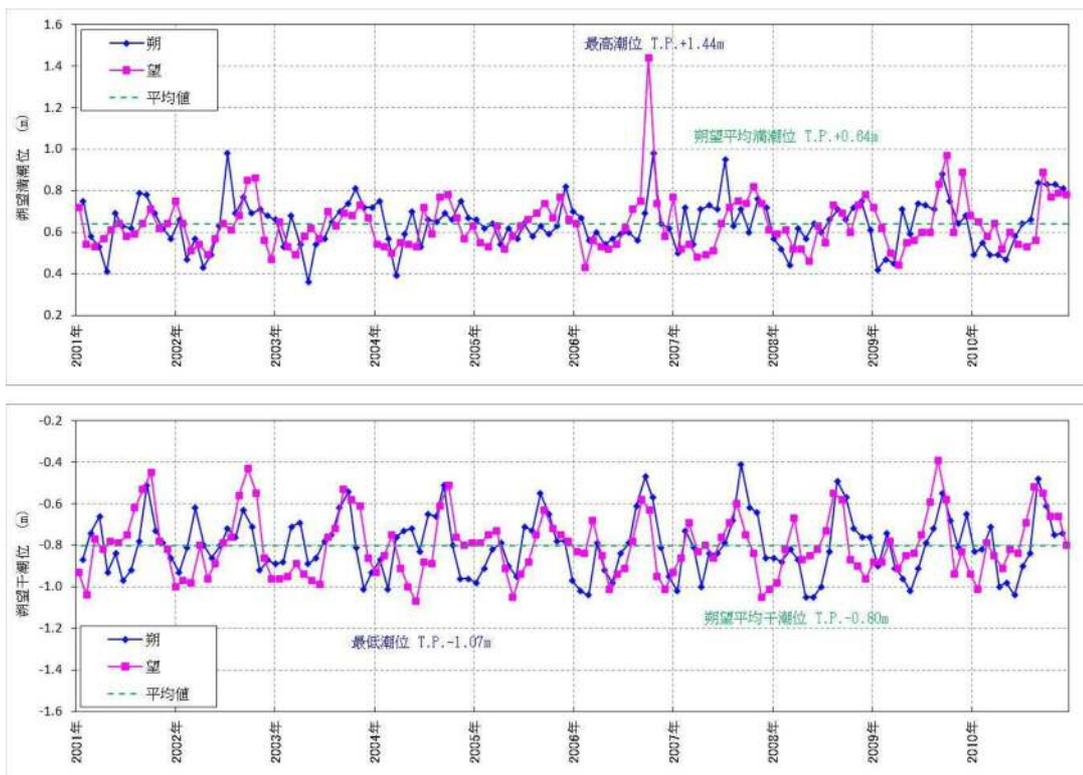


図 1.1-4 10 カ年 (2001 年 1 月～2010 年 12 月) の潮位変化
(上：朔望満潮位，下：朔望干潮位)

1.1.3 茨城港日立港区の潮位データの扱いについて

基準津波の策定で使用した潮位は、茨城港日立港区における 2004 年～2009 年の潮位データである。2011 年以降の潮位データについては公表されていない。

そのため、発電所の近接観測地点であり、観測が継続している銚子漁港と小名浜の各地点の 2006 年 1 月～2010 年 12 月、2012 年 1 月～2016 年 12 月における朔望平均満干潮位、年平均潮位、年最高潮位及び最高潮位及び至近約 40 年（1971 年～2010 年）及び至近約 45 年（1971 年～2016 年（2011 年を除く））における最高潮位の超過発生確率を用いて、2011 年以降の日立港区の潮位の傾向を推定した。観測地点位置図を図 1.1-5 に、各地点の朔望平均満干潮位を表 1.1-5 に、各地点の年平均潮位の推移を図 1.1-6 に、各地点の年最高潮位の推移を図 1.1-7、各地点の最高潮位の超過発生確率の推移を図 1.1-8 に示す。

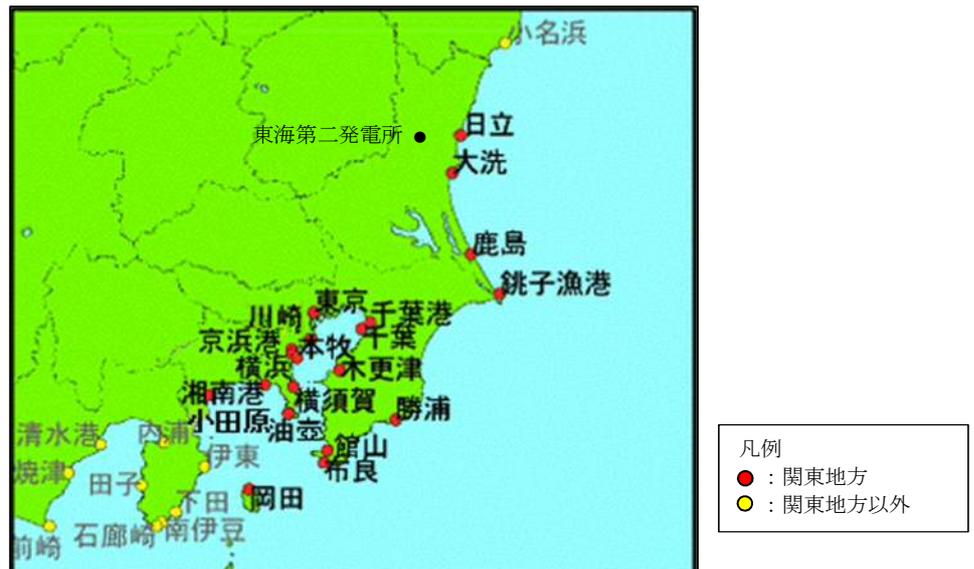
表 1.1-5 から、銚子漁港と小名浜の朔望平均満干潮位について、2006 年～2010 年と 2012 年～2016 年の値を比較したところ、2006 年～2010 年に対し 2012 年～2016 年の方が、朔望平均満干潮位の差が小さくなる傾向を示している。よって、2011 年以降の茨城港日立港区の朔望平均満干潮位についても同様の傾向となることが想定される。また、図 1.1-6 及び図 1.1-7 から、2006 年～2010 年における日立港区、銚子漁港及び小名浜の年平均潮位及び年最高潮位を比較したところ、日立港区は銚子漁港及び小名浜と概ね同様の傾向を示している。

さらに、図 1.1-8 から、至近約 40 年（1971 年～2010 年）における日立港区、銚子漁港及び小名浜の最高潮位の超過発生確率を比較しても、日立港区の曲線は銚子漁港及び小名浜と概ね同様の傾向を示している。また、2011 年以降のデータを含む至近約 45 年（1971 年～2016 年（2011 年を除く））と 2011 年以前のデータである至近 40 年（1971 年～2010 年）における銚子漁港と小名浜の最高潮位の超過発生確率を比較すると、曲線は概ね同様の傾向を示すとともに、2011 年以前のデータによる超過発生確率に比べて、2011 年以降のデータを含んだ超過発生確率に有意な差はない。

以上のことから、2011 年以降の日立港区の潮位は 2010 年以前の潮位と同様の傾向で推移し、また顕著な高潮は生じていないことが推測される。

次に、日立港区と東海第二発電所の月平均潮位を比較した。日立港区と東海第二発電所の潮位変動量の比較を図 1.1-9 に示す。なお、東海第二発電所潮位データについては、検潮小屋のフロア高さを基準高さに用いているため、日立港区（2007 年 1 月）の潮位値を基準値としている。日立港区と東海第二発電所の潮位データがともに得られている 2007 年から 2009 年の月平均潮位を比較したところ、日立港区と東海第二発電所は概ね同様の傾向を示している。したがって、日立港区の潮位には東海第二発電所における潮位変動の情報が反映されていることが推察される。

以上のことから、2010 年以前の茨城港日立港区の潮位データを基準津波の策定で使用することは妥当と判断した。



※大洗, 鹿島の実測潮位については示されていない。
 気象庁 (2017) に加筆

図 1.1-5 観測地点位置図

表 1.1-5 各地点の朔望平均満干潮位

		銚子漁港		小名浜		日立港区
		2006~2010年	2012~2016年	2006~2010年	2012~2016年	2006~2010年
朔望満潮位	平均	0.65	0.62	0.54	0.49	0.65
	標準偏差	0.13	0.11	0.13	0.11	0.14
朔望干潮位	平均	-0.88	-0.82	-0.92	-0.88	-0.80
	標準偏差	0.14	0.13	0.15	0.13	0.15

単位 : T.P. m

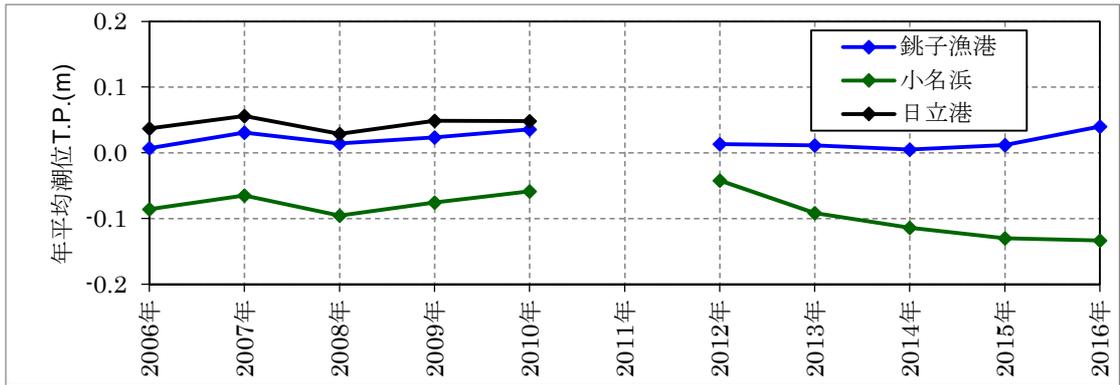


図 1.1-6 各地点の年平均潮位の推移

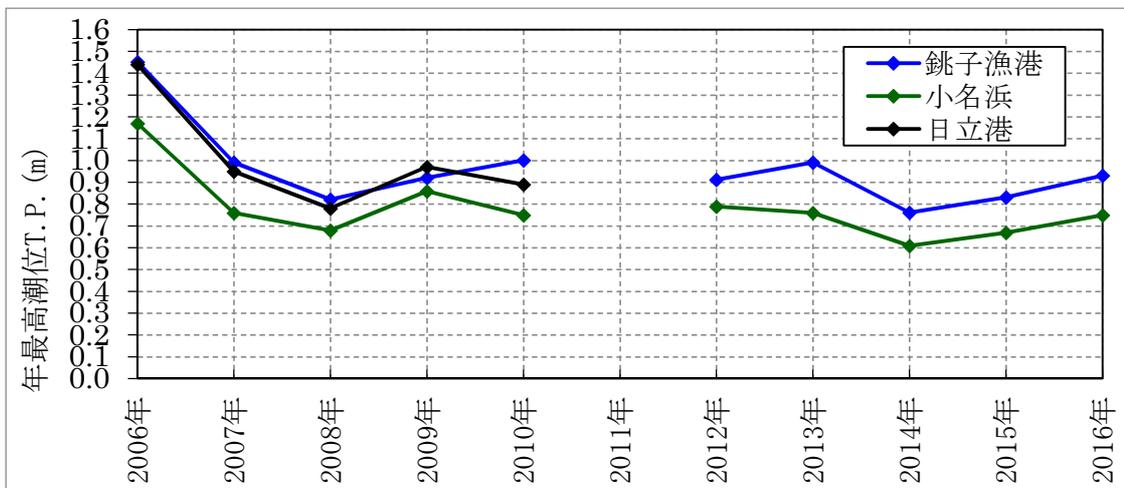
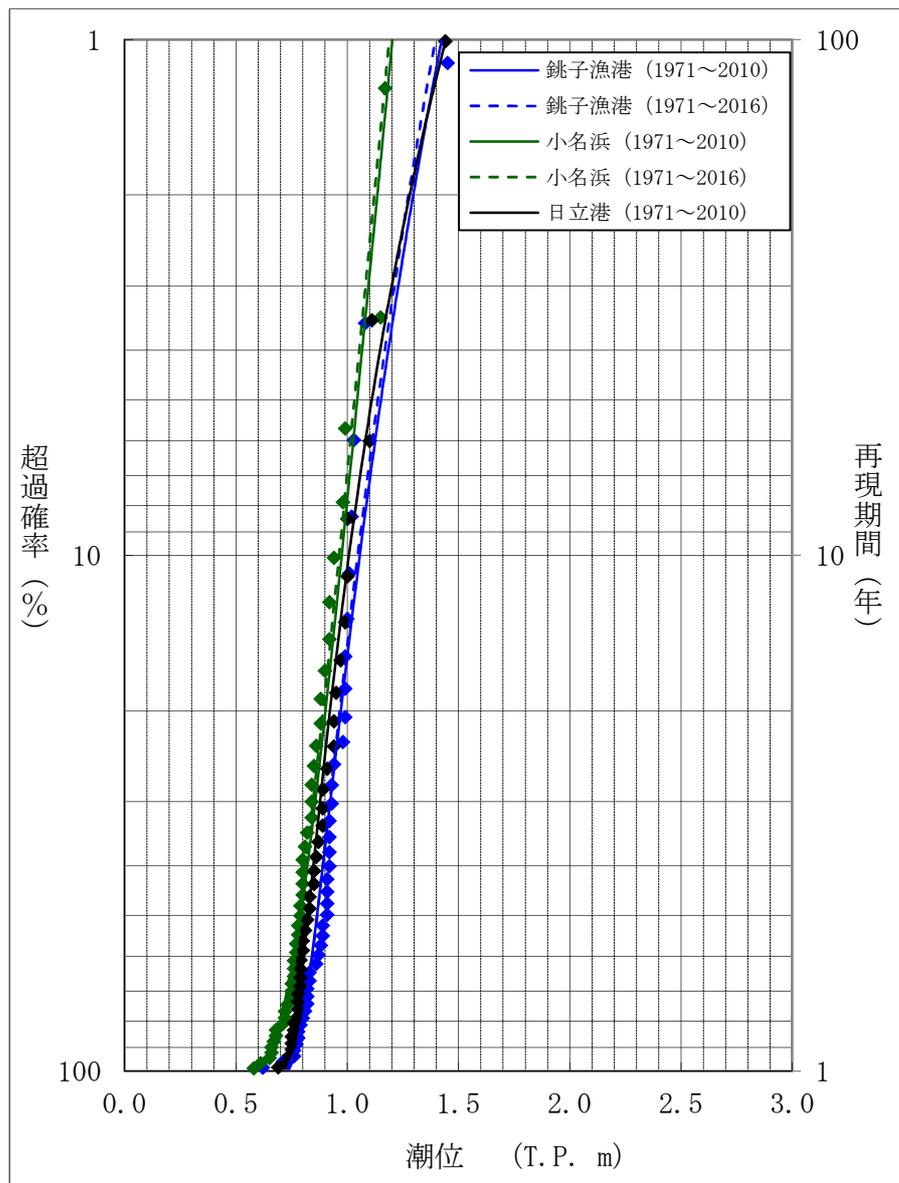
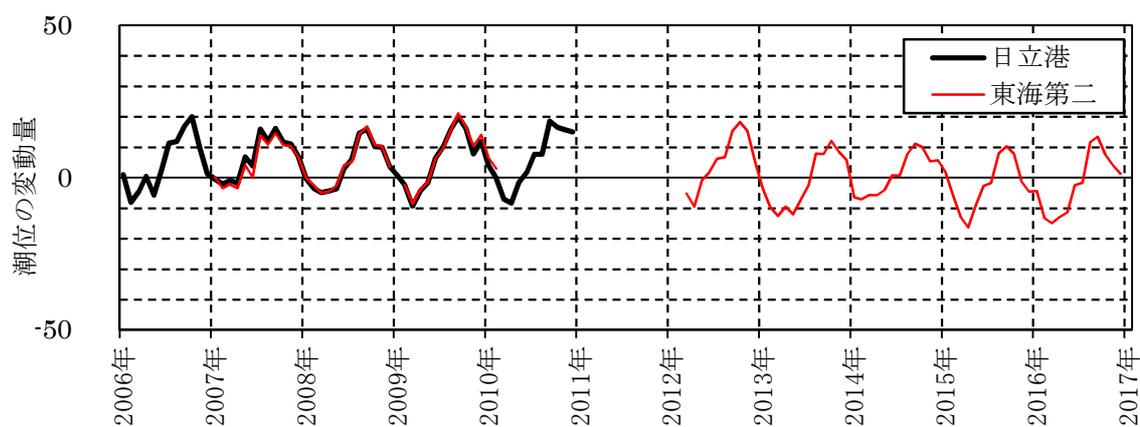


図 1.1-7 各地点の年最高潮位の推移



※2011年のデータを除く

図 1.1-8 各地点の超過発生確率



※東海第二発電所の潮位データは、検潮小屋のフロア高さを基準高さに用いているため、日立港区（2007年1月）の潮位値を基準値としている。
 また、2009年1月、2010年3月から2012年2月の潮位データは欠測。

図 1.1-9 日立港区と東海第二発電所における月平均潮位の変動量の比較

1.2 遡上・浸水域の考え方について

(1) 遡上・浸水域の評価の考え方

a. 基準津波

基準津波の遡上・浸水域の評価（以下「数値シミュレーション」という。）に当たっては、遡上解析を実施し、遡上波の敷地への到達（回り込みによるものを含む。）の可能性を検討する必要があることから、安全側の評価となるよう、以下の条件を考慮して数値シミュレーションを実施する。

(a) 地震に起因する地形変化等の影響の考慮

基準地震動 S_s に伴う地形変化及び標高変化が生じる可能性があり、遡上・浸水域に影響を及ぼす可能性があるため、基準地震動 S_s による地盤変状の有無を数値シミュレーションの条件として考慮する。また、基準地震動 S_s による人工構造物の形状変化として、敷地内の防波堤並びに茨城港日立港区及び茨城港常陸那珂港区の防波堤の形状変化の有無が遡上・浸水域に影響を及ぼす可能性があるため、数値シミュレーションの条件として考慮する。なお、取水構造物（取水路及び取水ピット）、放水路（防潮堤廻り）、SA用海水ピット取水塔、海水引込み管、SA用海水ピット、緊急用海水取水管及び緊急用海水ポンプピットについては、岩盤により支持されていることから、基準地震動 S_s に伴う形状変化は考慮しない。

地震による地殻変動が遡上・浸水域に影響を及ぼす可能性があるため、基準津波の波源である茨城県沖から房総沖におけるプレート間に想定される地震による広域的な地殻変動及び広域的な余効変動を含む2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動を数値シミュレーションの条件として考慮する。

(b) 初期潮位への考慮

数値シミュレーションの初期潮位として、朔望平均満潮位並びに上記(a)に示す茨城県沖から房総沖におけるプレート間に想定される地震による広域的な地殻変動及び広域的な余効変動を含む2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動を考慮する。なお、潮位のばらつきについては、数値シミュレーションにより求めた津波水位に加えることで考慮する。

b. 敷地に遡上する津波

敷地に遡上する津波は、確率論的リスク評価において全炉心損傷頻度に対して津波のリスクが有意となる津波である。このため、数値シミュレーションにおいて初期潮位として設定する条件のみを考慮して数値シミュレーションを実施し、防潮堤前面においてT.P.+24mとなるように設定する。

また、敷地に遡上する津波については、防潮堤の内側にも津波が遡上し、浸水域となることから、防潮堤の内側の人工構造物については、以下に示すように考慮して数値シミュレーションを実施する。

(a) 地震に起因する地形変化等の影響の考慮

基準地震動 S_s に伴う地形変化及び標高変化が生じる可能性があるが、数値シミュレーションの初期潮位として設定する条件ではなく、基準地震動 S_s による地盤変状の有

無に関わらず、敷地に遡上する津波を確率論的リスク評価において全炉心損傷頻度に対して津波のリスクが有意となる津波として防潮堤前面において T.P. +24m と設定するため、防潮堤の外側の敷地について基準地震動 S_s による地盤変状が生じない条件のみで数値シミュレーションを実施する。なお、防潮堤の内側についても、防潮堤の外側と同様に基準地震動 S_s による地盤変状が生じない条件のみで数値シミュレーションを実施する。

基準地震動 S_s による人工構造物の形状変化として、敷地内の防波堤並びに茨城港日立港区及び茨城港常陸那珂港区の防波堤の形状変化の有無が遡上・浸水域に影響を及ぼす可能性があるが、数値シミュレーションの初期潮位として設定する条件ではなく、防波堤の形状変化の有無に関わらず、敷地に遡上する津波を確率論的リスク評価において全炉心損傷頻度に対して津波のリスクが有意となる津波として防潮堤前面において T.P. +24m と設定するため、防波堤が地震により損壊することを前提に数値シミュレーションを実施する。なお、取水構造物（取水路及び取水ピット）、放水路（防潮堤廻り）、SA用海水ピット取水塔、海水引込み管、SA用海水ピット、緊急用海水取水管及び緊急用海水ポンプピットについては、基準津波における数値シミュレーションと同様に基準地震動 S_s に伴う形状変化は考慮しない。

なお、地震以外の要因による人工構造物の形状変化として、防潮堤内側の東海発電所の人工構造物を考慮する。東海発電所は廃止措置中であり建屋等の人工構造物が段階的に撤去される予定であるため、防潮堤内側の人工構造物については、東海発電所の人工構造物がある場合とない場合の状況が考えられる。このため、防潮堤内側の遡上・浸水域への影響を確認するため、東海発電所の人工構造物の有無を考慮する。

地震による地殻変動が遡上・浸水域に影響を及ぼす可能性があり、数値シミュレーションにおいて初期潮位として設定しているため、敷地に遡上する津波の波源である茨城県沖から房総沖におけるプレート間に想定される地震による広域的な地殻変動及び広域的な余効変動を含む 2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動を数値シミュレーションの条件として考慮する。

(b) 初期潮位への考慮

数値シミュレーションの初期潮位として設定する朔望平均満潮位並びに上記(a)に示す茨城県沖から房総沖におけるプレート間に想定される地震による広域的な地殻変動及び広域的な余効変動を含む 2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動を考慮する。なお、潮位のばらつきについては、数値シミュレーションの初期潮位として設定する条件ではなく、潮位のばらつきの考慮の有無に関わらず、敷地に遡上する津波を確率論的リスク評価において全炉心損傷頻度に対して津波のリスクが有意となる津波として防潮堤前面において T.P. +24m と設定するため、考慮しない。

(2) 地震に起因する変状による地形変化等の考え方について

a. 基準津波

(a) 基準地震動 S_s に伴う地形変化及び標高変化の考え方について

基準地震動 S_s に伴う地形変化及び標高変化については、敷地内のすべての砂層及び礫層に対して強制的に液状化を仮定し、地盤面を大きく沈下させた条件として、敷地北側が 1.0m の沈下、敷地東側が 1.5m の沈下、敷地南側及び西側が 0.5m の沈下した状態を考慮する。「(参考 1) 敷地内の遡上経路の沈下量算定評価について」に詳細を示す。

(b) 基準地震動 S_s に伴う人工構造物の形状変化の考え方について

基準地震動 S_s による人工構造物の形状変化については、地震による防波堤の損壊を想定し、敷地内の防波堤並びに茨城港日立港区及び茨城港常陸那珂港区の防波堤がある場合とない場合について、数値シミュレーションを実施する。

(c) 地震による地殻変動の考え方について

地震による地殻変動については、基準津波の波源である茨城県沖から房総沖におけるプレート間に想定される地震による広域的な地殻変動量及び広域的な余効変動を含む 2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量を以下のとおり考慮する。

茨城県沖から房総沖におけるプレート間に想定される地震による広域的な地殻変動量については、0.31m の陸域の沈降を想定する。

2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動については、地震により沈降が生じたが、その後、地殻の沈降は回復傾向となっている。この状況を考慮して、広域的な余効変動を含む 2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量として、0.2m の沈降を想定する。「(参考 2) 広域的な余効変動を含む 2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量について」に広域的な余効変動を含む 2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量の詳細を示す。

b. 敷地に遡上する津波

(a) 基準地震動 S_s に伴う地形変化及び標高変化の考え方について

敷地に遡上する津波においては、基準地震動 S_s に伴う地形変化及び標高変化は考慮しないため、基準地震動 S_s に伴う地盤変状は設定しない。

(b) 基準地震動 S_s に伴う人工構造物の形状変化の考え方について

基準地震動 S_s による人工構造物の形状変化については、地震による防波堤の損壊を想定し、敷地内の防波堤並びに茨城港日立港区及び茨城港常陸那珂港区の防波堤がない場合について、数値シミュレーションを実施する。

(c) 地震による地殻変動の考え方について

地震による地殻変動については、敷地に遡上する津波の波源である茨城県沖から房総沖におけるプレート間に想定される地震による広域的な地殻変動量及び広域的な余効変動を含む 2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量を以下のとおり考慮する。

茨城県沖から房総沖におけるプレート間に想定される地震による広域的な地殻変動量については、0.46m の陸域の沈降を想定する。

2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動については、地震により沈降が生じた

が、その後、地殻の沈降は回復傾向となっている。この状況を考慮して、広域的な余効変動を含む2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量として、0.2mの沈降を想定する。「(参考2) 広域的な余効変動を含む2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量について」に広域的な余効変動を含む2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量の詳細を示す。

(3) 数値シミュレーションにおける解析モデルについて

a. 基準津波

基準津波による敷地周辺の遡上・浸水域の評価における数値シミュレーションモデルについては、遡上解析に影響を及ぼす斜面や道路、取水口、放水口等の地形とその標高及び伝播経路上の人工構造物の設置状況を考慮し、遡上域の格子サイズ(敷地内:5~10m, 敷地周辺:5~80m)に合わせた形状にモデル化する。数値シミュレーションにおける解析モデルの詳細については、「1.4 津波シミュレーションにおける解析モデルについて」に示す。

(a) 敷地及び敷地周辺の地形及び標高

敷地沿岸域及び海底地形は、海域では一般財団法人日本水路協会(2002, 2006)、深淺測量等による地形データ(2007)等を使用し、陸域では、茨城県による津波解析用地形データ(2007)等を使用する。また、取水口、放水口等の諸元及び敷地標高については、発電所の竣工図等を使用する。

(b) 伝播経路上の人工構造物

既設の人工構造物については、発電所の竣工図等で調査し、将来設置される計画がある人工構造物については、計画図等により調査した。

竣工図等による調査において確認した既設の人工構造物は、社員による現場ウォークダウンにより竣工図等と相違ないことを確認した。また、竣工図等に反映されていない人工構造物は、数値シミュレーションに影響する変更がないことを確認した。

伝播経路上の人工構造物の調査の詳細については、「5.2 耐津波設計における現場確認プロセスについて」に示す。

(c) 数値シミュレーションにおける解析モデルの作成

上記(b)において実施した調査結果を踏まえ、数値シミュレーション上影響を及ぼす人工構造物を考慮し、遡上・伝播経路の状態に応じてモデルを作成した。モデルの作成に当たっては、伝播経路上の人工構造物のうち、敷地内の防波堤並びに茨城港日立港区及び茨城港常陸那珂港区の防波堤のほか、防潮堤の外側に設置している海水電解装置建屋及び燃料輸送本部について考慮した。

なお、敷地内については、貯留堰の存在及び放水路ゲートの閉止を考慮してモデル化する。敷地外については、久慈川及び新川からの回り込みの有無を適切に評価するため、敷地北側、西側及び南側並びに久慈川流域及び新川流域の標高を考慮してモデル化する。

図1.2-1に数値シミュレーションにおける解析モデル図を示す。

b. 敷地に遡上する津波

敷地に遡上する津波による敷地周辺の遡上・浸水域の評価における数値シミュレーションモデルについては、基準津波の数値シミュレーションモデルと同じものを用いて解析を実施する。

(a) 敷地及び敷地周辺の地形及び標高

基準津波と同じ。

(b) 伝播経路上の人工構造物

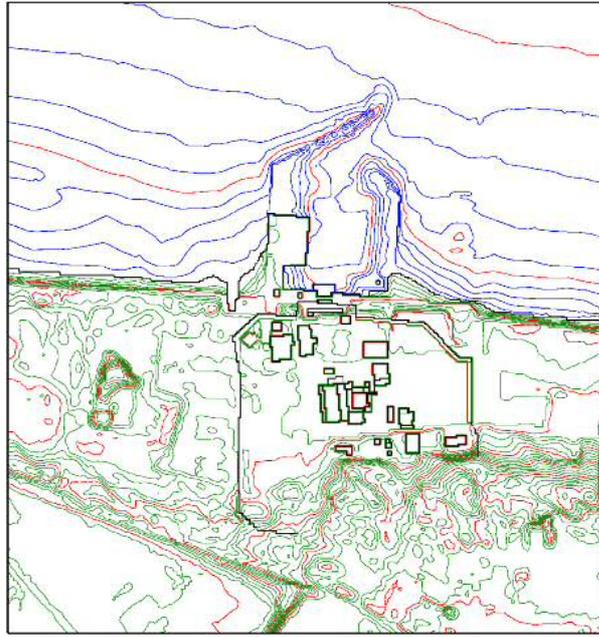
基準津波と同じ。

ただし、防潮堤内側の東海発電所の人工構造物については、廃止措置に伴い建屋等が撤去される予定であるが、防潮堤内側の遡上・浸水域への影響を確認するため、東海発電所の人工構造物の有無を数値シミュレーションモデルに反映して解析を実施する。

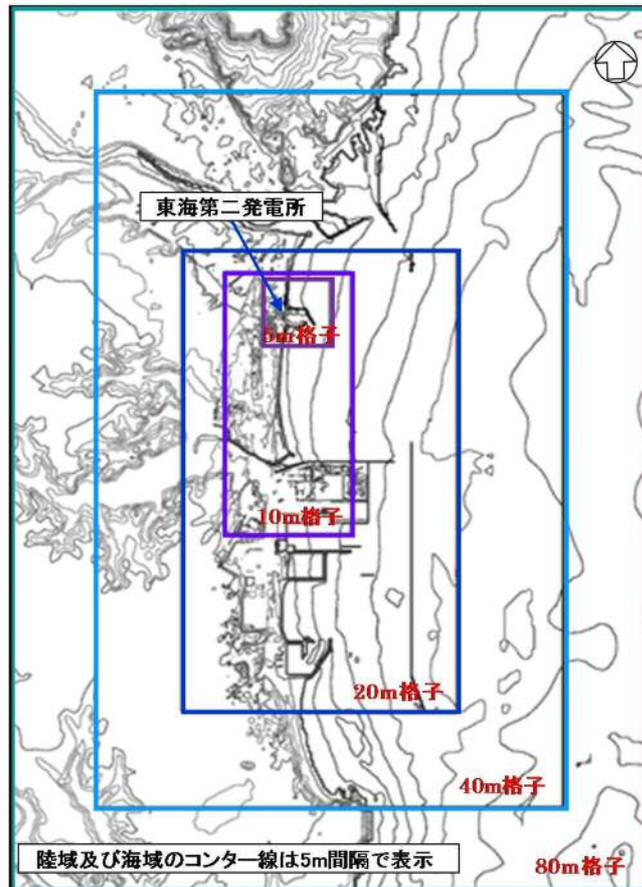
(c) 数値シミュレーションにおける解析モデルの作成

基準津波と同様に、上記(b)において実施した調査結果を踏まえ、数値シミュレーション上影響を及ぼす人工構造物を考慮し、遡上・伝播経路の状態に応じてモデルを作成した。モデルの作成に当たっては、伝播経路上の人工構造物のうち、防潮堤の外側に設置している海水電解装置建屋及び燃料輸送本部について考慮した。伝播経路上の人工構造物のうち、防潮堤の内側については、原子炉建屋、タービン建屋等の人工構造物を数値シミュレーションモデルに反映し、東海発電所の人工構造物については、ある場合とない場合を数値シミュレーションのモデルに反映して解析を実施する。また、敷地内の防波堤並びに茨城港日立港区及び茨城港常陸那珂港区の防波堤については、防波堤が地震により損壊することを前提としているため、防波堤がない状態を数値シミュレーションモデルに反映して解析を実施する。

なお、敷地内については、貯留堰の存在及び放水路ゲートの閉止を考慮してモデル化する。敷地外については、久慈川及び新川からの回り込みの有無を適切に評価するため、敷地北側、西側及び南側並びに久慈川流域及び新川流域の標高を考慮してモデル化する。



(発電所敷地内)



(発電所敷地周辺)

図 1.2-1 数値シミュレーションにおける解析モデル

(4) 数値シミュレーション結果

a. 基準津波

数値シミュレーションの結果として、図 1.2-2 に基準津波による最大水位上昇量分布を示す。

津波は、敷地の大部分に遡上するが、津波防護施設の設置により津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）を内包する建屋及び区画が設置された敷地には遡上しない結果となった。また、津波は久慈川及び新川流域に沿って遡上するが、津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）を内包する建屋及び区画が設置された敷地への流入はなく河川からの回り込みによる遡上・浸水域への影響はない。

以下に、基準地震動 S_3 に伴う地形変化及び標高変化及び基準地震動 S_3 による人工構造物の形状変化が遡上・浸水域へ与える影響を示す。

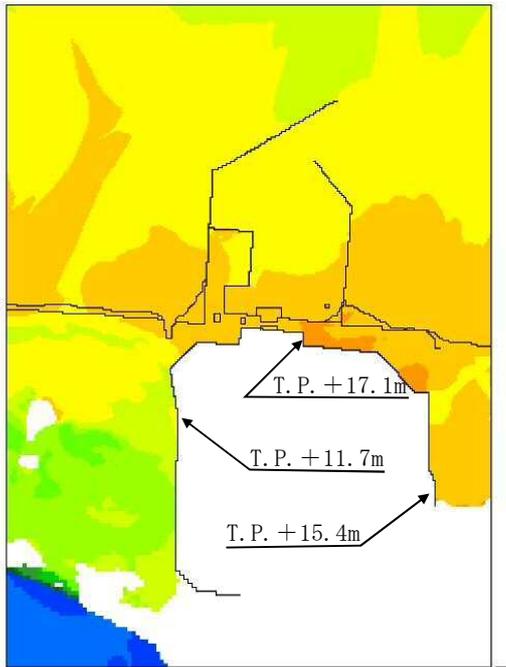
(a) 基準地震動 S_3 に伴う地形変化及び標高変化の影響について

基準地震動 S_3 に伴う地形変化及び標高変化の影響として、基準地震動 S_3 によって地盤面を大きく沈下させた場合とさせない場合（以下「地盤変状あり」と及び「地盤変状なし」という。）の影響を示す。図 1.2-2 から、地盤変状なしの場合に比べて、地盤変状ありの場合において、敷地北西部でわずかに遡上・浸水域が広がっているものの、全体的には大きな差はない結果となっている。また、敷地側面北側及び敷地前面東側の最大水位上昇量は、地盤変状ありの場合より地盤変状なしの場合の方が大きくなる傾向となっている。敷地側面南側の最大水位上昇量においては、地盤変状なしの場合より地盤変状ありの場合の方が大きくなる傾向となっている。

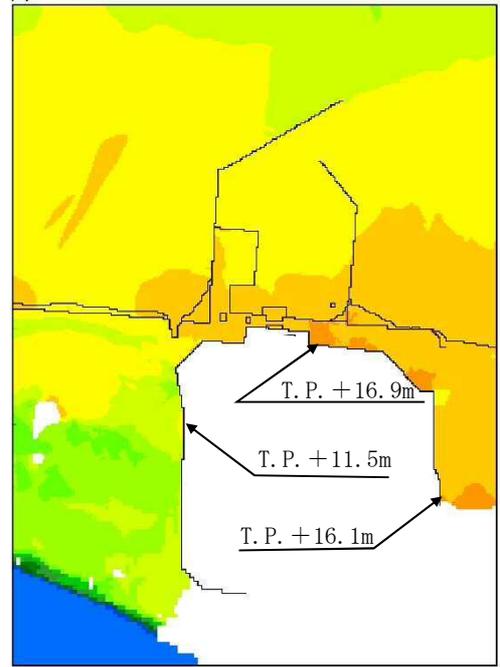
(b) 基準地震動 S_3 に伴う人工構造物の形状変化の影響について

基準地震動 S_3 に伴う人工構造物の形状変化の影響として、敷地内の防波堤並びに茨城港日立港区及び茨城港常陸那珂港区の防波堤がある場合とない場合（以下「防波堤あり」と及び「防波堤なし」という。）の影響を示す。図 1.2-2 から、防波堤ありと防波堤なしの場合において、遡上・浸水域のほとんど差がない結果となっている。また、地盤変状ありの場合の敷地前面東側の水位の最大値が防波堤なしより防波堤ありの方が大きくなっているが、全体的な分布の傾向として、防波堤ありの場合より防波堤なしの方が最大水位上昇量が大きくなる傾向となっている。

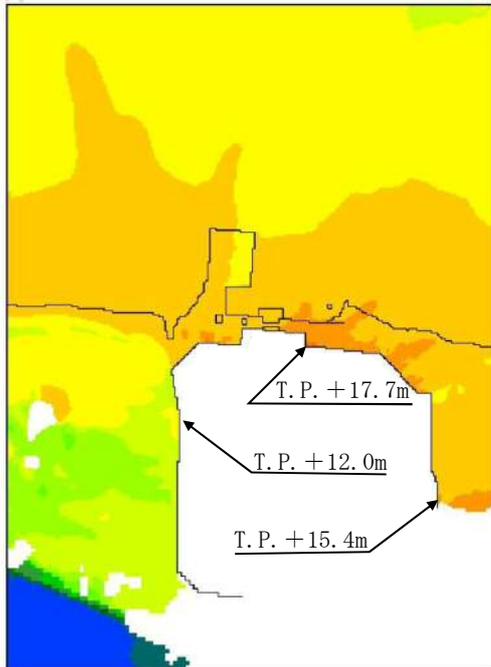
なお、敷地内の防波堤については、基準地震動 S_3 が作用した時の沈下の状況を考慮し、敷地内の防波堤の高さが 1m 低い状態を想定して、防潮堤前面の津波高さへの影響を確認した。防潮堤前面における津波水位は、防波堤がない場合における津波水位を上回らない結果となった。防波堤の沈下については「(参考 3) 地震による防波堤への影響評価について」、敷地内の防波堤の高さが 1m 低い状態での津波高さへの影響については「(参考 4) 防波堤の高さが 1m 低い状態での津波高さへの影響について」に詳細を示す。



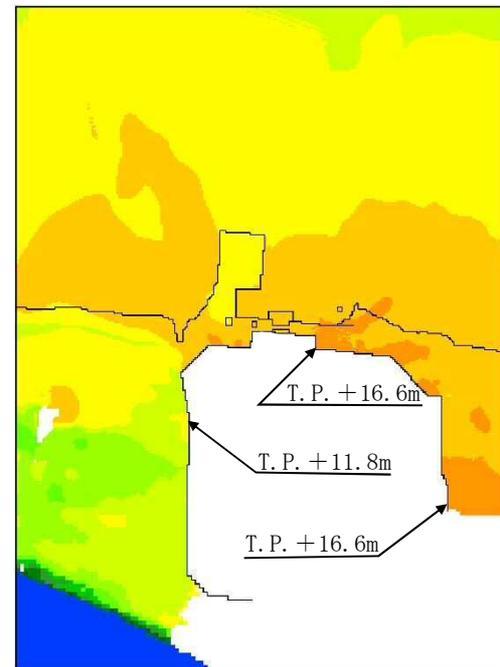
〔 防波堤あり
地盤変状なし 〕



〔 防波堤あり
地盤変状あり 〕



〔 防波堤なし
地盤変状なし 〕



〔 防波堤なし
地盤変状あり 〕

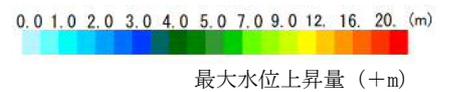


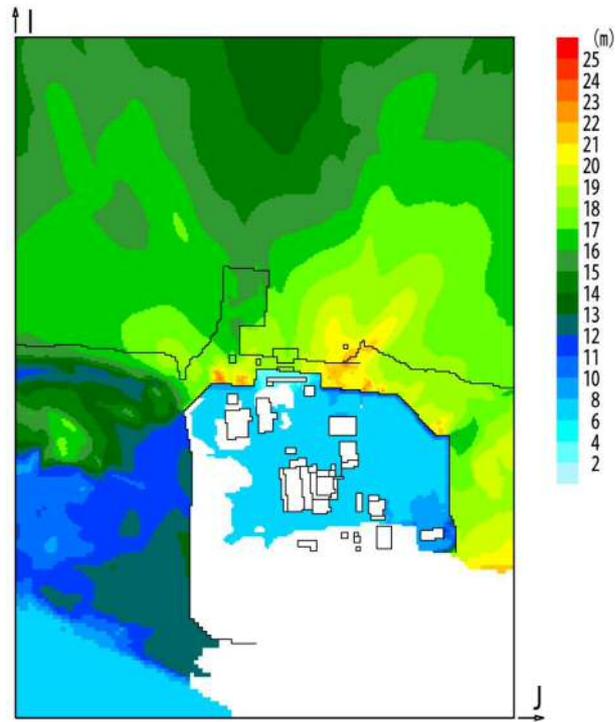
図 1.2-2 基準津波による遡上解析結果（最大水位上昇量分布）

b. 敷地に遡上する津波

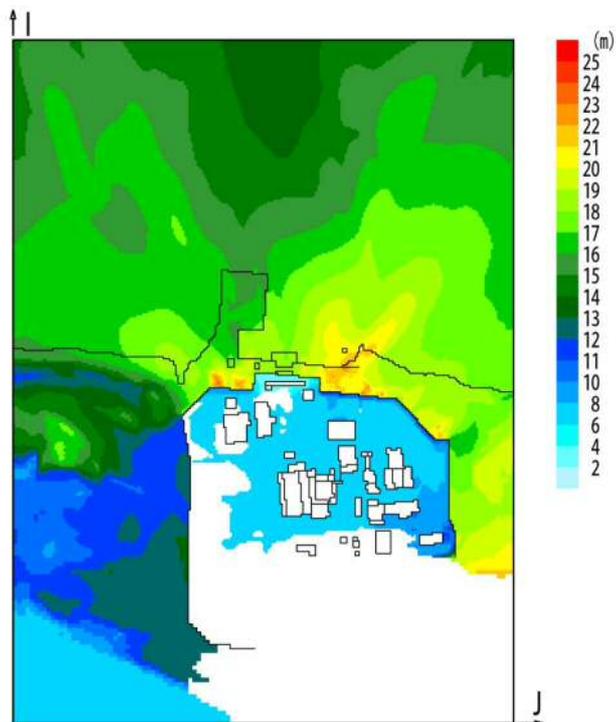
数値シミュレーションの結果として、図 1.2-3 に最大水位上昇量分布を示す。

津波は、防潮堤を超え、T.P. +8m 以下の敷地の大部分に遡上し、原子炉建屋、タービン建屋、排気筒等の周辺が浸水した。T.P. +11m 以上の敷地については、津波が到達しなかった。また、津波は久慈川及び新川流域に沿って遡上するが、敷地西側からの防潮堤内側への流入はなく河川からの回り込みによる遡上・浸水域への影響はない。

東海発電所の人工構造物の有無による影響については、東海発電所の人工構造物ある場合よりもない場合の方が、わずかに最大水位上昇量が大きくなる傾向となったが、敷地に遡上する津波に対する津波防護対象設備を内包する建屋及び区画である原子炉建屋、常設代替高圧電源装置用カルバート、常設低圧代替注水系格納槽、格納容器圧力逃がし装置格納槽、緊急用海水ポンプピット及び排気筒周辺の水位への影響はない。



〔 東海発電所の
人工構造物なし 〕



〔 東海発電所の
人工構造物あり 〕

図 1.2-3 敷地に遡上する津波による遡上解析結果（最大水位上昇量分布）

(参考 1) 敷地内の遡上経路の沈下量算定評価について

1. 検討方針

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイドに基づき、地震に起因する変状による地形、河川流路の変化に対して、敷地への遡上経路に及ぼす影響を検討する。

防潮堤外側の地盤においては、地震に起因する変状による地形の変化を確認するために、有効応力解析に基づき沈下量を算定し、基準津波による敷地周辺の遡上及び浸水域の評価（以下「数値シミュレーション」という。）への影響を確認する。

沈下量の検討では、地下水位を地表面に設定した有効応力解析モデルを用いて地震による残留沈下量を求め、Ishiharaほか（1992）の地盤の相対密度に応じた最大せん断ひずみと体積ひずみ（沈下率）の関係を用いて地震後の過剰間隙水圧の消散に伴う排水沈下量を算定する。有効応力解析には、有効応力解析コード「FLIP (Finite element analysis of Liquefaction Program) Ver. 7.3.0_2」を用いる。検討範囲を図1に示す。

本検討においては、液状化検討対象層である全ての砂層、礫層に対し豊浦標準砂の液状化強度特性により強制的に液状化させることを仮定し、地盤面を大きく沈下させる条件にて評価する。

豊浦標準砂は、山口県豊浦で産出される淡黄色の天然の珪砂であり、敷地には存在しないものであるが、丸みのある粒から成り、粒度が揃い、ほぼ均質で非常に液状化しやすい特性を有していることから、液状化検討対象層を強制的に液状化させることを仮定した場合の影響評価に適用する。豊浦標準砂の液状化強度試験データに基づき -1σ を考慮したFLIPによる液状化強度特性（強制的な液状化の仮定に用いる液状化強度特性）を図2及び図3に示す。また、図2に示した敷地内の各土質の液状化強度特性は、試験結果に基づき -1σ を考慮した液状化強度特性（原地盤に基づく液状化強度特性）である。なお、 σ は、試験データのバラツキを考慮し、液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差である。

豊浦標準砂の液状化強度特性は、原地盤の液状化強度特性の全てを包含しており、極めて液状化しやすい液状化特性を有していることから、豊浦標準砂の液状化強度特性を仮定した有効応力解析は、強制的に液状化させることを仮定した影響評価となる。

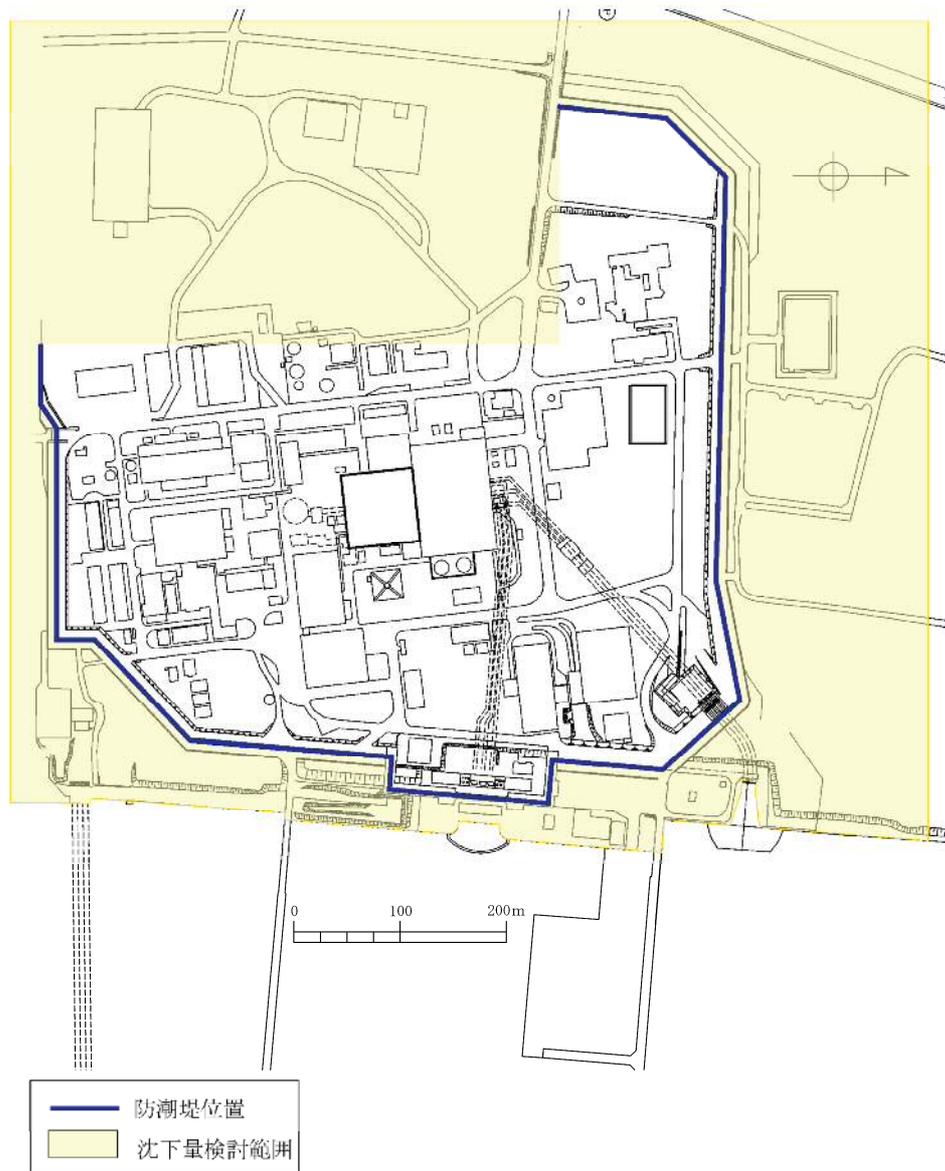
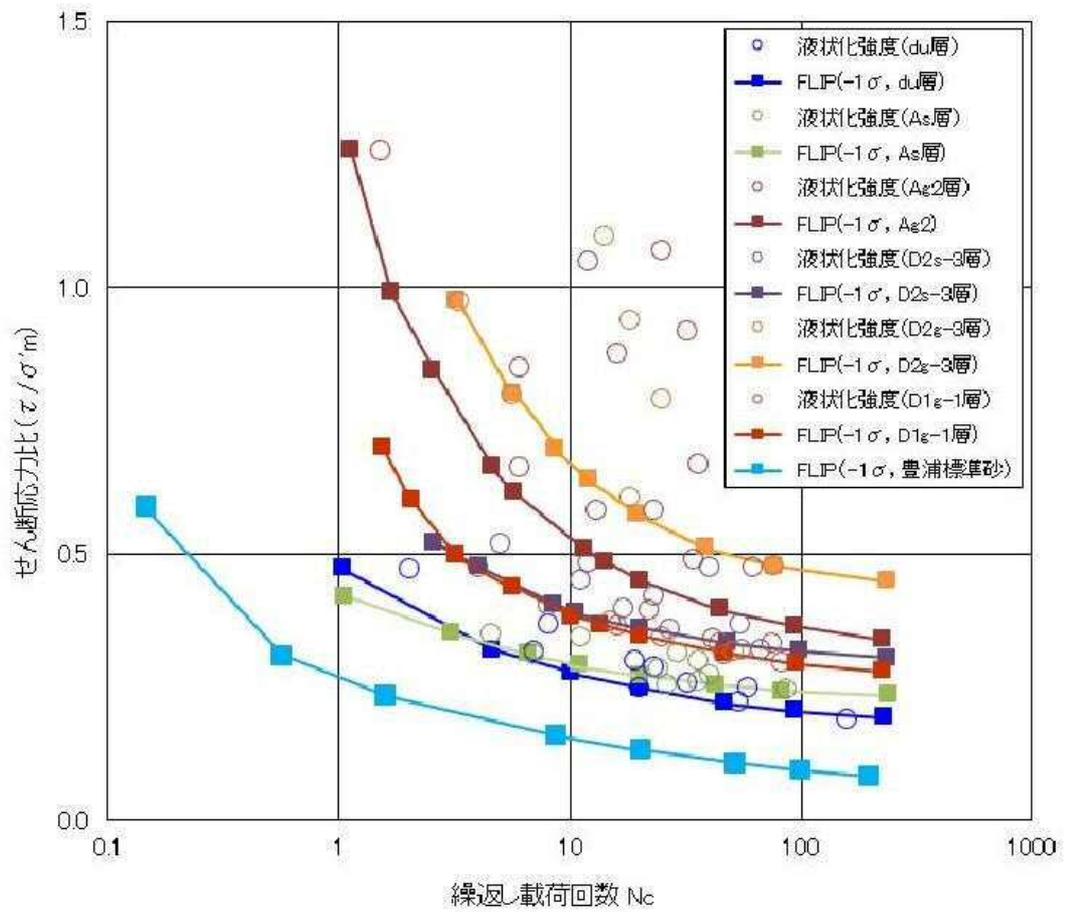


図1 沈下量検討範囲



凡例中の σ は、試験データのバラツキを考慮し、液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差である。

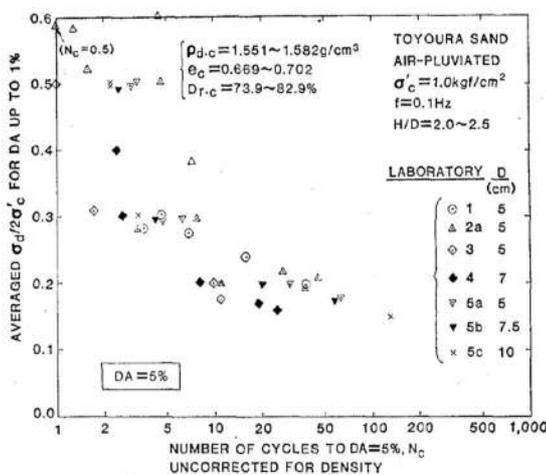
図2 東海第二発電所の原地盤に基づく液状化強度試験データとその全てを包含するFLIPの液状化強度特性 (-1σ, 豊浦標準砂)

■豊浦標準砂^{*1}に基づく液状化強度特性の仮定

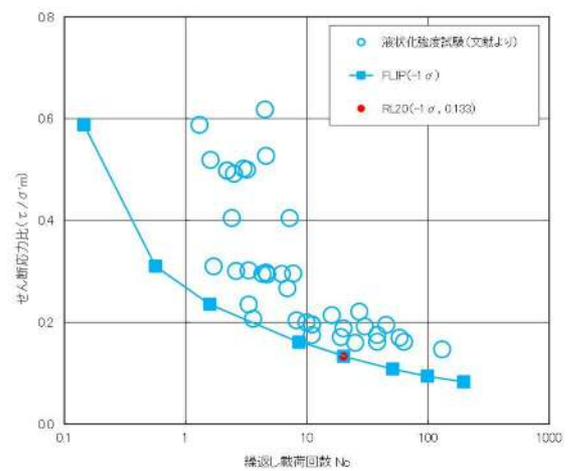
文献^{*2}から引用した相対密度73.9~82.9%の豊浦標準砂の液状化強度試験データに対し、それらを全て包含するFLIPの液状化特性を設定する。

注記 *1：豊浦標準砂は、山口県豊浦で産出される天然の珪砂であり、敷地には存在しないものである。豊浦標準砂は、淡黄色の丸みのある粒から成り、粒度が揃い均質で非常に液状化しやすい特性を有していることから、液状化強度特性に関する研究等における実験などで多く用いられている。

*2：CYCLIC UNDRAINED TRIAXIAL STRENGTH OF SAND BY A COOPERATIVE TEST PROGRAM [Soils and Foundations, JSSMFE. 26-3. (1986)]



豊浦標準砂の液状化強度試験データ
(文献^{*2}からの引用)



FLIPによる液状化強度特性
(-1 σ , 豊浦標準砂)

凡例中の σ は、試験データのバラツキを考慮し、液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差である。

豊浦標準砂の液状化パラメータ

	液状化パラメータ									
	間隙比 e	基準平均有効 主応力 σ'_{ma} [kN/m ²]	基準初期 せん断剛性 G_{ma} [kN/m ²]	最大履歴減衰率 hmax	ϕ_p [度]	S_1	W_1	P_1	P_2	C_1
豊浦標準砂	0.702	12.6	18,975	0.287	28.0	0.005	5.06	0.57	0.80	1.44

図3 豊浦標準砂の液状化強度試験データ及びFLIPによる豊浦標準砂の液状化強度特性 (-1 σ)

2. 検討内容

(1) 有効応力解析による残留沈下量

防潮堤前面の地盤の沈下量を二次元有効応力解析により算定した。解析モデルは構造物を線形梁要素，地盤をマルチスプリング要素でモデル化した。解析において，地下水位は保守的に地表面に設定し，地震動は基準地震動 $S_s - D1$ を用いた。また，全ての液状化検討対象層に対して，豊浦標準砂の液状化強度特性 (-1σ) により強制的な液状化を仮定した。

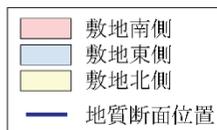
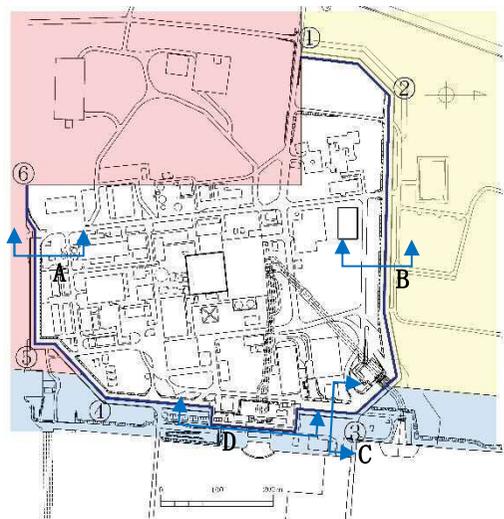
検討断面は，敷地南側の第四紀層が薄い範囲の代表地点としてA断面，敷地北側の第四紀層が厚く堆積した範囲の代表として過圧密粘土層 (Ac層) が最も薄い地点のB断面，敷地東側の海岸より約100 m以内の範囲の地点としてC断面及びD断面を選定した。平面図，地質断面図及び解析断面位置を図4に示し，A～D断面の解析モデルを図5に示す。

有効応力解析による残留沈下量の検討結果を表1に示す。

有効応力解析による地表面の残留沈下量の最大は，敷地南側では0.049 m，敷地北側では0.021 m，敷地東側では0.210 mとなった。

表1 有効応力解析による残留沈下量

	敷地南側 (A断面)	敷地北側 (B断面)	敷地東側 (C, D断面)
最大残留沈下量 (m)	0.049	0.021	0.210



地質構成表

地質時代	地質区分	記号	岩相
第四紀	沖積層	du	砂
		Ag2	砂礫
		Ac	粘土
第四紀	段丘堆積層	As	砂
		Ac1	砂礫
		D2c-3	シルト
		D2s-3	砂
		D2g-3	砂礫
		D2c-2	シルト
		D2g-2	砂礫
新第三紀	久米層	D1g-1	砂礫
		Km	砂質泥岩

液状化検討対象層
(豊浦標準砂と仮定)

1.2-16

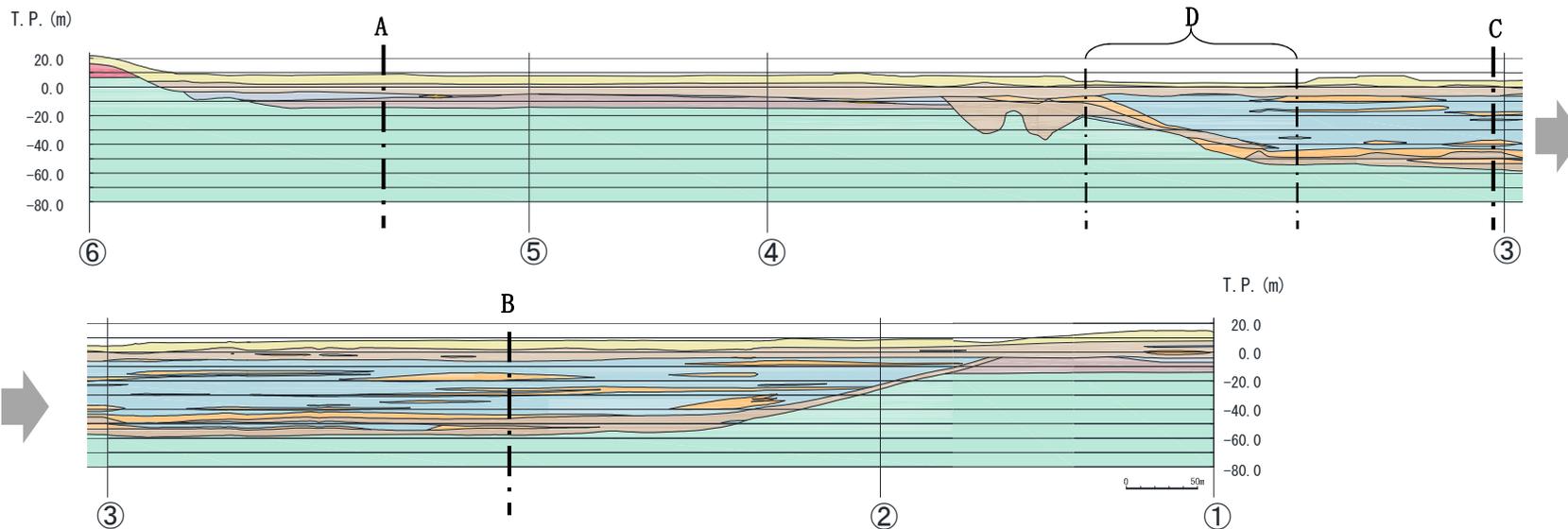


図4 平面図，地質断面図及び解析断面位置

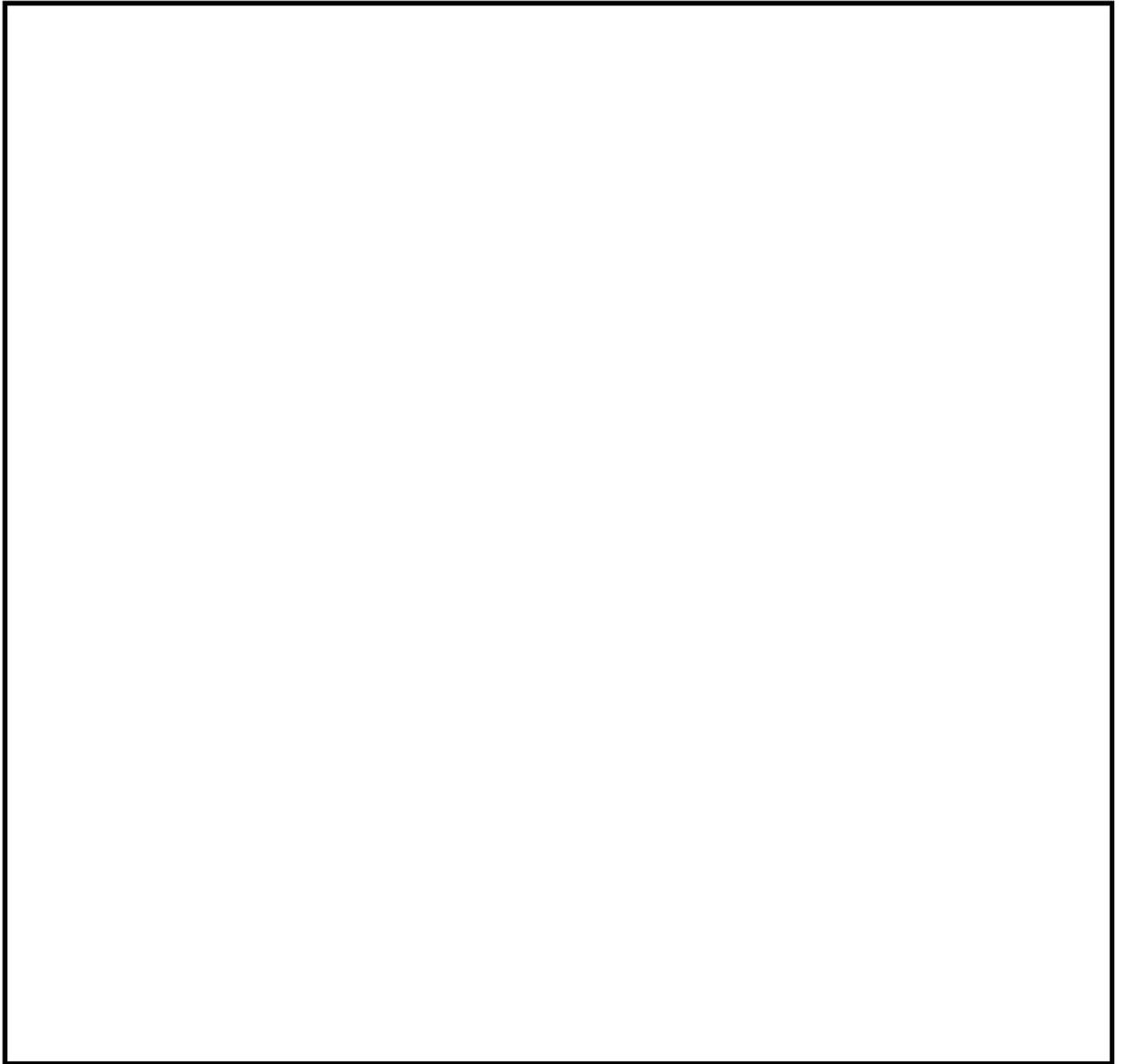


図5 解析モデル図

(2) 過剰間隙水圧の消散に伴う沈下量（排水沈下量）

排水沈下量の算定は、有効応力解析を実施した地点で行った。

排水沈下率は、Ishiharaほか（1992）の地盤の相対密度に応じた最大せん断ひずみと体積ひずみ（沈下率）の関係から設定した。排水沈下量の計算に用いる豊浦標準砂の相対密度は、豊浦標準砂の液状化強度試験に用いられた供試体の相対密度が73.9 %～82.9 %であったことから、沈下量の算定上保守的に70 %とし、沈下率の設定においても解析結果の最大せん断ひずみによらず、安全側に体積ひずみ（沈下率）の最大値を採用した。排水沈下量の算定フローを図6に、相対密度より設定した沈下率を図7に示す。

排水沈下量の検討結果を表2に示す。

敷地南側の排水沈下量は最大0.362 m、敷地北側の排水沈下量は最大0.715 m、敷地東側の排水沈下量は最大0.708 mとなった。

表2 排水沈下量

	敷地南側	敷地北側	敷地東側
最大排水沈下量 (m)	0.362	0.715	0.708

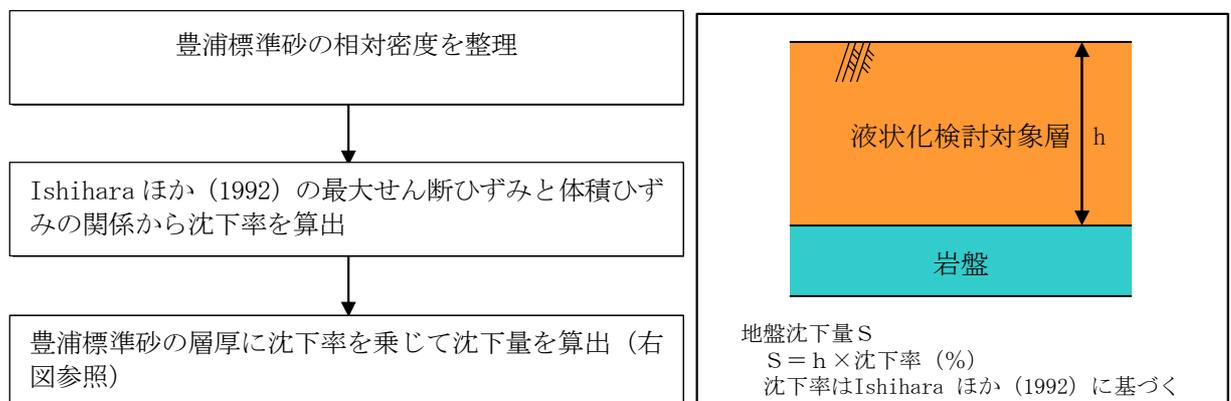


図6 排水沈下量の算定フロー

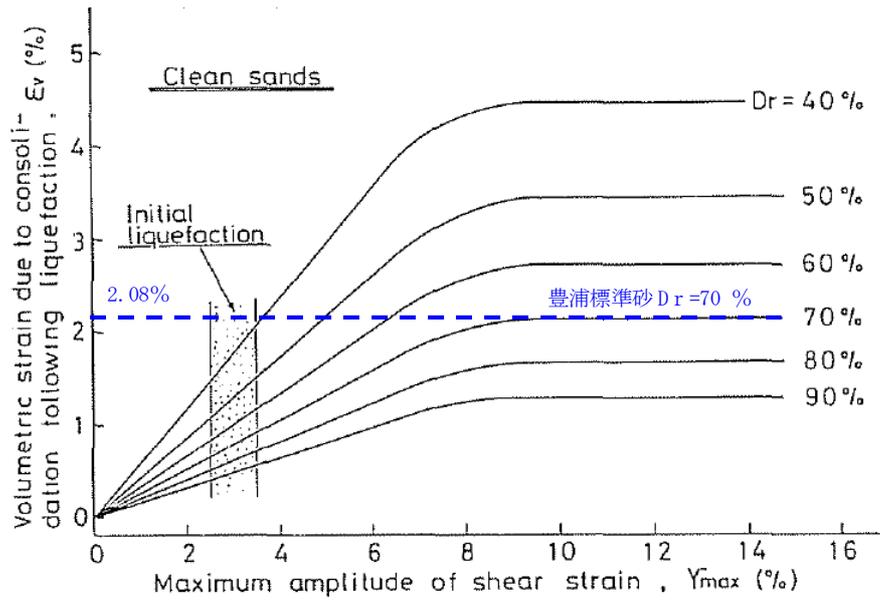


図7 Ishiharaほか (1992) の地盤の最大せん断ひずみと体積ひずみの関係から設定した豊浦標準砂の沈下率

3. 検討結果

有効応力解析から算定した残留沈下量及びIshiharaほか（1992）の地盤の相対密度に応じた最大せん断ひずみと体積ひずみ（沈下率）の関係から算定した排水沈下量の合計を表3に示す。

敷地南側では合計沈下量が0.411 mとなったことから、数値シミュレーションにおいて想定する津波遡上経路の沈下量（以下「想定沈下量」という。）は保守的に0.5 mとする。敷地北側では合計沈下量が0.736 mとなったことから、想定沈下量は保守的に1.0 mとする。敷地東側では合計沈下量が0.918 mとなったことから、想定沈下量を1.5 mとする。

以上の検討結果に基づき、数値シミュレーションで考慮する地震に起因する変状による地形の変化は、図8に示すとおり設定する。

表3 有効応力解析から算定した残留沈下量及びIshiharaほか（1992）の地盤の相対密度に応じた最大せん断ひずみと体積ひずみ（沈下率）の関係から算定した排水沈下量

	敷地南側	敷地北側	敷地東側
	最大沈下量 (m)	最大沈下量 (m)	最大沈下量 (m)
有効応力解析から算定した残留沈下量	0.049	0.021	0.210
Ishihara ほか（1992）から算定した排水沈下量	0.362	0.715	0.708
合計	0.411	0.736	0.918
数値シミュレーションにおいて想定する津波遡上経路の沈下量	0.5	1.0	1.5

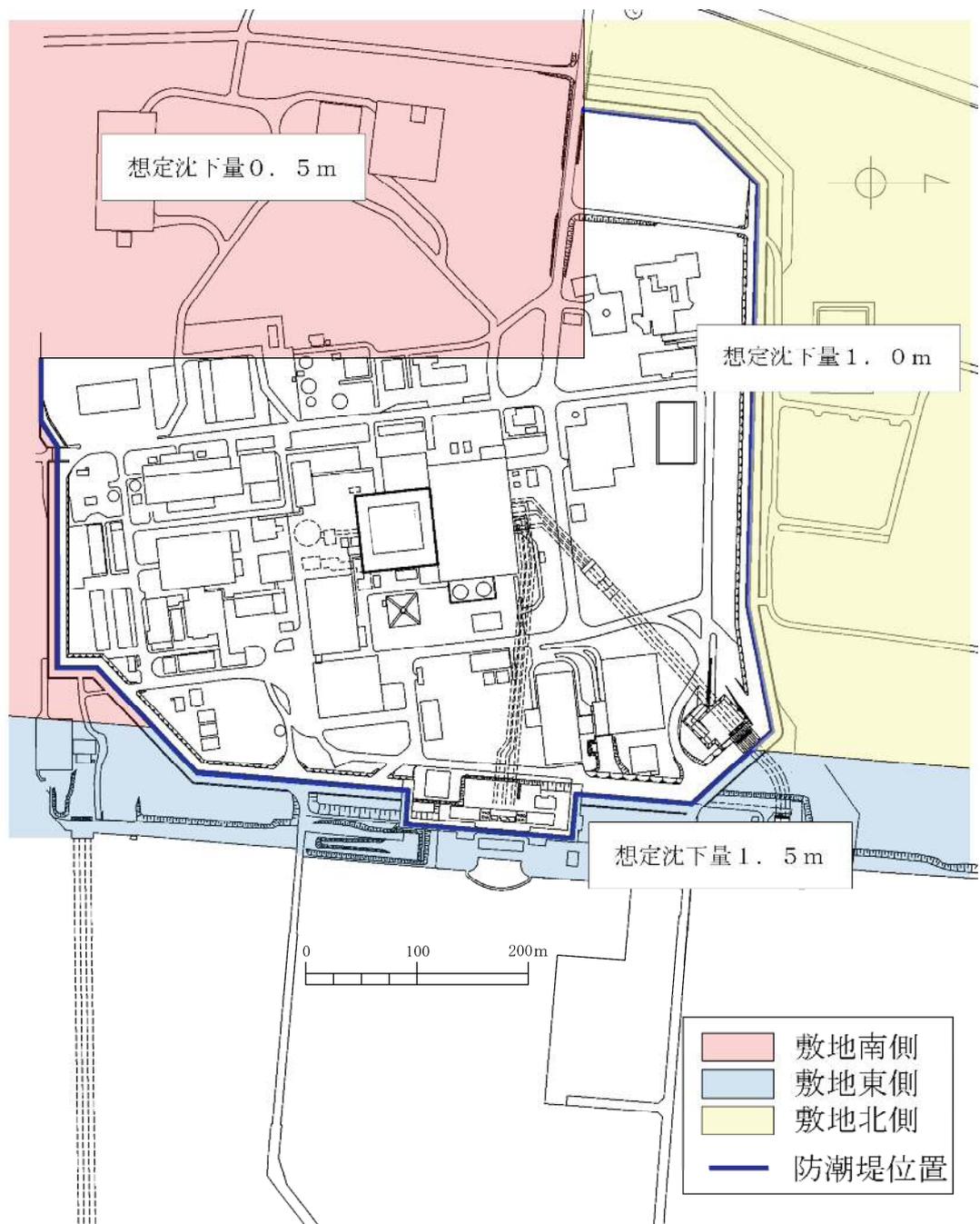


図8 想定沈下量評価結果

(参考 2) 広域的な余効変動を含む 2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量について

広域的な余効変動を含む2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量については、以下に示すとおり0.2mの沈降と設定する。

2011年東北地方太平洋沖地震後に、発電所敷地内にある基準点を対象にGPS測量し、地震前と比較した結果、敷地全体が約0.2m沈降していた。さらに、国土地理院（2017）による2011年東北地方太平洋沖地震（2011年3月）から6年後（2017年6月）までの地殻変動を参照すると、2011年東北地方太平洋沖地震前後では約0.3m程度沈降している。その後、2011年東北地方太平洋沖地震に伴い生じた地殻の沈降は回復傾向にあり、2017年時点において発電所周辺（日立）で約0.2m程度の沈降となっている。これらを考慮し、余効変動を含む2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量として沈降量0.2mとする。表1に東海第二発電所周辺の電子基準点の高さ変動量、図1に2011年東北地方太平洋沖地震前から6年後までの地殻変動量分布、図2に2010年1月～2017年6月における電子基準点（日立）の高さ変動を示す。

なお、耐津波設計の評価に用いる入力津波の設定に当たっては、水位上昇側及び下降側それぞれに対して地殻変動量を安全側に考慮するため、上昇側の水位変動に対しては、余効変動を含む2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動（0.2mの沈降）を考慮する。下降側の水位変動に対しては、2011年東北地方太平洋沖地震の地殻変動量が回復傾向にあることを踏まえ、安全側の評価となるように余効変動を含む2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量（0.2mの沈降）は考慮しない。

表1 東海第二発電所周辺の電子基準点の高さ変動量

観測局名	所在地	高さの変動量 [cm]								
		本震前後 (※1)	本震翌日から 1年後までの累積 (※2)	本震1年後から 2年後までの累積 (※2)	本震2年後から 3年後までの累積 (※2)	本震3年後から 4年後までの累積 (※2)	本震4年後から 5年後までの累積 (※2)	本震5年後から 6年後までの累積 (※2)	本震翌日から 6年間の累積 (※3)	本震前から 6年間の累積 (※4)
日立	茨城県日立市金沢町	-31	4	2	2	1	1	2	12	-19

国土地理院（2017）

(※1) 2011年3月10日と2011年3月12日の比較

(※2) 「本震翌日、1、2、3、4年後から1、2、3、4、5年後までの累積」は、2011年、2012年、2013年、2014年、2015年3月と2012年、2013年、2014年、2015年、2016年3月をそれぞれ比較したもの、「本震5年後から6年後までの累積」は2016年2月と2017年2月を比較したもの

(※3) 2011年3月12日と2017年2月の比較

(※4) 2011年2月と2017年2月の比較

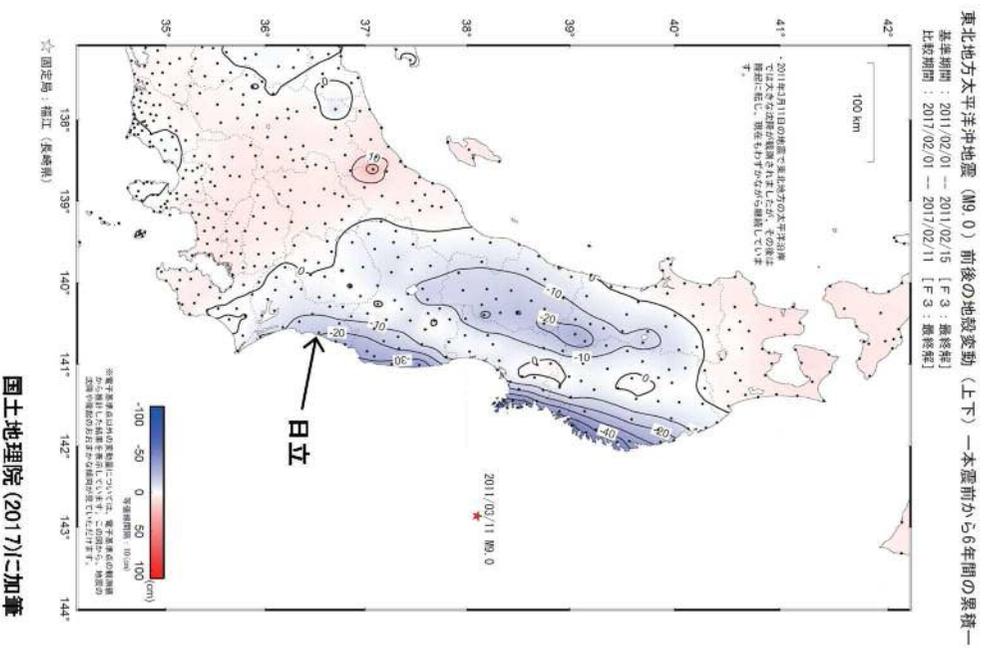


図 1 2011 年東北地方太平洋沖地震前から 6 年後までの地殻変動量分布

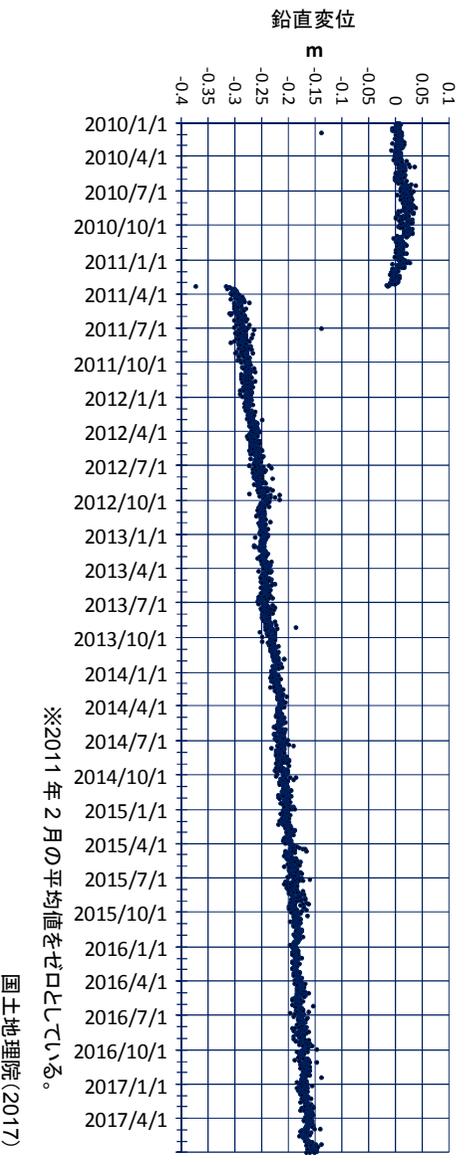


図 2 2010 年 1 月～2017 年 6 月における電子基準点 (日立) の鉛直変動

(参考 3) 地震による防波堤への影響評価について

1. 防波堤の施設概要

東海第二発電所の防波堤は、傾斜堤、ケーソン堤及び物揚岸壁からなる。傾斜堤は捨石や消波ブロック類からなり、上端には上部工を設置し道路として使用している。ケーソン堤は傾斜堤の先端部に 2 函ずつ設置されている。また、物揚岸壁は北側の防波堤にあり、港内側は控え杭式鋼管矢板の岸壁からなる。平面図及び構造断面図を図 1～図 8 に、東海港深淺図を図 9 に示す。

評価を行う断面は、構造形式の異なる傾斜堤、ケーソン堤の 2 断面を選定した。傾斜堤の評価位置は、水深が深い北防波堤先端付近とし、また、大型船舶の緊急離岸のための航路も考慮し、航路幅が最も狭隘となる断面①-①を選定した。ケーソン堤の評価断面は、同様に緊急離岸航路を考慮し南防波堤ケーソン堤断面②-②とした。

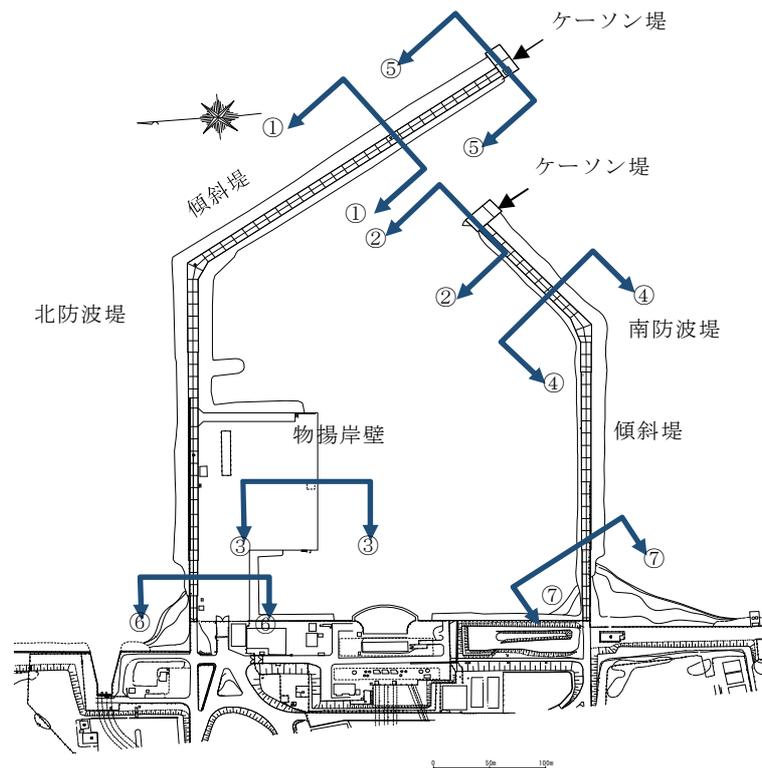


図 1 港湾施設平面図

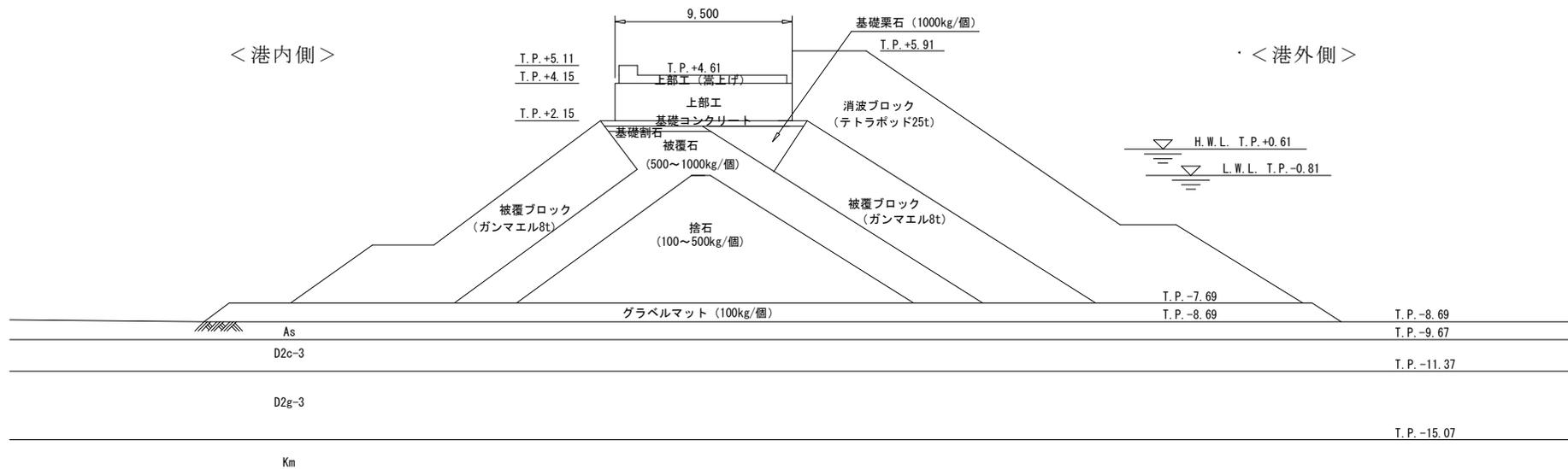


図2 北側防波堤傾斜堤断面 (①-①)

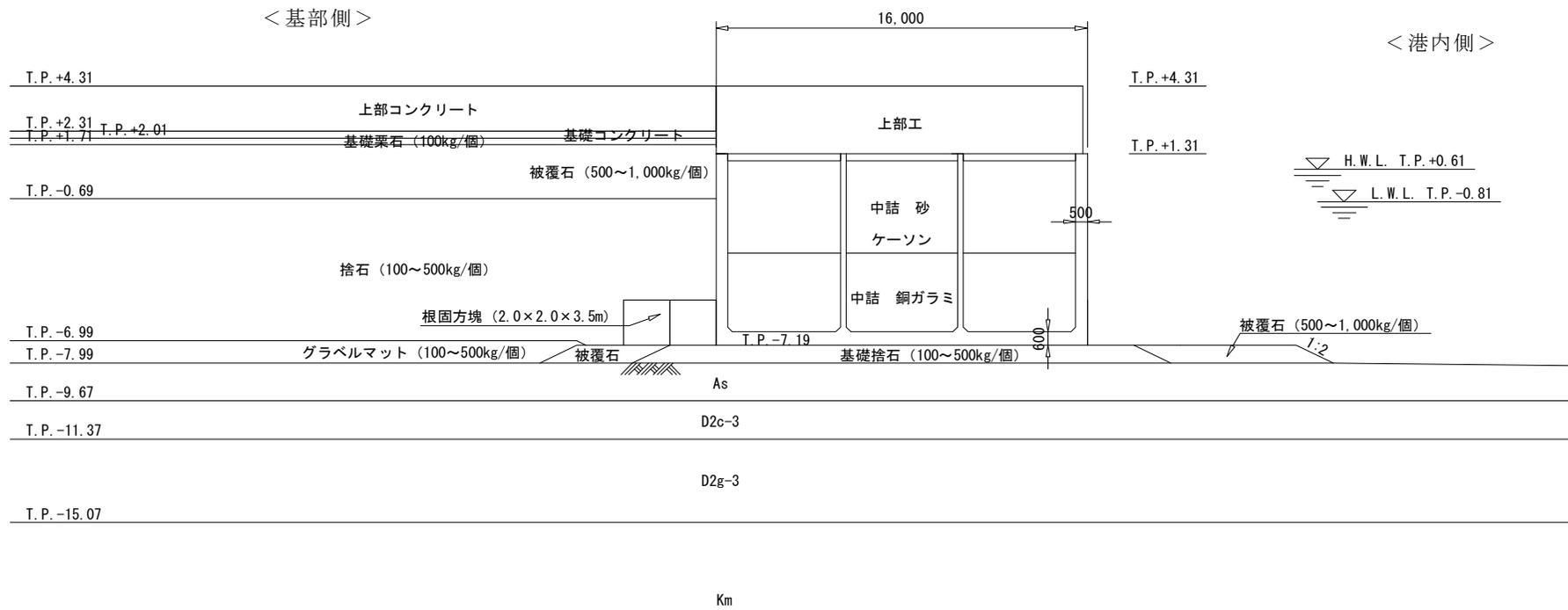


図3 南側防波堤ケーソン堤断面 (②-②)

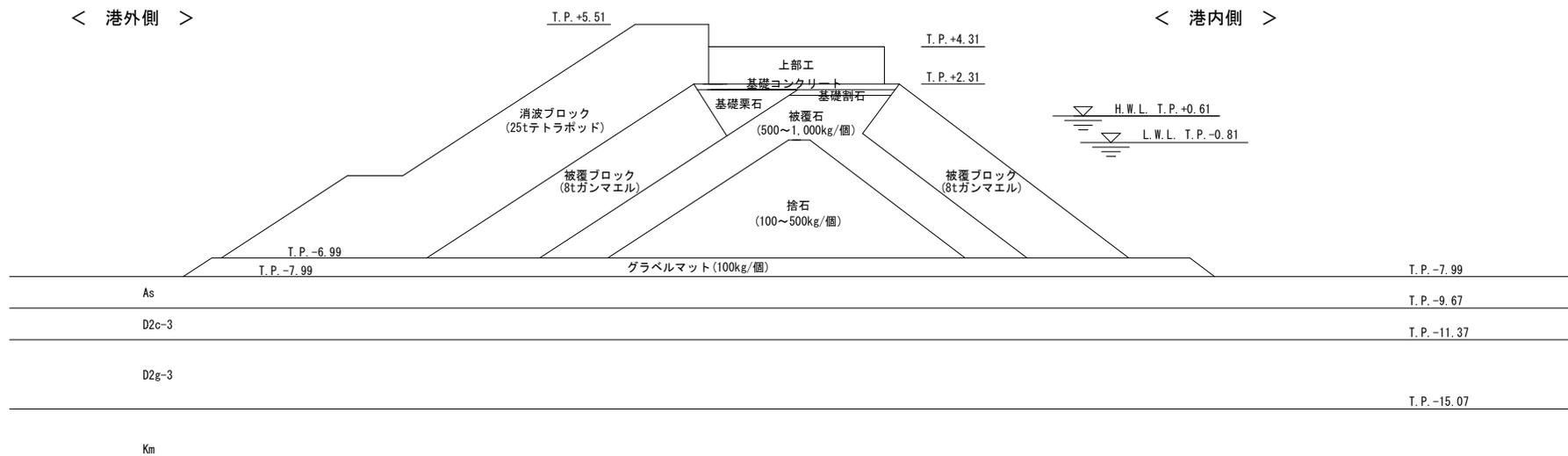


図 5 南側防波堤傾斜堤断面 (㊤-㊤)

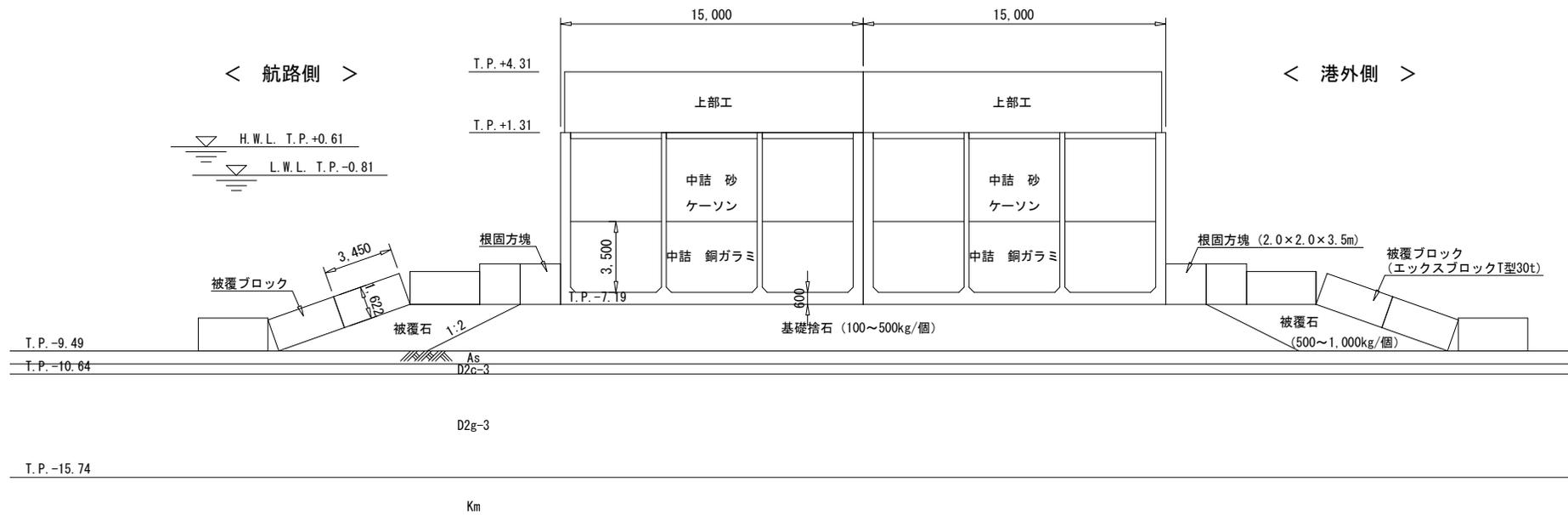


図6 北側防波堤ケーソン堤断面 (⑤-⑤)

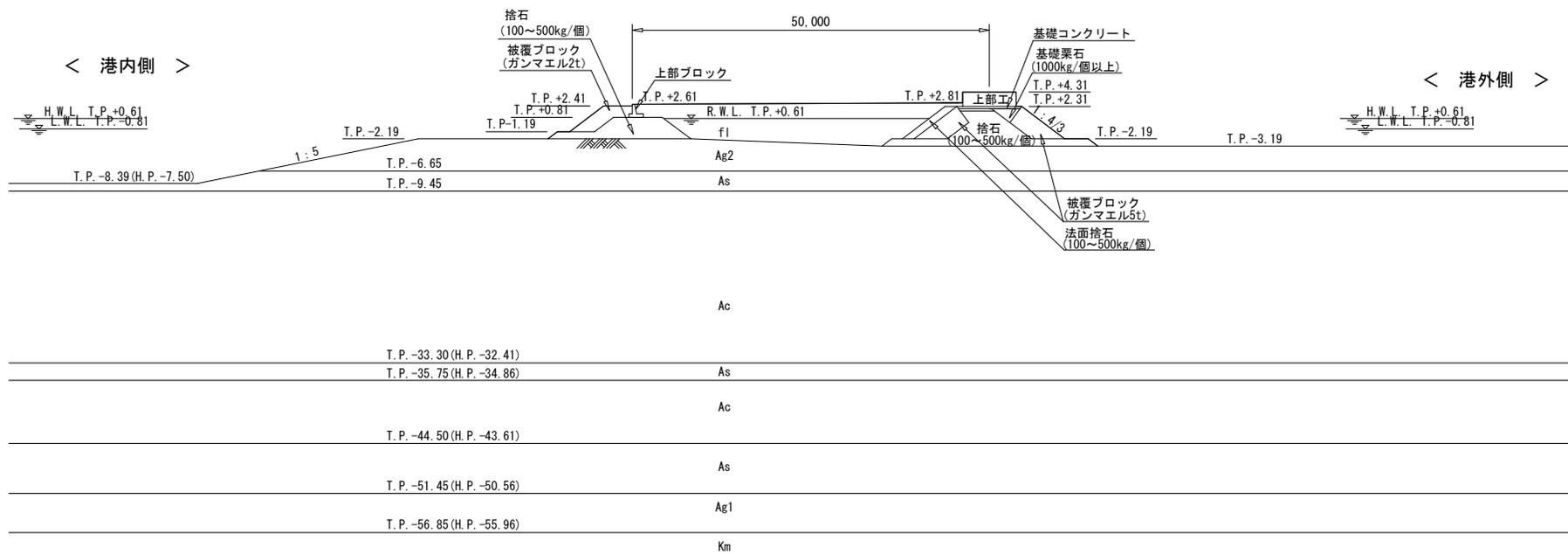


図7 物揚岸壁進入路断面 (⑥-⑥)



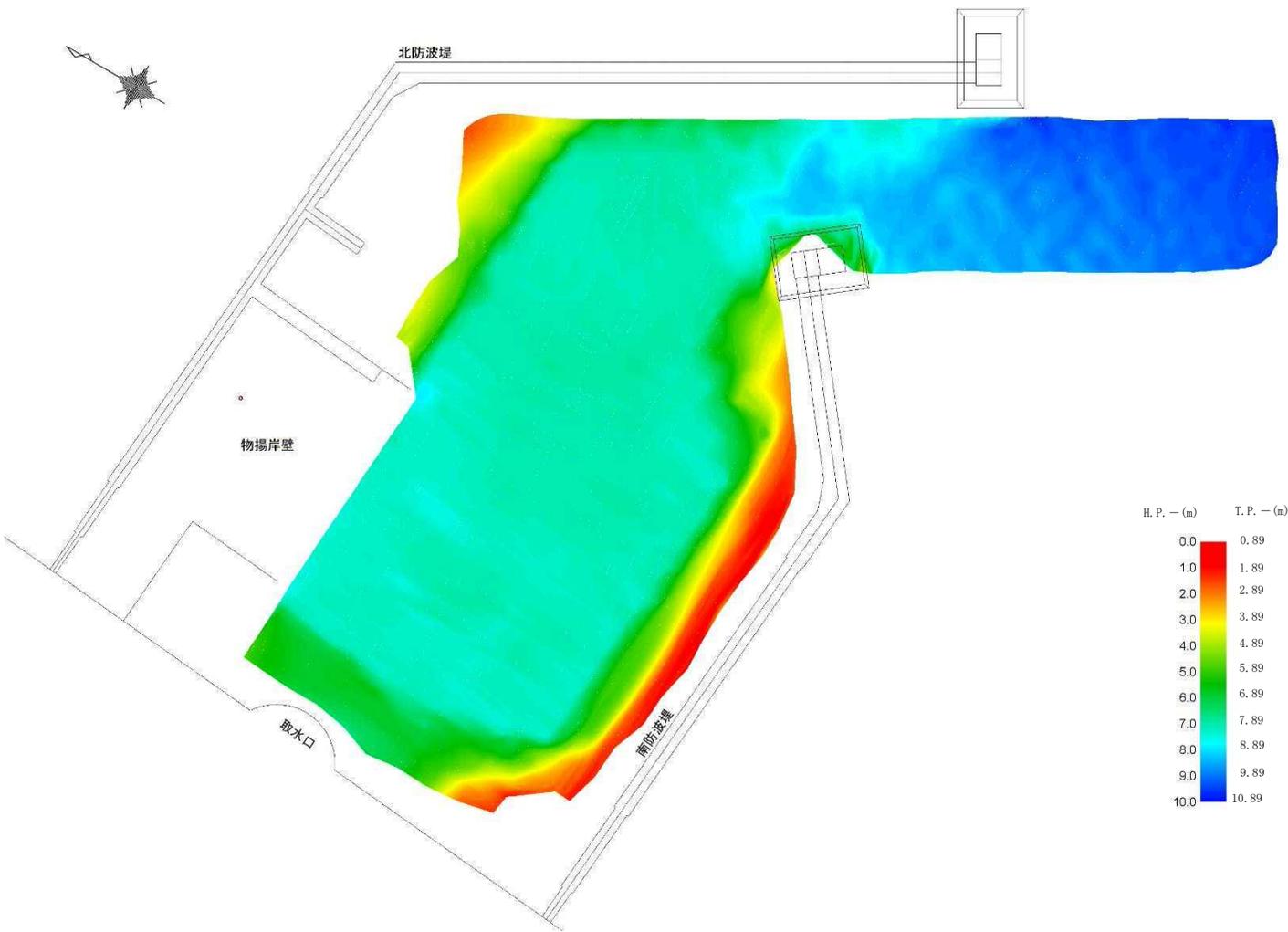


图 9 东海港深浅图 (2016 年 12 月 12 日测量)

2. 地震時評価

2.1 有効応力解析による評価

(1) 解析方法

防波堤の基礎地盤には、液状化検討対象層が分布しているため、地震後の状態を確認する上で、二次元有効応力解析（FLIP Ver. 7.3.0_2）を用いた地震応答解析を行う。

1) 構造部材

ケーソン及び上部工は、剛体として挙動するため線形弾性体としてモデル化する。

傾斜堤を構成する捨石、被覆石等の石材はマルチスプリング要素でモデル化し、傾斜堤の基礎部ではない消波ブロックは節点荷重でモデル化する。

2) 地盤

地盤の動的変形特性には、Hardin-Drnevich モデルを適用したマルチスプリング要素により、割線せん断剛性比と履歴減衰率のせん断ひずみ依存性を考慮する。

3) 減衰定数

減衰特性は、数値計算の安定のための Rayleigh 減衰と、地盤の履歴減衰を考慮する。

(2) 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、以下の通り設定する。

1) 荷重

地震応答解析において考慮する荷重を以下に示す。

a. 常時荷重

常時荷重として、構造物及び海水の自重を考慮する。

物揚岸壁については、「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、上載荷重（15 kN/m²）を考慮する。

b. 地震荷重

地震荷重として、基準地震動 S_s による地震力を考慮する。

2) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 1 に示す。

表 1 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S_s)	a + b

(3) 入力地震動

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を一次元波動論によって地震応答解析モデルの下端位置で評価した地震波を用いる。

入力地震動算定の概念図を図 10 に示す。

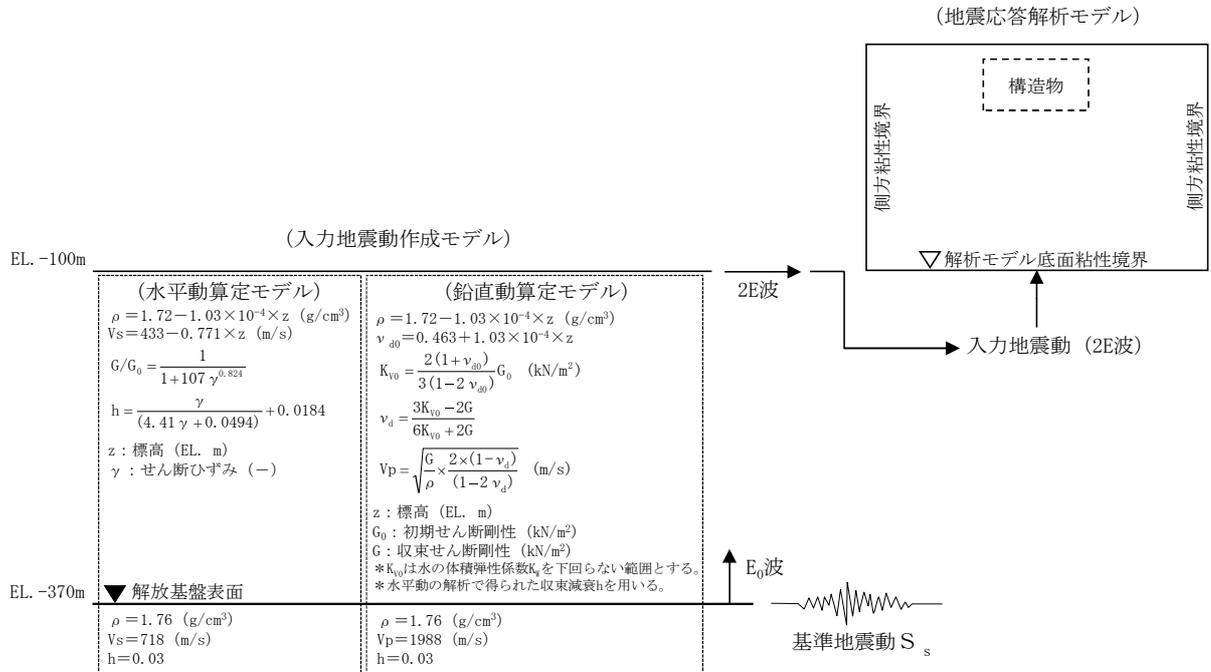


図 10 入力地震動算定の概念図

(4) 解析モデル

地震応答解析モデルを図 11 に示す。

1) 解析領域

解析領域は、側方境界及び底面境界が構造物の応答に影響しないよう、構造物と側方境界及び底面境界との距離が十分長くなるよう広く設定する。

2) 境界条件

解析領域の側面及び底面には、エネルギーの逸散効果を評価するため、粘性境界を設ける。

3) 構造物のモデル化

構造物のコンクリート部材は線形平面要素でモデル化する。また、傾斜堤の石材はマルチスプリング要素、消波ブロックは節点荷重でモデル化する。

4) 地盤のモデル化

地盤は、地質区分に基づき、平面ひずみ要素でモデル化する。

5) ジョイント要素

構造物と地盤の境界部にジョイント要素を設けることにより、構造物と地盤の剥離及びすべりを考慮する。

6) 水位条件

海面の水位は、基準津波時の水位評価に用いた朔望平均干潮位 L. W. L. T. P. -0.81 m とする。



図 11 地震応答解析モデル（傾斜堤，ケーソン堤断面）

(5) 使用材料及び材料の物性値

1) 構造物の物性値

使用材料を表 2 に、材料の物性値を表 3 に示す。

表 2 使用材料

材料	部位	諸元
コンクリート	上部工	設計基準強度 24.0 N/mm ²
	基礎	設計基準強度 18.0 N/mm ²
	ケーソン (気中)	設計基準強度 24.0 N/mm ²
	ケーソン (海中)	設計基準強度 24.0 N/mm ²

表 3 材料の物性値

材料	部位	単位体積重量 (kN/m ³)	ヤング係数 (kN/mm ²)	ポアソン比
コンクリート	上部工	24.0	25	0.2
	基礎	22.6	22	0.2
	ケーソン (気中)	21.8	25	0.2
	ケーソン (海中)	21.8	25	0.2
	根固方塊	22.6	22	0.2

2) 地盤の物性値

解析に用いる地盤の物性値と液状化パラメータを表4に示す。液状化検討対象層であるdu層，Ag2層，As層，Ag1層及びD2g-3層について液状化強度特性を設定する。液状化パラメータについては，液状化強度試験結果より設定する。

試験結果から設定した解析上の液状化強度曲線を図12に示す。なお，液状化強度特性が保守的に評価されるように，液状化強度試験値の平均-1σの液状化強度特性を再現するように設定する。

表4(1) 地盤の物性値と液状化パラメータ

名称	記号	単位	du	Ag2	Ac	As
単位体積質量	ρ	t/m ³	1.98	2.01	1.65	1.74
間隙率	n	—	0.43	0.40	0.61	0.55
基準せん断弾性係数	G _{ma}	kN/m ²	253,389	278,044	121,857	143,367
基準体積弾性係数	K _{ma}	kN/m ²	443,431	463,407	111,702	250,892
基準平均有効主応力	σ_{ma}'	kN/m ²	358	497	480	378
拘束圧依存係数	mG, mK	—	0.50	0.50	0.50	0.50
ポアソン比	ν	—	0.26	0.25	0.10	0.26
内部摩擦角	ϕ	°	37.3	37.4	29.1	41.0
粘着力	c	kN/m ²	0	0	25	0
最大減衰定数	h _{max}	—	0.220	0.233	0.200	0.216
液状化パラメータ	ϕ_p	°	34.8	34.9	—	38.3
	s1	—	0.047	0.028	—	0.046
	w1	—	6.5	56.5	—	6.9
	p1	—	1.26	9.00	—	1.00
	p2	—	0.80	0.60	—	0.75
	c1	—	2.00	3.40	—	2.27

表 4 (2) 地盤の物性値と液状化パラメータ

名称	記号	単位	Ag1	D2c-3	D2g-3	Km
単位体積質量	ρ	t/m ³	2.01	1.77	2.15	$1.72-1.03 \times 10^{-4} \times Z$
間隙率	n	—	0.40	0.52	0.30	0.54
基準せん断弾性係数	G_{ma}	kN/m ²	392,183	285,240	1,361,843	$\rho \times V_s^2$
基準体積弾性係数	K_{ma}	kN/m ²	653,638	414,277	2,383,225	$2(1 + \nu) / 3 / (1 - 2\nu) \times G_{ma}$
基準平均有効主応力	σ_{ma}'	kN/m ²	814	696	1167	動的変形試験における有効 上載圧と静ポアソン比より深 度毎に設定
拘束圧依存係数	mG, mK	—	0.50	0.50	0.50	0.00
ポアソン比	ν	—	0.25	0.22	0.26	$0.16 + 0.00025 \times Z$
内部摩擦角	ϕ	°	37.4	35.6	44.4	$23.2 + 0.099 \times Z$
粘着力	c	kN/m ²	0	26	0	$358 - 6.03 \times Z$
最大減衰定数	h_{max}	—	0.221	0.186	0.130	履歴減衰率のせん断ひずみ 依存性試験データを最小二 乗法誤差で再現する最大履 歴減衰率を設定
液状化パラメータ	ϕp	°	34.9	—	41.4	—
	s1	—	0.029	—	0.030	—
	w1	—	51.6	—	45.2	—
	p1	—	12.0	—	8.00	—
	p2	—	0.60	—	0.60	—
	c1	—	3.35	—	3.82	—

Z: 標高

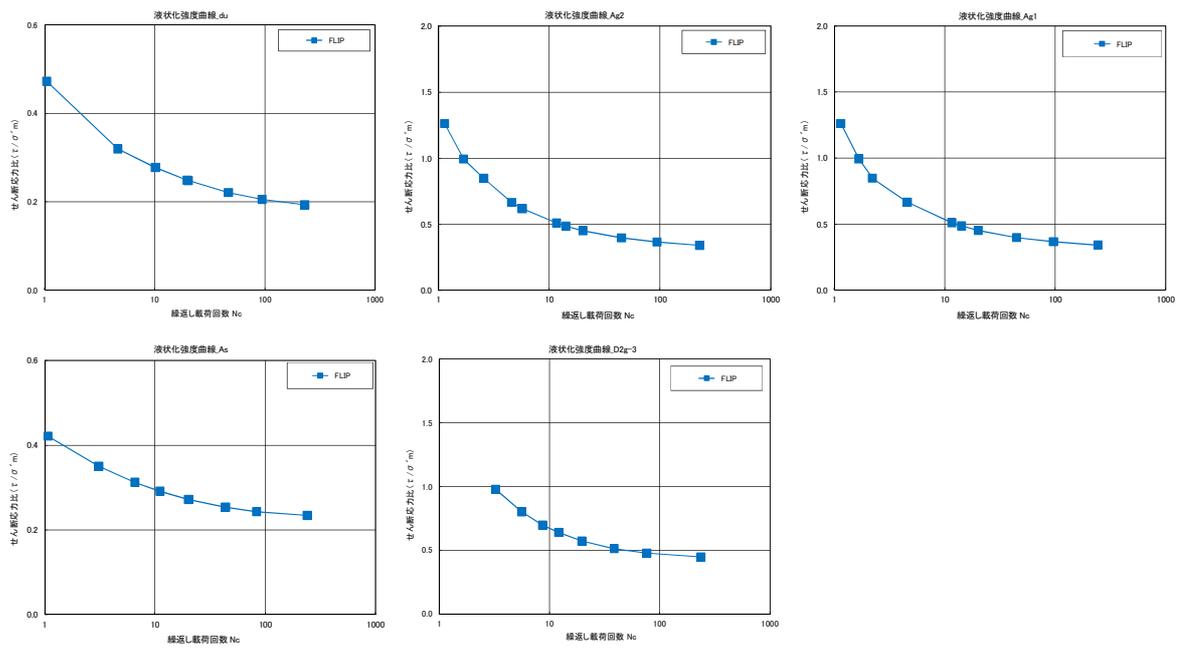


図 12 液状化強度曲線

3) ジョイント要素

構造物と地盤の境界部にジョイント要素を設けることを基本とし、境界部での剥離及びすべりを考慮する。ジョイント要素の特性は法線方向、接線方向に分けて設定する。D 2 g ー 3 線方向では、構造物と地盤の境界部のせん断抵抗力以上のせん断応力が発生した場合、剛性をゼロとし、すべりを考慮する。静止摩擦力 τf は Mohr-Coulomb 式により規定する。

4) 荷重の入力方法

a. 常時荷重

常時荷重である自重は、鉄筋コンクリート等の単位体積重量を踏まえ、構造物の断面の大きさに応じて算定する。

b. 地震荷重

地震荷重は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を、一次元波動論によって地震応答解析モデルの下端位置で評価した地震波を用いて算定する。

(6) 評価結果

現状のケーソン堤，傾斜堤に対する評価結果を示す。

1) ケーソン堤

ケーソン堤は基準地震動 S_s 後に多少傾斜し，水平残留変位量は約 30 cm，鉛直残留変位量は約 26 cm である。

したがって，基準地震動 S_s 後，津波襲来前のケーソン堤の状態としては，ほぼ当初の位置，高さを確保しているものと判断される。残留変位図を図 13，過剰間隙水圧比分布図を図 14 に示す。

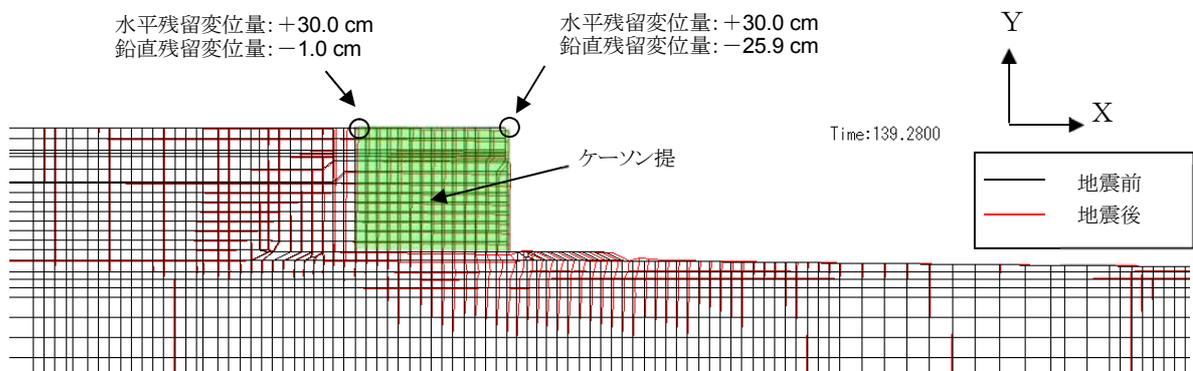


図 13 残留変位図（ケーソン堤）

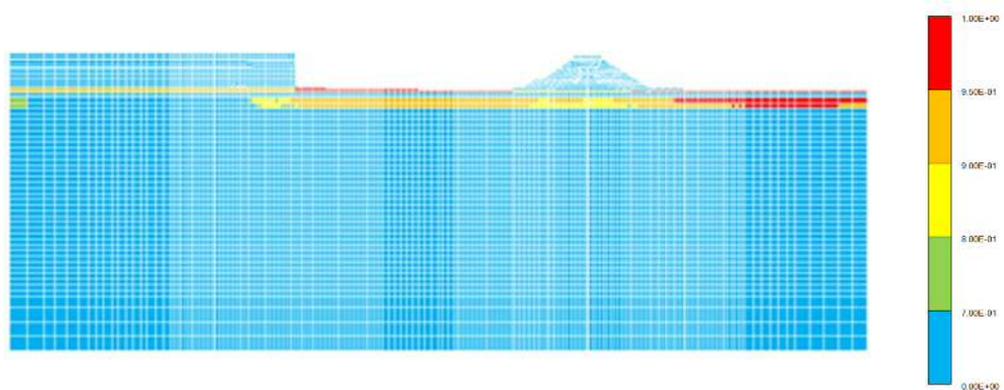


図 14 過剰間隙水圧比分布図

2) 傾斜堤

傾斜堤の基準地震動 S_s による水平残留変位量は約 43 cm, 鉛直残留変位量は堤外側で約 97 cm である。

したがって, 基準地震動 S_s 後, 津波襲来前の傾斜堤の状態としては, ほぼ当初の位置に存在するものの, 傾斜堤天端高さとしては約 1 m 低い状態にあると判断される。残留変位図を図 15, 過剰間隙水圧比分布図を図 16 に示す。

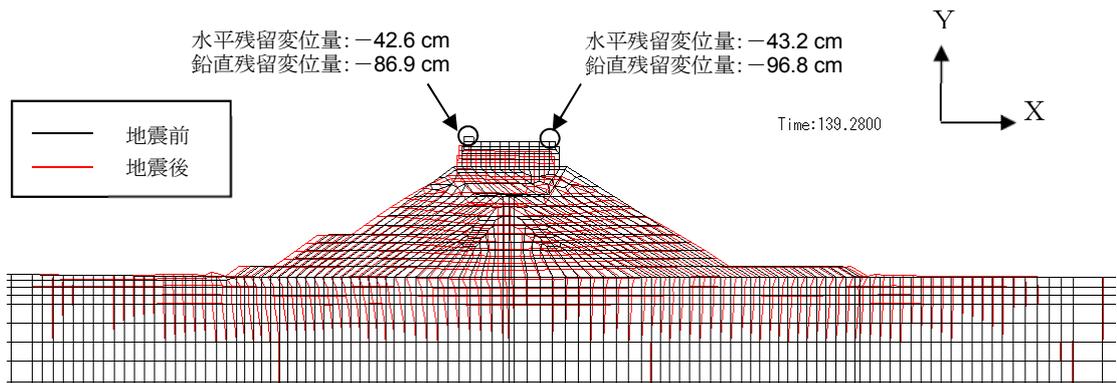


図 15 残留変位図 (傾斜堤)

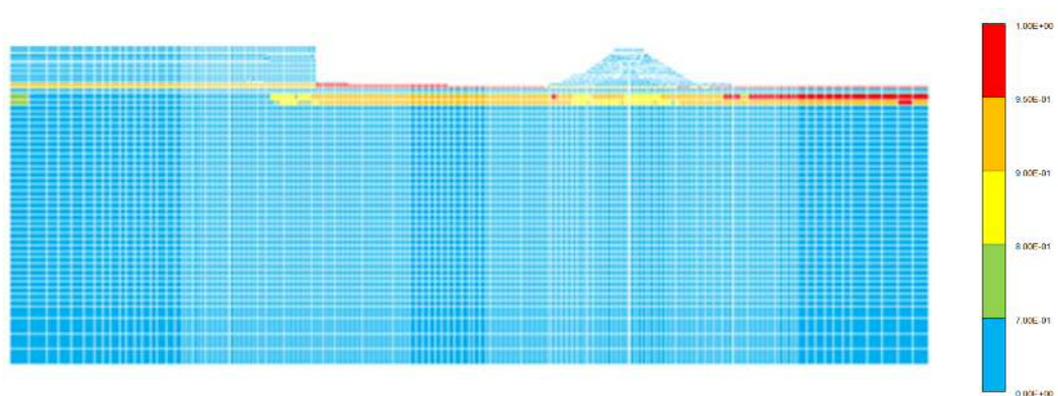


図 16 過剰間隙水圧比分布図

2.2 過剰間隙水圧の消散に伴う沈下量（排水沈下量）

地震時評価として、過剰間隙水圧の消散に伴う沈下量（排水沈下量）の算定を実施した。排水沈下量の算定は、有効応力解析を実施した地点で行った。排水沈下量の検討結果を表5に示す。

排水沈下量の算定に用いる排水沈下率は、Ishihara ほか（1992）の地盤の相対密度に応じた最大せん断ひずみと体積ひずみ（沈下率）の関係から設定した。排水沈下量の計算に用いる沈下率は、解析結果の最大せん断ひずみによらず、安全側に体積ひずみ（沈下率）の最大値を採用した。排水沈下量の算定フローを図17に、相対密度より設定した沈下率を図18に示す。

ケーソン堤の排水沈下量は最大0.085 m、傾斜堤の排水沈下量は最大0.070 mとなった。

表5 排水沈下量

	ケーソン堤	傾斜堤
最大排水沈下量(m)	0.085	0.070

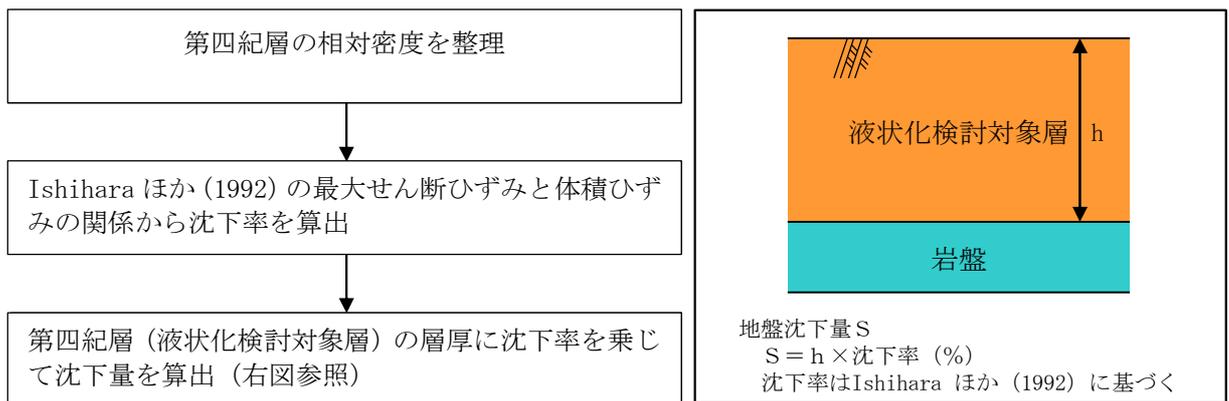


図17 排水沈下量の算定フロー

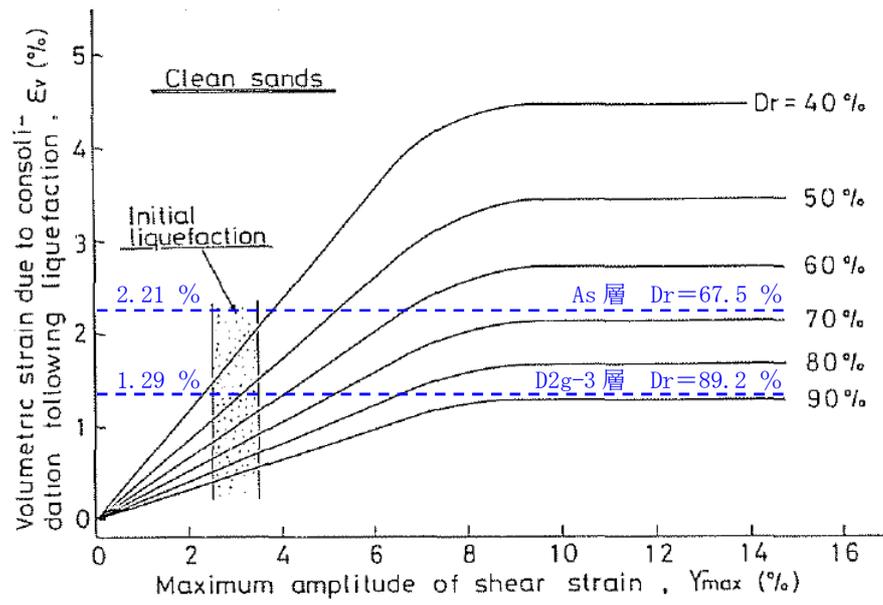


図18 Ishiharaほか (1992) の地盤の最大せん断ひずみと体積ひずみの関係から設定した第四紀層 (As層及びD2g-3層) の沈下率

2.3 地震時沈下量の整理

地震時に発生する最大の沈下量として、有効応力解析から算定した残留沈下量及び Ishihara ほか (1992) の地盤の相対密度に応じた最大せん断ひずみと体積ひずみ (沈下率) の関係から算定した排水沈下量の合計を表 6 に示す。

ケーソン堤及び傾斜堤における沈下量の合計は、それぞれ 0.344 m 及び 1.038 m となり、防波堤が 1 m 程度沈下する結果が得られた。

津波シミュレーションでは、防波堤の沈下が及ぼす影響を確認することを目的とし、防波堤がある場合と無い場合のケースに加え、防波堤が沈下した場合のケースを実施する。本検討結果を踏まえ、その津波シミュレーションにおいて考慮する防波堤の沈下量は 1 m とする。

表6 有効応力解析から算定した残留沈下量及びIshiharaほか (1992) の地盤の相対密度に応じた最大せん断ひずみと体積ひずみ (沈下率) の関係から算定した排水沈下量

	ケーソン堤 最大沈下量 (m)	傾斜堤 最大沈下量 (m)
有効応力解析から算定した残留沈下量	0.259	0.968
Ishihara ほか (1992) から算定した排水沈下量	0.085	0.070
合計	0.344	1.038
津波シミュレーションにおいて考慮する防波堤の沈下量	1 m	

(参考 4) 防波堤の高さが 1m 低い状態での津波高さへの影響について

防潮堤前面における入力津波の設定に当たり、防波堤の有無による影響に加えて、その中間状態として防波堤が地震により状態変化した場合の影響評価を実施した。防波堤の沈下量評価結果を踏まえ、防波堤の高さを1m沈下させた場合を想定して数値シミュレーションを実施した。地震による防波堤の状態変化を考慮した防潮堤前面における上昇側水位への影響評価結果を図1に示す。防潮堤前面における水位を評価した結果、防波堤がない場合における評価値を上回らないことを確認した。

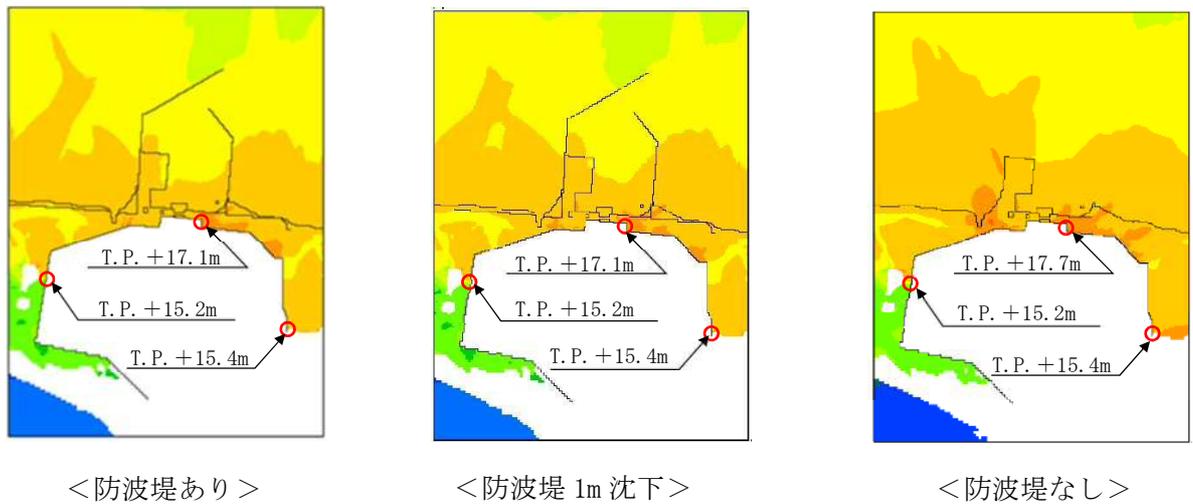


図1 防波堤の 1m 沈下を考慮した場合の評価結果

(参考5) 数値シミュレーションにおいて考慮する条件の一覧

		水位変動		地殻変動		地盤変状	人工構造物の形状変化	
		朔望平均潮位	潮位のばらつき	茨城県沖から房総沖に想定するプレート間に想定される地震による広域的な地殻変動量	広域的な余効変動を含む2011年東北地方太平洋沖地震による潮位変動	基準地震動S ₀ による地盤変状	敷地内並びに茨城港日立港区及び茨城港常陸那珂港区の防波堤の形状変化	東海発電所の人工構造物の形状変化
基準津波	上昇側	朔望平均満潮位 T.P. +0.61m を考慮する。	0.18m を考慮する。	0.31m の沈降を考慮する。	0.2m の沈降を考慮する。	地盤沈下の有無を考慮する。	防波堤の有無を考慮する。	考慮しない。 ^{*1}
	下降側	朔望平均干潮位 T.P. -0.81m を考慮する。	0.16m を考慮する。	考慮しない。	考慮しない。 ^{*2}	地盤沈下の有無を考慮する。	防波堤の有無を考慮する。	考慮しない。 ^{*1}
敷地に遡上する津波	上昇側	朔望平均満潮位 T.P. +0.61m を考慮する。	考慮しない。	0.46m の沈降を考慮する。	0.2m の沈降を考慮する。	考慮しない。 (地盤沈下なし。)	考慮しない。 (防波堤なし。)	人工構造物の有無を考慮する。

*1 防潮堤内側の人工構造物となるため、数値シミュレーションへの影響はない。

*2 数値シミュレーションの初期条件として0.2mの沈降を考慮して解析を実施し、数値シミュレーションの結果に-0.2mを差し引いて沈降の影響を除いている。

1.3 港湾内の局所的な海面の励起について

図 1.3-1 に基準津波（上昇側）による敷地周辺の最大水位上昇量分布，図 1.3-2 に港湾内の時刻歴波形の地点別比較を示す。

図 1.3-1 に示すとおり，港湾の内外において，最大水位上昇量傾向に大きな差異はなく，文献⁽¹⁾より求めた港湾の固有周期(4分程度)と基準津波の周期(30分程度)が大きく異なることから，港湾内の局所的な海面の励起は生じていないと推測される。

図 1.3-2 は，津波の伝播経路を考え，①港口→②泊地中央，②泊地中央→④港奥北，②泊地中央→③取水口前面，②泊地中央→⑤港奥南の水位の時刻歴波形をそれぞれ重ね合わせて示している。

図 1.3-2 から，40分付近の第1ピークは，第 1.3-1 図の最大水位上昇量分布からも分かるように，敷地に津波が遡上し，港湾外からの越流も含まれているため，②泊地中央よりも③取水口前面・④港奥北・⑤港奥南で大きくなっている。

第1ピーク以降において，①港口→②泊地中央の波形はあまり変わらないのに対し，②泊地中央→④港奥北・⑤港奥南では上昇側のピーク値が伝播先の奥側で大きくなっている傾向が確認できる。上昇が著しいのは100分付近の第3ピークで②泊地中央のピーク値に対して④港奥北で0.6m程度，⑤港奥南で0.7m程度の増幅となっている。これら時間帯の直前の引き波が最も大きいピークであることから，大きな引き波の後に押し寄せる押し波によって増幅傾向が増大していると推察される。一方，第2，第4の上昇側ピークについては増幅があまり大きくない。

以上のことから，津波による港湾内の局所的な海面の固有振動による励起は生じていないと考えられる。

※文献⁽¹⁾水理公式集—昭和60年版—，土木学会，p.563-564，1985

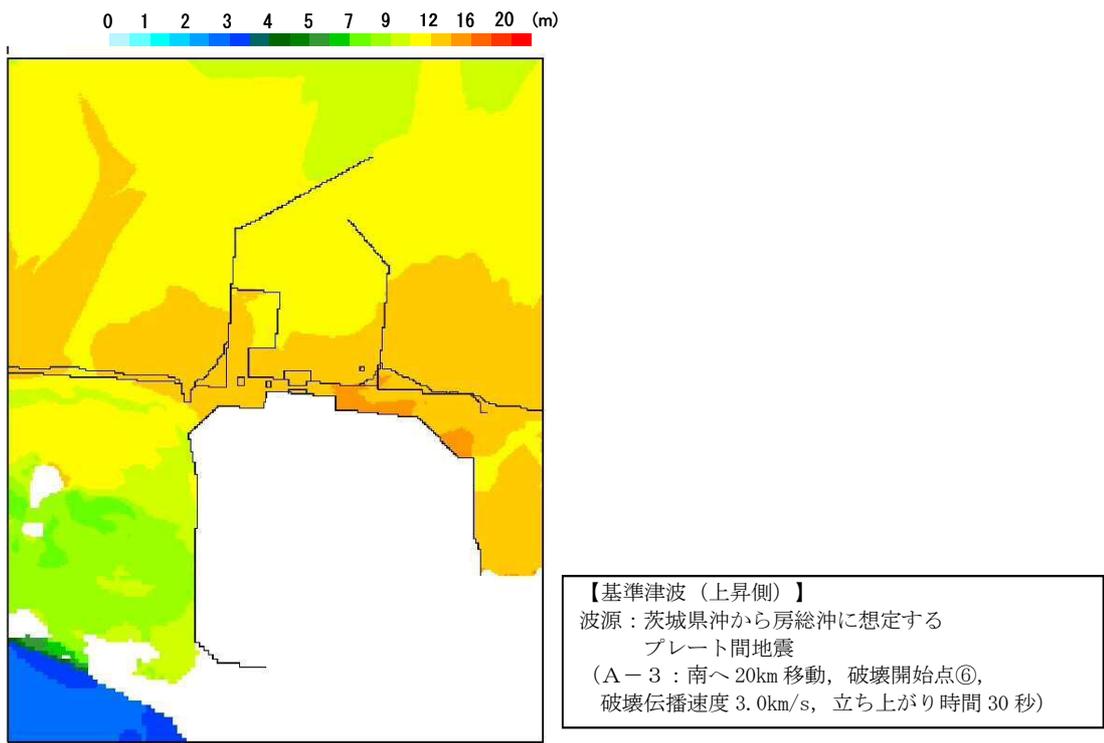
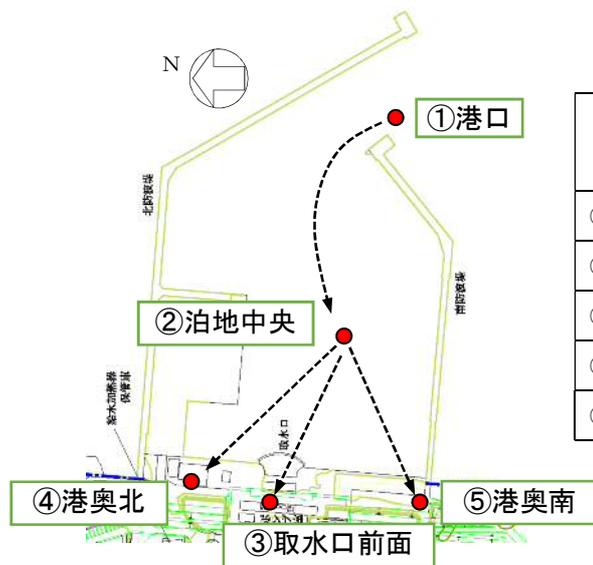


図 1.3-1 基準津波（上昇側）による敷地周辺における最大水位上昇量分布



各地点のピーク水位 (T.P. +m)

地点	第1	第2	第3	第4
	ピーク	ピーク	ピーク	ピーク
① 港口	11.54	4.56	4.28	3.34
② 泊地中央	12.15	4.79	4.36	3.55
③ 取水口前面	14.08	4.86	4.72	3.78
④ 港奥北	14.70	4.90	4.95	3.81
⑤ 港奥南	15.69	4.87	5.10	3.85

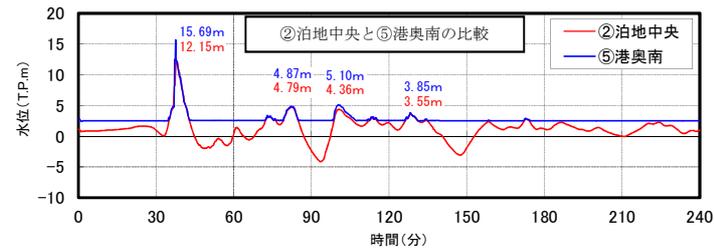
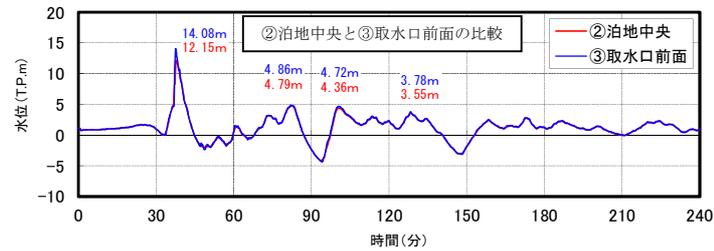
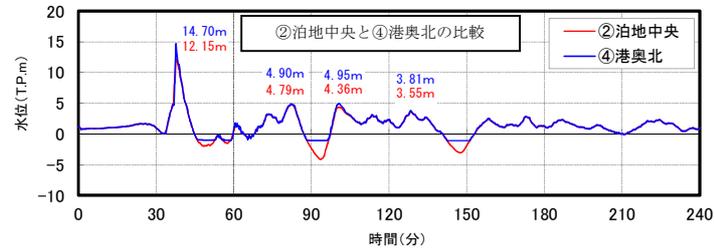
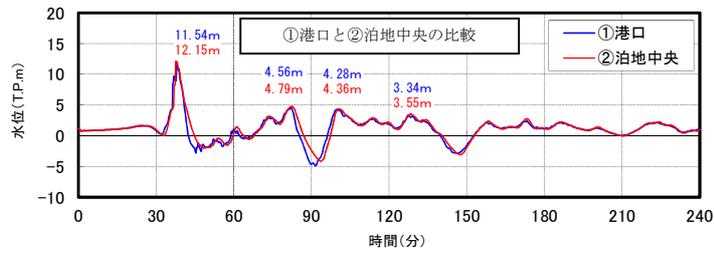


図 1.3-2 港湾内における時刻歴波形の地点別比較

(参考) ②泊地中央→⑤港奥南の水位のピークに関する考察

②泊地中央→④港奥北, ②泊地中央→③取水口前面, ②泊地中央→⑤港奥南の水位の時刻歴波形をそれぞれ重ね合わせたものを比較した結果, ④港奥北及び③取水口前面に比べ, ⑤港奥南で第一ピーク時の水位が高くなっている。この現象が発生した原因について以下の通り考察した。

図 1.3-3 の結果, ⑤港奥南の第一ピーク時において波形に段差が生じており, その後ピークが突出している傾向を示している。これは, 第 1.3-4 図から, 港外南側からの入射波が港内を經由する入射波に比べて早く防潮堤に衝突し, 防潮堤から反射した港外南側の入射波と港内を經由する入射波が衝突したことで水位が増幅したと考えられる。また, ⑤港奥南では水深が浅いことから, 局所的に水位が高くなったことも要因として挙げられる。

以上のことから, ④港奥北及び③取水口前面に比べ, ⑤港奥南で第一ピーク時の水位が大きくなっていると推定される。

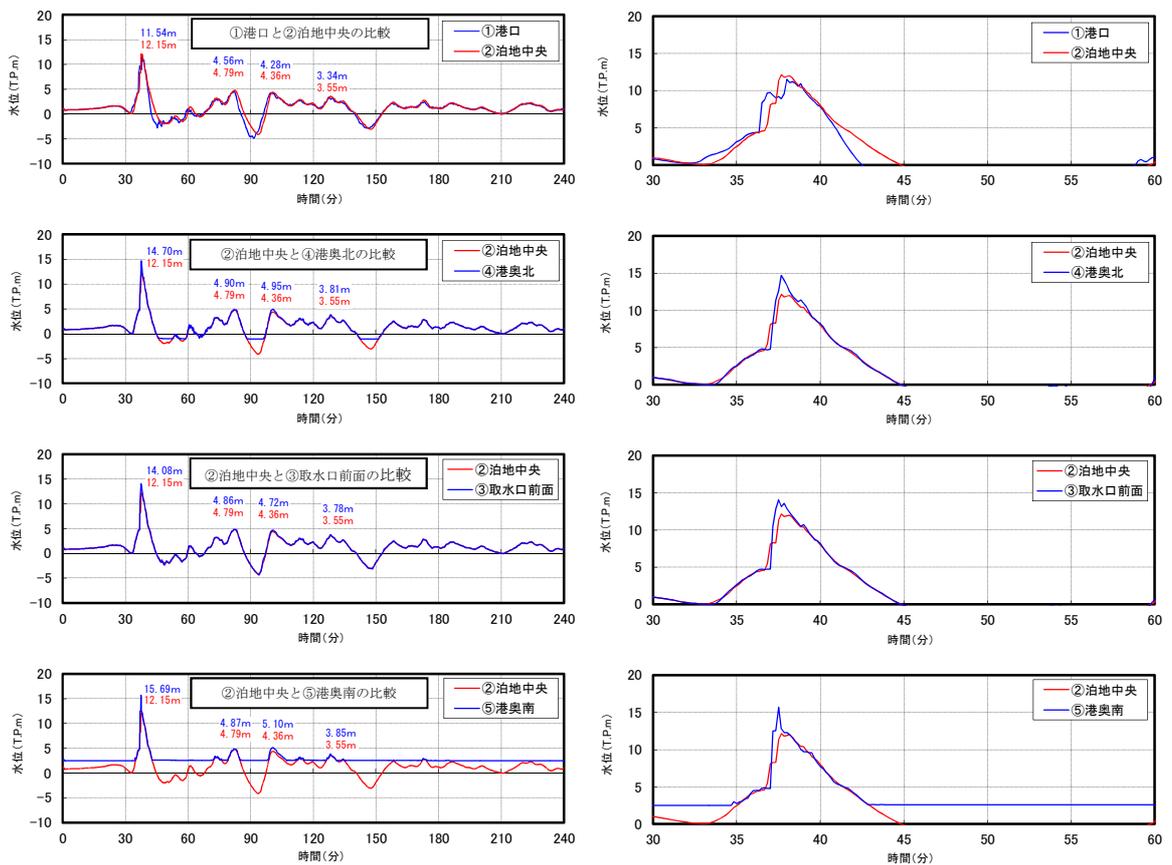
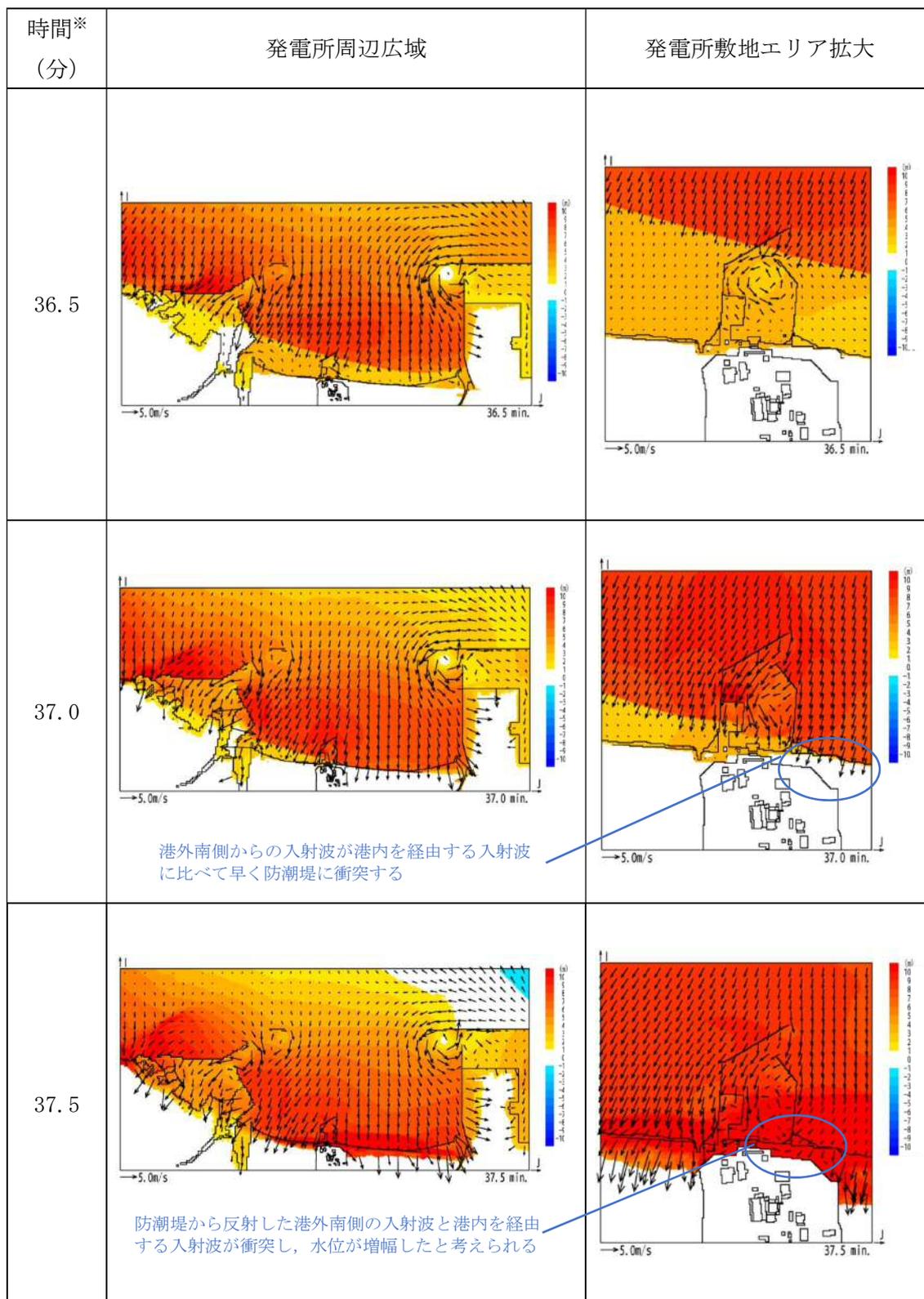
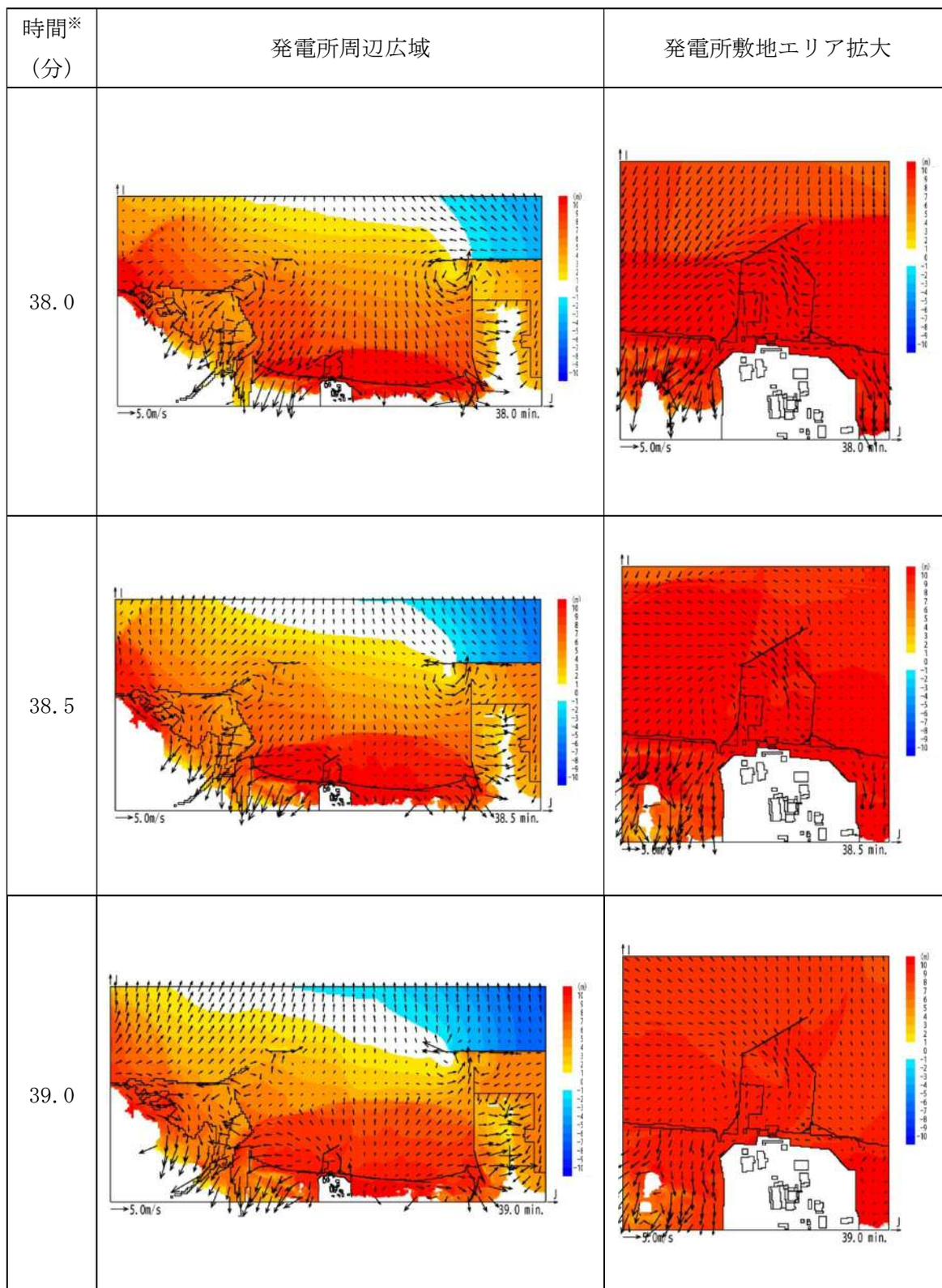


図 1.3-3 港湾内における時刻歴波形の地点別比較 (30 分～60 分を拡大)



※：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 1.3-4 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル
(防波堤ありの場合) (1/2)



※：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 1.3-4 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル
(防波堤ありの場合) (2/2)

1.4 津波シミュレーションにおける解析モデルについて

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スタaggered格子、リーブ・フロッグ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採用している。

津波シミュレーションに用いる解析モデルについては、基準津波で使用した解析モデルを用いており、敷地周辺（計算格子間隔80m～5m）の領域は陸上遡上境界条件、それ以外の領域は完全反射条件としている。

津波シミュレーションの概略及び詳細の計算条件及び計算格子を表1.4-1と図1.4-1、図1.4-2に示す。地形のモデル化にあたっては、陸上地形は、茨城県による津波解析用地形データ（平成19年3月）及び敷地の観測データを用い、海底地形は、(財)日本水路協会 海岸情報研究センター発行の海底地形デジタルデータ、最新のマルチビーム測深で得られた高精度・高密度のデータ等を用いた（表1.4-2）。

また、重要な安全機能を有する施設の設置された敷地（T.P. +8m）に基準津波による遡上波を到達、流入させないため、津波防護施設として設置する防潮堤をモデルに反映するとともに、防潮堤前面を津波水位（上昇側）の出力位置とした。取水路内の水位変動に伴う非常用海水ポンプの取水性を評価することから、取水口前面を津波水位（下降側）の出力位置とした。津波シミュレーションによる津波水位評価点の位置を図1.4-3に示す。

表1.4-1 津波シミュレーションの概略及び詳細計算手法

項目	条件		備考
解析領域	北海道から千葉県総付近までの太平洋 (南北約1,300km, 東西約800km)		
メッシュ構成	沖合4,320m→2,160m→720m→沿岸域240m→発電所周辺80m →40m→20m→10m→5m		長谷川他 (1987)
基礎方程式	非線形長波理論		後藤・小川 (1982) の方法
計算スキーム	スタaggerド格子, リープ・フロッグ法		後藤・小川 (1982) の方法
初期変動量	Mansinha and Smylie (1971) の方法		
境界条件	沖合：後藤・小川 (1982) の自由透過の条件 陸域：敷地周辺 (計算格子間隔80m~5m) の領域は小谷他 (1998) の陸上遡上境界条件 それ以外は完全反射条件		
越流条件	防波堤：本間公式 (1940) 護岸：相田公式 (1977)		
海底摩擦係数	マンニングの粗度係数 ($n=0.03m^{-1/3}s$)		
水平渦動粘性係数	考慮していない ($K_h=0$)		
計算時間間隔	$\Delta t=0.05$ 秒		C. F. L. 条件を満たすように設定
計算時間	津波発生後240分間		十分な計算時間となるように設定
潮位条件*	概略パラメータスタディ	T. P. +0.22m	茨城港常陸那珂港区 (茨城港日立港区) の潮位表 (平成16年~平成21年) を用いて設定
	詳細パラメータスタディ	T. P. +0.81m (上昇側)	
		T. P. -0.61m (下降側)	

※2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量を考慮

表1.4-2 地形データ

項目	データ
陸上地形	<ul style="list-style-type: none"> 津波解析用地形データ：茨城県 (2007) 敷地平面図：日本原子力発電 (株) (2007)
海底地形	<ul style="list-style-type: none"> JTOP030：(財) 日本水路協会 (2006) 沿岸の海の基本図デジタルデータ：(財) 日本水路協会 (2002) 津波解析用地形データ：茨城県 (2007) 東海水深図：日本原子力発電 (株) (2007)

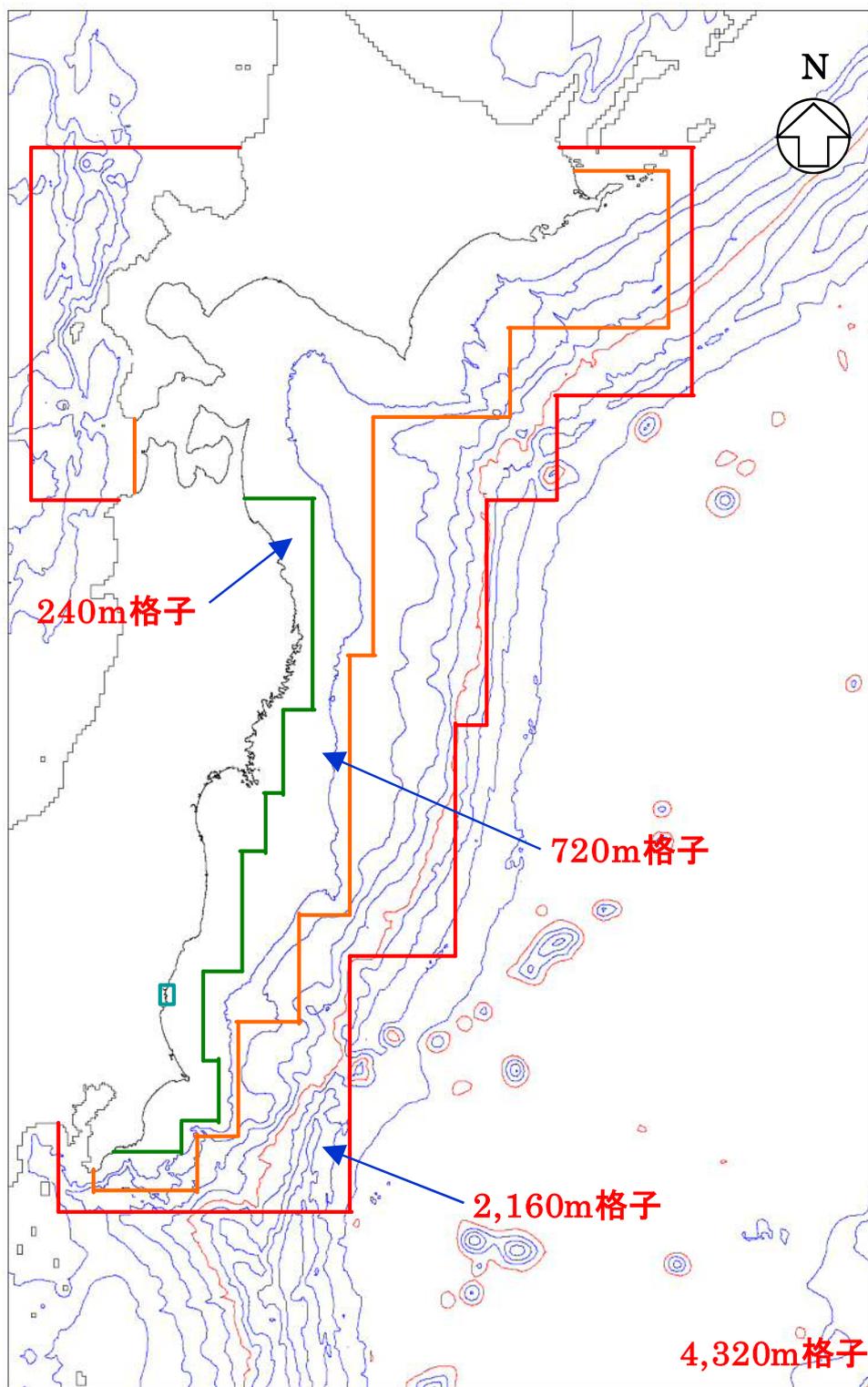


図1.4-1 計算格子（沖合～沿岸域）

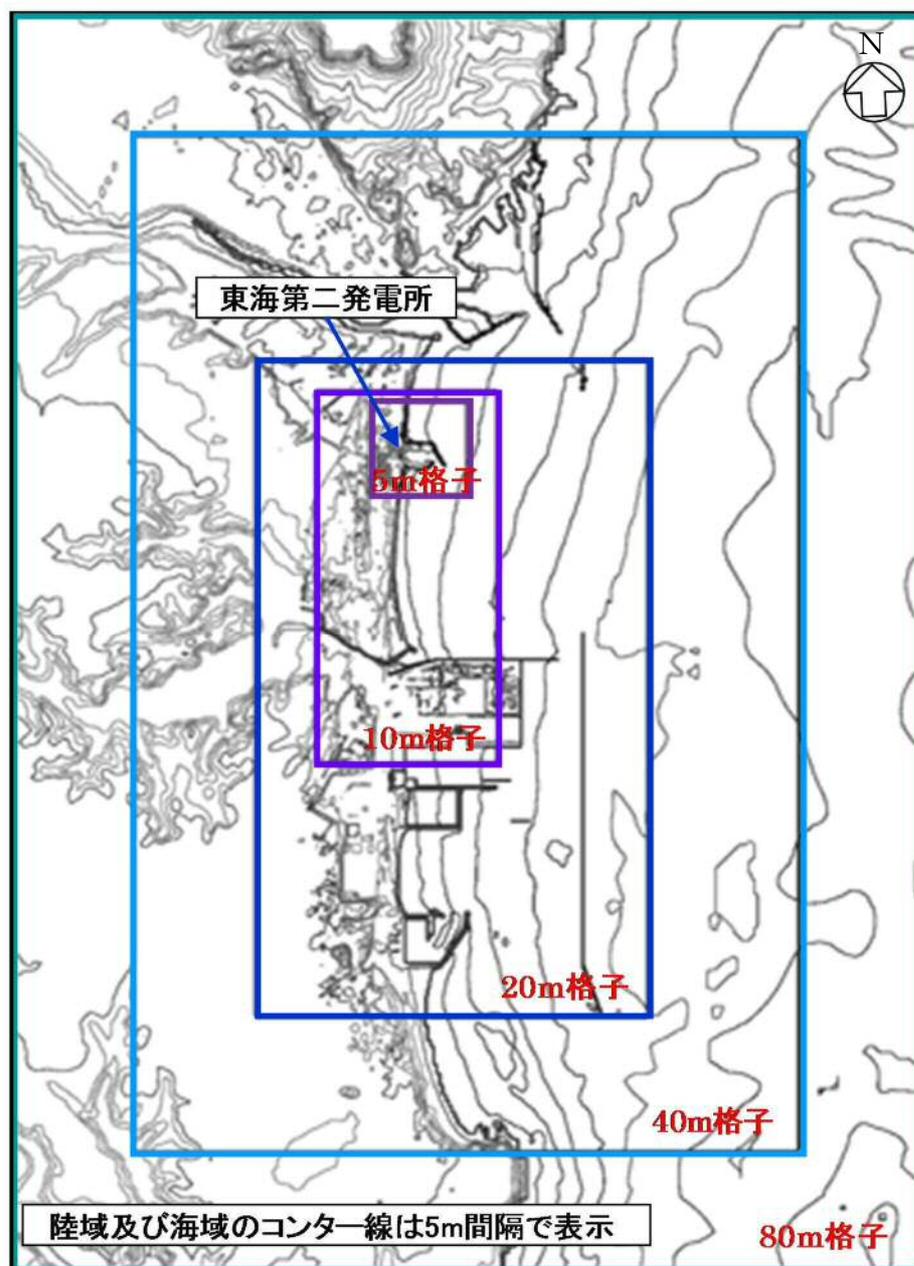


図1.4-2 計算格子（発電所周辺）

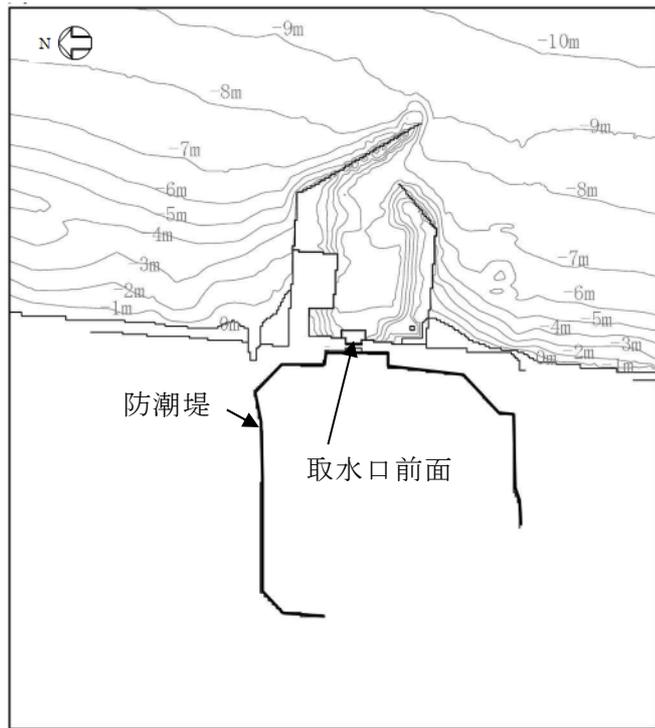


图1.4-3 出力位置

1.5 入力津波のパラメータスタディの考慮について

1.5.1 基準津波

(1) 考慮の程度の妥当性についての検討の方針

津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の設計においては、入力津波高さに影響を与え得る条件についてパラメータスタディを実施し、入力津波高さが有するパラメータによる影響を考慮する。入力津波高さが有するパラメータによる影響については、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。

入力津波高さに影響を与え得る要因のうち、パラメータスタディの実施対象である「敷地の地形及び敷地周辺の人工構造物等のパラメータによる影響（遡上解析におけるパラメータによる影響及び管路解析におけるパラメータによる影響）」の入力津波高さに対する考慮の程度の妥当性については、各評価点における基本ケースによる水位と最も水位が高くなったケースによる水位を比較することで確認する。

(2) 検討の対象

検討の対象設備を表 1.5-1 に示す。

表 1.5-1 検討の対象設備

津波対策設備		設備分類	対象	備考
防潮堤及び防潮扉		津波防護 施設	○	
放水路ゲート			○	
構内排水路逆流防止設備			○	
取水路	取水路点検用開口部浸水 防止蓋	浸水防止 設備	○	
海水ポンプ室	海水ポンプグランドドレ ン排出口逆止弁		○	
循環水ポンプ室	取水ピット空気抜き配管 逆止弁		○	
放水路	放水路ゲート点検用開口 部浸水防止蓋		○	
S A用海水ピット	S A用海水ピット開口部 浸水防止蓋		○	
緊急用海水ポンプ室	緊急用海水ポンプピット 点検用開口部浸水防止蓋		○	
	緊急用海水ポンプグランド ドレン排出口逆止弁		○	
	緊急用海水ポンプ室床ド レン排出口逆止弁		○	
防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置			○	
取水ピット水位計		津波監視 設備	○	
潮位計			○	

(3) 入力津波高さが有するパラメータによる影響について

a. 入力津波高さに影響を与え得る要因

(a) 朔望平均潮位

水位上昇側に対しては朔望平均満潮位 T.P. +0.61m, 水位下降側に対しては朔望平均干潮位 T.P. -0.81m をそれぞれ初期潮位として考慮し, 基準津波の水位を算出している。

(b) 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動

水位上昇側に対しては, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量である0.2mの沈降(余効変動含む。)を考慮して基準津波の水位を算出している。

水位下降側に対しても同様に, 遡上解析の初期潮位として一律に, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量である0.2mの沈降(余効変動含む。)を考慮している。水位下降側の入力津波の設定に当たっては安全側の評価となるよう, 初期潮位に考慮していた2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量については考慮せず, パラメータによる影響を考慮して設定した設定水位から除外して入力津波高さを設定する。

(c) 入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動

入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動として, 水位上昇側に対しては, 茨城県沖から房総沖に想定するプレート間地震に想定される広域的な地殻変動量である0.31mの沈降を考慮して基準津波の水位を算出している。

水位下降側に対しては, 安全側の評価となるよう, 茨城県沖から房総沖に想定するプレート間地震に想定される広域的な地殻変動量である0.31mの沈降を考慮していない。

(d) 潮位のばらつき

水位上昇側の潮位のばらつき+0.18mについては, 遡上解析により求めた上昇側の津波水位に加えることで考慮している。

水位下降側の潮位のばらつき-0.16mについては, 遡上解析により求めた下降側の津波水位に加えることで考慮している。

(e) 敷地の地形及び敷地周辺の人工構造物等のパラメータによる影響

入力津波高さが有する敷地の地形及び敷地周辺の人工構造物等のパラメータによる影響として, 以下のものを考慮する。

<遡上解析におけるパラメータによる影響>

- ・基準地震動 S_s に伴う地形変化及び標高変化の影響
- ・基準地震動 S_s に伴う人工構造物の形状変化の影響

<管路解析におけるパラメータによる影響>

- ・スクリーンによる損失の有無による影響
- ・貝付着の有無による影響
- ・海水ポンプの運転状態による影響

管路解析におけるパラメータによる影響については、上記のパラメータのうち影響を与え得るパラメータを管路毎に設定し、影響を考慮する。

(f) その他の影響

その他の影響として、以下のものを考慮する。

<防潮堤設置ルート変更前後における遡上解析結果又は管路解析結果の差分>

- ・防潮堤設置ルート変更前後における遡上解析結果又は管路解析結果の差分を入力津波高さに考慮する。具体的には、防潮堤設置ルート変更前後における各施設・設備の設置位置で算定された設定水位を比較し、より水位が高いモデルによる解析結果をもとに入力津波高さを設定する。

<下降側水位の初期潮位に考慮していた地殻変動量（沈降）の除外>

- ・下降側水位の遡上解析における初期潮位として、2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量である0.2mの沈降を考慮していた。取水ピットにおける下降側水位の入力津波高さの設定に当たっては、安全側の評価となるように、パラメータによる影響を考慮して設定した設定水位から、2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量である0.2mの沈降分の値を考慮せず除外して入力津波高さを設定する。

b. 入力津波高さが有するパラメータによる影響の考慮の程度

潮位のばらつき、敷地の地形及び敷地周辺の人工構造物等のパラメータによる影響及びその他の影響を考慮した各施設・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。

$$\text{入力津波高さ} = \text{①} + \text{②} + \text{③} + \text{④}$$

① 基準津波

- ・朔望平均潮位
- ・2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動
- ・入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動

② 潮位のばらつき

③ 敷地の地形及び敷地周辺の人工構造物等のパラメータによる影響

④ その他の影響

表 1.5-2 に各施設・設備の設置位置における流入、遡上に伴う入力津波高さ、潮位のばらつき、敷地の地形及び敷地周辺の人工構造物等のパラメータによる影響及びその他の影響の考え方を示す。

また、「敷地の地形及び敷地周辺の人工構造物等のパラメータによる影響（遡上解析におけるパラメータによる影響及び管路解析におけるパラメータによる影響）」（以下「パラメータによる影響」という。）の入力津波高さに対する考慮の程度について表 1.5-2 に示す。

さらに、各施設・設備の設計・評価に用いる入力津波高さに対するパラメータによる影響

及びその他の影響の一覧を表 1.5-3 に示す。

表 1.5-2 各施設・設備の設計・評価に用いる入力津波高さに対する
パラメータによる影響の考慮の程度について (1/6)

津波対策設備 (津波防護施設)	入力津波高さ (水位上昇側)	パラメータによる 影響の考慮の 程度
防潮堤及び防潮扉	<p>敷地側面北側</p>	+0.3m
	<p>敷地前面東側</p>	+0.6m
	<p>敷地側面南側</p>	+1.2m
放水路ゲート		+3.81m

注記 *1: 朔望平均満潮位, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動量を考慮し設定した津波高さ
 *2: 潮位のばらつき+0.18mを考慮して設定した入力津波高さ
 *3: 防潮堤設置ルート変更前後における遡上解析結果又は管路解析結果の差分
 *4: 遡上解析により求めた津波水位に潮位のばらつき+0.18mを加えることで考慮している。

表 1.5-2 各施設・設備の設計・評価に用いる入力津波高さに対する
パラメータによる影響の考慮の程度について (2/6)

津波対策設備 (津波防護施設)	入力津波高さ (水位上昇側)	パラメータによる 影響の考慮の 程度
構内排水路逆流防止設備	<p>敷地側面北側</p>	+0.3m
	<p>敷地前面東側</p>	+0.6m

注記 *1：朔望平均満潮位，2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量及び入力津波の波

源モデルに想定される地震により生じる地殻変動量を考慮し設定した津波高さ

*2：潮位のばらつき+0.18mを考慮して設定した津波高さ

*3：防潮堤設置ルート変更前後における遡上解析結果又は管路解析結果の差分

表 1.5-2 各施設・設備の設計・評価に用いる入力津波高さに対する
パラメータによる影響の考慮の程度について (3/6)

津波対策設備 (浸水防止設備)		入力津波高さ (水位上昇側)	パラメータによる影響の考慮の程度
取水路	取水路点検用開口部 浸水防止蓋		+3.16m
海水ポンプ室	海水ポンプグランドドレン 排出口逆止弁		
循環水ポンプ室	取水ピット空気抜き 配管逆止弁		
放水路	放水路ゲート点検用開口部 浸水防止蓋		+3.81m
S A用海水ピット	S A用海水ピット開口部 浸水防止蓋		+2.91m
緊急用海水ポンプ室	緊急用海水ポンプピット 点検用開口部浸水防止蓋		+3.17m
	緊急用海水ポンプ グランドドレン排出口逆止弁		
	緊急用海水ポンプ室床ドレン 排出口逆止弁		

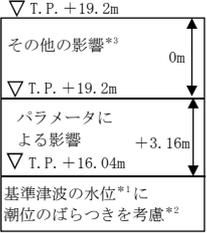
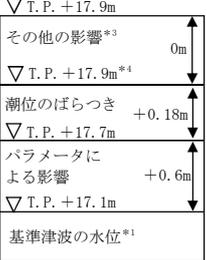
注記 *1: 朔望平均満潮位, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動量を考慮し設定した津波高さ
*2: 遡上解析により求めた津波水位に潮位のばらつき+0.18mを加えることで考慮している。
*3: 防潮堤設置ルート変更前後における遡上解析結果又は管路解析結果の差分

表 1.5-2 各施設・設備の設計・評価に用いる入力津波高さに対する
パラメータによる影響の考慮の程度について (4/6)

津波対策設備 (浸水防止設備)	入力津波高さ (水位上昇側)	パラメータによる 影響の考慮の 程度
防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置	<p style="text-align: center;">敷地側面北側</p>	+0.3m
	<p style="text-align: center;">敷地前面東側</p>	+0.6m

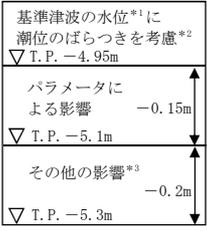
注記 *1：朔望平均満潮位，2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動量を考慮し設定した津波高さ
 *2：潮位のばらつき+0.18mを考慮して設定した津波高さ
 *3：防潮堤設置ルート変更前後における遡上解析結果又は管路解析結果の差分

表 1.5-2 各施設・設備の設計・評価に用いる入力津波高さに対する
パラメータによる影響の考慮の程度について (5/6)

津波対策設備 (津波監視設備)	入力津波高さ (水位上昇側)	パラメータによる 影響の考慮の 程度
取水ピット水位計	 <p>▽ T.P. +19.2m その他の影響*3 0m ▽ T.P. +19.2m パラメータによる影響 +3.16m ▽ T.P. +16.04m 基準津波の水位*1に 潮位のばらつきを考慮*2</p>	+3.16m
潮位計	 <p>▽ T.P. +17.9m その他の影響*3 0m ▽ T.P. +17.9m*4 潮位のばらつき +0.18m ▽ T.P. +17.7m パラメータによる影響 +0.6m ▽ T.P. +17.1m 基準津波の水位*1</p> <p>敷地前面東側</p>	+0.6m

- 注記 *1：朔望平均満潮位，2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動量を考慮し設定した津波高さ
- *2：遡上解析により求めた津波水位に潮位のばらつき+0.18mを加えることで考慮している。
- *3：防潮堤設置ルート変更前後における遡上解析結果又は管路解析結果の差分
- *4：潮位のばらつき+0.18mを考慮して設定した津波高さ

表 1.5-2 各施設・設備の設計・評価に用いる入力津波高さに対する
パラメータによる影響の考慮の程度について (6/6)

非常用海水ポンプの取水性評価	入力津波高さ (水位下降側)	パラメータによる 影響の考慮の 程度
取水ピット位置		-0.15m

注記 *1：朔望平均干潮位，2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動量を考慮し設定した津波高さ

*2：遡上解析により求めた津波水位に潮位のばらつき-0.16mを加えることで考慮している。

*3：初期潮位に考慮していた「2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量」について，安全側の評価となるように地殻変動量(沈降)分の値を考慮せず除外する。

表 1.5-3 各施設・設備の設計・評価に用いる入力津波高さに対するパラメータによる影響及びその他の影響の一覧

区分	設定位置	入力津波高さ	その他の影響		設定水位	パラメータによる影響		基本ケースの水位
			その他の影響の考慮の程度	考慮した事項		パラメータによる影響の考慮の程度	考慮した条件	
上昇側水位	防潮堤前面（敷地側面北側）	T.P. +15.4m ^{*1}	+3.2m	防潮堤設置ルート変更前後における遡上解析結果又は管路解析結果の差分 ^{*4}	T.P. +12.0m (T.P. +12.2m) ^{*1}	+0.3m	・地盤変状の有無 ・防波堤の有無	T.P. +11.7m
	防潮堤前面（敷地前面東側）	T.P. +17.9m ^{*1}	0m	—	T.P. +17.7m (T.P. +17.9m) ^{*1}	+0.6m	・地盤変状の有無 ・防波堤の有無	T.P. +17.1m
	防潮堤前面（敷地側面南側）	T.P. +16.8m ^{*1}	0m	—	T.P. +16.6m (T.P. +16.8m) ^{*1}	+1.2m	・地盤変状の有無 ・防波堤の有無	T.P. +15.4m
	取水ピット	T.P. +19.2m ^{*1}	0m	—	T.P. +19.2m ^{*1}	+3.16m	・防波堤の有無 ・スクリーンによる損失の有無 ・貝付着の有無 ・海水ポンプの運転状態	T.P. +16.04m
	放水路ゲート設置箇所	T.P. +27.4m ^{*1}	0m	—	T.P. +27.4m ^{*1}	+3.81m	・防波堤の有無 ・貝付着の有無 ・海水ポンプの運転状態	T.P. +23.59m
	S A用海水ピット	T.P. +8.9m ^{*1}	0m	—	T.P. +8.9m ^{*1}	+2.91m	・防波堤の有無 ・貝付着の有無	T.P. +5.99m
	緊急用海水ポンプピット	T.P. +9.3m ^{*1}	0m	—	T.P. +9.3m ^{*1}	+3.17m	・防波堤の有無 ・貝付着の有無	T.P. +6.13m
	構内排水路逆流防止設備 （防潮堤前面（敷地前面東側）の入力津波高さを使用している。）	T.P. +17.9m ^{*1}	0m	—	T.P. +17.7m (T.P. +17.9m) ^{*1}	+0.6m	・地盤変状の有無 ・防波堤の有無	T.P. +17.1m
	構内排水路逆流防止設備 （防潮堤前面（敷地側面北側）の入力津波高さを使用している。）	T.P. +15.4m ^{*1}	+3.2m	防潮堤設置ルート変更前後における遡上解析結果又は管路解析結果の差分 ^{*4}	T.P. +12.0m (T.P. +12.2m) ^{*1}	+0.3m	・地盤変状の有無 ・防波堤の有無	T.P. +11.7m
下降側水位	取水ピット ^{*2}	T.P. -5.3m ^{*3}	-0.2m	下降側水位の初期潮位に考慮していた地殻変動量（沈降）の除外 ^{*3}	T.P. -5.1m ^{*2}	-0.15m	・防波堤の有無 ・スクリーンによる損失の有無 ・貝付着の有無 ・海水ポンプの運転状態	T.P. -4.95m

*1 朔望平均満潮位T.P. +0.61m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量（沈降）0.2m, 入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動（沈降）0.31m及び潮位のばらつき+0.18mを考慮している。

*2 朔望平均干潮位T.P. -0.81m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量（沈降）0.2m及び潮位のばらつき-0.16mを考慮している。

*3 下降側の評価に当たって安全側の考慮となるように、初期潮位に考慮していた2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量（沈降）0.2mを考慮せず除外する。

*4 防潮堤設置ルート変更前後における各施設・設備の設置位置で算定された設定水位を比較し、より水位が高いモデルによる解析結果をもとに入力津波高さを設定する。

c. パラメータによる影響が入力津波高さに与える影響

(a) 遡上解析におけるパラメータによる影響

イ. 基準地震動 S_s に伴う地形変化及び標高変化の影響

「1.2 遡上・浸水域の考え方について」に示したとおり、基準地震動 S_s に伴う地形変化及び標高変化として、地盤面を大きく沈下させた条件である敷地北側における1.0mの沈下、敷地東側における1.5mの沈下、敷地南側及び西側における0.5mの沈下状態を考慮する。基準地震動 S_s によって地盤面を大きく沈下させた場合とさせない場合（以下「地盤変状あり」及び「地盤変状なし」という。）の防潮堤前面における遡上解析結果（上昇側最高水位）一覧を表1.5-4に、防潮堤前面における上昇側水位の評価結果を図1.5-1にそれぞれ示す。なお、表1.5-4及び図1.5-1は防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる解析結果又は評価結果を示している。

また、パラメータによる影響を考慮するに当たり、現地形状態を考慮し、解析ケース1の条件である「地盤変状なし、防波堤あり」を基本ケースとした。

評価の結果、地盤変状なしの場合に比べ、地盤変状ありの場合において、敷地北西部でわずかに遡上・浸水域が広がっているものの、全体的には大きな差異はない結果であった。また、敷地側面北側及び敷地前面東側の水位は、地盤変状ありの場合に比べ、地盤変状なしの場合の方が高くなる傾向となっている。敷地側面南側の水位については、地盤変状なしの場合に比べ、地盤変状ありの場合の方が高くなる傾向となっている。

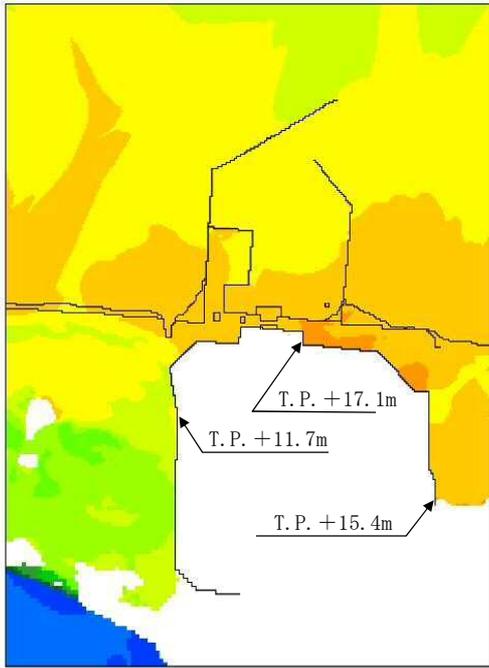
なお、津波の流入経路を有する敷地前面東側における水位を確認した結果、地盤変状ありの場合に比べ、地盤変状なしの場合において水位が高くなる傾向であったことから、取水路、放水路、SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの管路解析条件としては地盤変状なしの場合とした。

表 1.5-4 防潮堤前面における遡上解析結果（上昇側最高水位）一覧

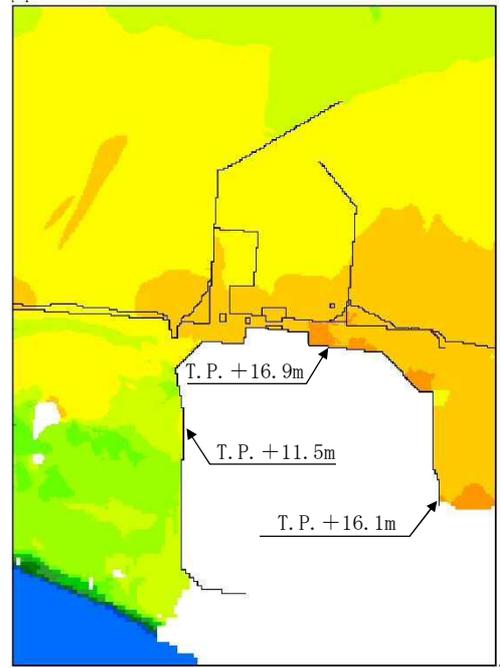
解析 ケース	パラメータ		防潮堤前面水位 (T. P. m)		
	地盤変状	防波堤	敷地側面北側	敷地前面東側	敷地側面南側
1*	なし	あり	+11.7	+17.1	+15.4
2	なし	なし	+12.0	+17.7	+15.4
3	あり	あり	+11.5	+16.9	+16.1
4	あり	なし	+11.8	+16.6	+16.6

* : パラメータによる影響の考慮における基本ケース

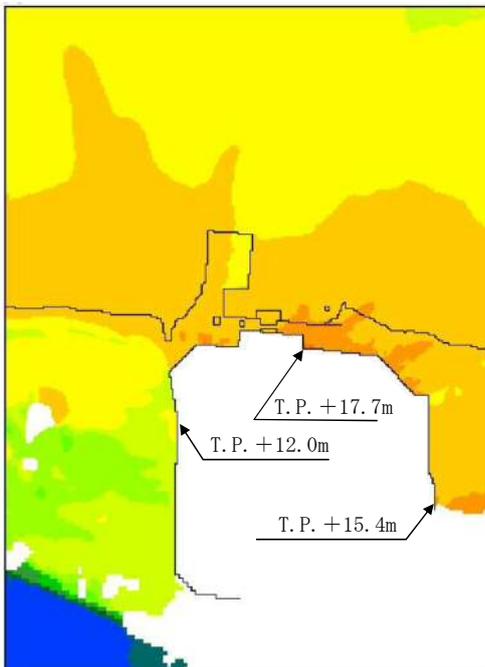
: 評価点毎の最高水位



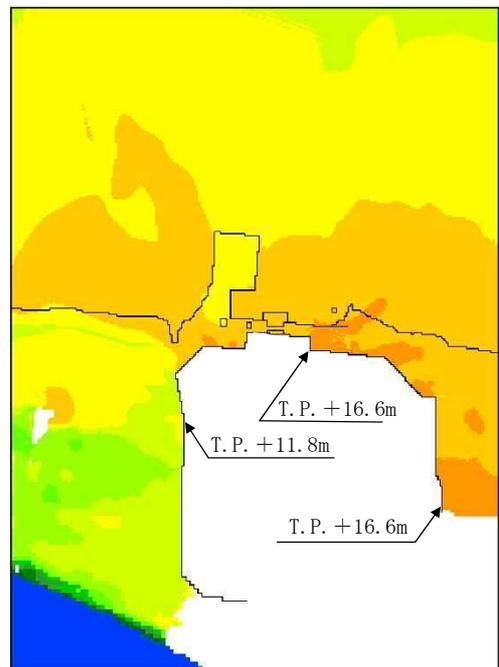
〔 防波堤あり
地盤変状なし 〕



〔 防波堤あり
地盤変状あり 〕



〔 防波堤なし
地盤変状なし 〕



〔 防波堤なし
地盤変状あり 〕



図 1.5-1 防潮堤前面における上昇側水位の評価結果

ロ. 基準地震動 S_s に伴う人工構造物の形状変化の影響

「1.2 遡上・浸水域の考え方について」に示したとおり、基準地震動 S_s による人工構造物の形状変化として、敷地内の防波堤並びに茨城港日立港区及び茨城港常陸那珂港区の防波堤がある場合とない場合（以下「防波堤あり」及び「防波堤なし」という。）を考慮する。防波堤あり及び防波堤なしの条件による防潮堤前面における遡上解析結果（上昇側最高水位）一覧を表 1.5-4 に、防潮堤前面における水位の評価結果を図 1.5-1 にそれぞれ示す。

また、パラメータによる影響を考慮するに当たり、現地形状態を考慮し、解析ケース 1 の条件である「地盤変状なし、防波堤あり」を基本ケースとした。

評価の結果、防波堤ありの場合及び防波堤なしの場合において、遡上・浸水域については大きな差異はない結果であった。また、地盤変状ありの場合の敷地前面東側の水位の最高値が防波堤なしの場合に比べ、防波堤ありの場合の方が大きくなっているが、全体的な分布の傾向として、防波堤ありの場合に比べ、防波堤なしの場合において水位が高くなる傾向となっている。

「イ. 基準地震動 S_s に伴う地形変化及び標高変化の影響」及び「ロ. 基準地震動 S_s に伴う人工構造物の形状変化の影響」に示した影響評価結果から、基本ケースの水位（敷地側面北側：T.P. +11.7m, 敷地前面東側：T.P. +17.1m, 敷地側面南側：T.P. +15.4m）と評価点毎の最高水位（敷地側面北側：T.P. +12.0m, 敷地前面東側：T.P. +17.7m, 敷地側面南側：T.P. +16.6m）との差異を遡上解析におけるパラメータによる影響として考慮することとし、敷地側面北側におけるパラメータによる影響を+0.3m, 敷地前面東側におけるパラメータによる影響を+0.6m, 敷地側面南側におけるパラメータによる影響を+1.2m とした。防潮堤前面の設定位置における設定水位に対するパラメータによる影響の考慮の詳細を表 1.5-5 に示す。

表 1.5-5 防潮堤前面の設定位置における設定水位に対するパラメータによる影響の考慮

区分	設定位置	設定水位	潮位のばらつき	評価点毎の最高水位	パラメータによる影響		基本ケースの水位	初期潮位に考慮		
					パラメータによる影響の考慮の程度	考慮した条件		入力津波モデルに想定される地震により生じる地殻変動	2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動	朔望平均潮位
上昇側水位	防潮堤前面（敷地側面北側）	T.P. +12.2m ^{*3}	考慮する。 （+0.18m）	T.P. +12.0m ^{*2}	+0.3m	・地盤変状の有無 ・防波堤の有無	T.P. +11.7m ^{*1}	考慮する。 （地殻変動量（沈降）0.31m）	考慮する。 （地殻変動量（沈降）0.2m）	考慮する。 （朔望平均満潮位 T.P. +0.61m）
	防潮堤前面（敷地前面東側）	T.P. +17.9m ^{*3}	考慮する。 （+0.18m）	T.P. +17.7m ^{*2}	+0.6m	・地盤変状の有無 ・防波堤の有無	T.P. +17.1m ^{*1}	考慮する。 （地殻変動量（沈降）0.31m）	考慮する。 （地殻変動量（沈降）0.2m）	考慮する。 （朔望平均満潮位 T.P. +0.61m）
	防潮堤前面（敷地側面南側）	T.P. +16.8m ^{*3}	考慮する。 （+0.18m）	T.P. +16.6m ^{*2}	+1.2m	・地盤変状の有無 ・防波堤の有無	T.P. +15.4m ^{*1}	考慮する。 （地殻変動量（沈降）0.31m）	考慮する。 （地殻変動量（沈降）0.2m）	考慮する。 （朔望平均満潮位 T.P. +0.61m）

*1 朔望平均満潮位T.P. +0.61m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量（沈降）0.2m, 入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動（沈降）0.31mを考慮している。

*2 *1に加えてパラメータによる影響を考慮している。

*3 *2に加えて潮位のばらつき+0.18mを考慮している。

(b) 防潮堤設置ルート変更に伴う各管路解析のパラメータによる影響評価結果の取扱い

防潮堤設置ルート変更前のモデルによるパラメータによる影響評価結果を適用可能な管路解析と、防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによりパラメータによる影響を評価する必要がある管路解析を以下のとおり整理した。

取水路の管路解析結果については防潮堤設置ルート変更前のモデルによりパラメータによる影響を評価した。その理由としては、取水路管路解析の入力波である取水口前面における水位に差異がなく、取水路及び取水ピットの構造に変更を伴わず、防潮堤設置ルート変更に伴う取水路の管路解析結果に影響が無いためである。防潮堤設置ルート変更に伴う取水路の管路解析結果への影響評価の詳細については「(c)イ. 取水路の管路解析（上昇側水位）にて考慮する条件による影響」に示す。

放水路、S A用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットにおける管路解析については防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによりパラメータによる影響を評価した。その理由としては、防潮堤設置ルート変更に伴い放水路ゲートの設置位置及び鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の岩着支持杭との干渉に伴いS A用海水ピット取水塔からS A用海水ピットへ接続する海水引込み管の埋設ルートに変更が生じたためである。防潮堤設置ルート変更に伴う放水路ゲート及び海水引込み管の設置位置等の変更事項を表 1.5-6 に示す。

表 1.5-6 防潮堤設置ルート変更に伴う放水路ゲート及び海水引込み管の設置位置等の変更事項

施設・設備	既往の設置位置等	防潮堤設置ルート変更に伴う設置位置等	設置位置等の変更事項
放水路ゲート			<p>敷地北側防潮堤設置ルートの変更に伴う放水路ゲート設置位置の変更</p>
海水引込み管			<p>鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の岩着支持杭との干渉回避に伴う海水引込み管の埋設ルートの変更</p>

上記を踏まえ、防潮堤設置ルート変更に伴う各管路解析のパラメータによる影響評価結果の取扱いを表 1.5-7 に示す。

表 1.5-7 防潮堤設置ルート変更に伴う各管路解析のパラメータによる影響評価結果の取扱い

防潮堤設置ルート変更前のモデルによるパラメータによる影響評価結果を適用可能な管路解析	防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによりパラメータによる影響を評価する必要がある管路解析
○取水路の管路解析	○放水路の管路解析 ○S A用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの管路解析

(c) 管路解析におけるパラメータによる影響

イ. 取水路の管路解析（上昇側水位）にて考慮する条件による影響

取水路及び取水ピットの構造を図 1.5-2 に示す。取水路から取水ピットに至る経路においては、「(a) 遡上解析におけるパラメータによる影響」にて考慮した防波堤の有無をはじめ、スクリーンによる損失の有無、貝付着の有無及び海水ポンプの運転状態による影響を受けることから、これらを管路解析の条件として考慮する。取水路の管路解析条件を表 1.5-8 に示す。取水路の管路解析にて考慮する条件による影響評価結果のうち上昇側最高水位一覧を表 1.5-9 に示す。

また、パラメータによる影響を確認するに当たり、現地形状態を考慮し、解析ケース 2 の条件である「防波堤あり、スクリーンによる損失あり、貝付着あり、非常用海水ポンプの運転あり（常用 0 台、非常用 5 台）」を基本ケースとした。

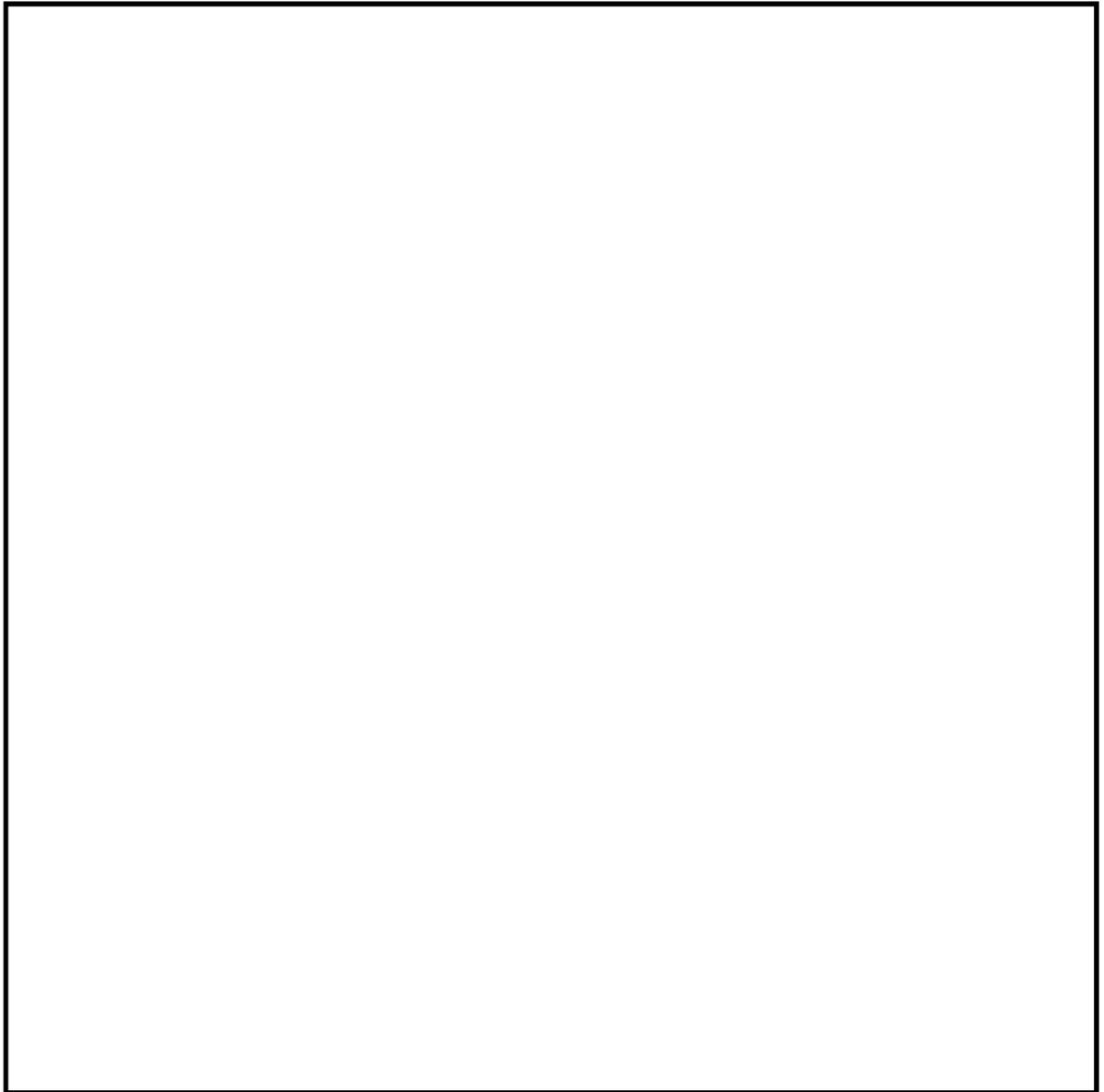


図 1.5-2 取水路及び取水ピットの構造

表1.5-8 取水路の管路解析条件

項目	解析条件
計算領域	取水口～取水路～取水ピット(非常用海水ポンプ, 常用海水ポンプ)
計算時間間隔 Δt	0.01 秒
基礎方程式	非定常開水路流及び管路流の連続式・運動方程式 ※1
境界条件	<p>○流量あり ケース1：計 4320.8(m³/hr)</p> <p>循環水ポンプ：74220(m³/hr/台)×0 台</p> <p>残留熱除去系海水系ポンプ：885.7(m³/hr/台)×4 台</p> <p>非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ：272.6(m³/hr/台)×2 台</p> <p>高圧炉心スプレイスディーゼル発電機用海水ポンプ：232.8(m³/hr/台)×1 台</p> <p>補機冷却系海水系ポンプ：2838(m³/hr/台)×0 台</p> <p>(津波襲来時の状態として、常用海水ポンプ全台停止かつ非常用海水ポンプの運転状態を想定。(原子炉トリップ+ (所内電源喪失又は原子炉水位低下) の状態))</p> <p>○流量あり ケース2：計 9996.8(m³/hr)</p> <p>循環水ポンプ：74220(m³/hr/台)×0 台</p> <p>残留熱除去系海水系ポンプ：885.7(m³/hr/台)×4 台</p> <p>非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ：272.6(m³/hr/台)×2 台</p> <p>高圧炉心スプレイスディーゼル発電機用海水ポンプ：232.8(m³/hr/台)×1 台</p> <p>補機冷却系海水系ポンプ：2838(m³/hr/台)×2 台</p> <p>(ケース1の状態から、燃料プール冷却等のため ASW ポンプを追加起動した状態を想定)</p> <p>○流量あり ケース3：計 2549.4(m³/hr)</p> <p>循環水ポンプ：74220(m³/hr/台)×0 台</p> <p>残留熱除去系海水系ポンプ：885.7(m³/hr/台)×2 台</p> <p>非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ：272.6(m³/hr/台)×2 台</p> <p>高圧炉心スプレイスディーゼル発電機用海水ポンプ：232.8(m³/hr/台)×1 台</p> <p>補機冷却系海水系ポンプ：2838(m³/hr/台)×0 台</p> <p>(津波襲来時の状態として、常用海水ポンプ全台停止かつ非常用海水ポンプの運転状態を想定)</p> <p>○流量なし：計 0(m³/hr)</p>
摩擦損失係数	Manning粗度係数 n=0.020(貝代あり)m ^{-1/3} ・s n=0.015(貝代なし)m ^{-1/3} ・s
貝の付着代	貝代なし, 貝代あり 10cmを考慮
局所損失係数	電力土木技術協会(1995)：火力・原子力発電所土木構造物の設計—補強改訂版—, 千秋信一(1967)：発電水力演習, 土木学会(1999)：水理公式集 [平成 11 年版] による
入射条件	防波堤ありケース 上昇側, 下降側 / 防波堤なしケース 上昇側, 下降側
地盤変動条件	<p>上昇側：3.11 地震の地殻変動量(0.2m 沈下を考慮)</p> <p>Mw8.7 の地殻変動量</p> <p>潮位のばらつき(σ = +0.18m)</p> <p>下降側：3.11 地震の地殻変動量(0.2m 沈下を考慮)</p> <p>潮位のばらつき(σ = -0.16m)</p>
潮位条件	<p>上昇側：朔望平均満潮位(T.P. +0.61m)</p> <p>下降側：朔望平均干潮位(T.P. -0.81m)</p>
計算時間	4 時間(津波計算と同時間)

※1 基礎方程式

<開水路>

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

$$b) \text{連続式} \quad \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

<管路>

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

$$b) \text{連続式} \quad \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

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

<水槽および立坑部>

$$A_p \frac{dH_p}{dt} = Q_s$$

ここに、 A_p : 水槽の平面積 (水位の関数となる) H_p : 水槽水位
 Q_s : 水槽へ流入する流量の総和 t : 時間

(イ) 防波堤の有無による影響

表 1.5-9 に示す上昇側最高水位の評価結果から、スクリーンによる損失の有無、貝付着の有無及び海水ポンプの運転状態によらず、防波堤ありの場合に比べ、防波堤なしの方が水位が高くなった。

(ロ) スクリーンによる損失の有無による影響

表 1.5-9 に示す上昇側最高水位の評価結果から、防波堤の有無、貝付着の有無及び海水ポンプの運転状態によらず、スクリーンによる損失ありの場合に比べ、スクリーンによる損失なしの方が水位が高くなった。

(ハ) 貝付着の有無による影響

表 1.5-9 に示す上昇側最高水位の評価結果から、防波堤の有無、スクリーンによる損失の有無及び海水ポンプの運転状態によらず、貝付着がある場合とない場合においてその差異は非常に小さく、有意な差異とはならなかった。

(ニ) 海水ポンプの運転状態による影響

表 1.5-9 に示す上昇側最高水位の評価結果から、防波堤の有無、スクリーンによる損失の有無及び貝付着の有無によらず、海水ポンプの運転状態の違いによる差異は非常に小さく、有意な差異とはならなかった。

以上に示した影響評価結果から、上昇側最高水位である T.P. +19.19m (解析ケース 21) をもとに、取水ピットにおける上昇側の入力津波を T.P. +19.2m とする。基本ケースの水位である T.P. +16.04m と上昇側最高水位をもとに設定した入力津波 T.P. +19.2m との差異を取水路管路解析におけるパラメータによる影響として考慮することとし、取水路管路解析におけるパラメータによる影響を +3.16m とした。

表 1.5-9 取水路の管路解析結果（上昇側最高水位）一覧（1/4）

解析 ケース	パラメータ				取水ピット水位 (T. P. m)				
	防波堤	スクリー ン損失	貝付着	海水ポンプの 運転状態	非常用海水 ポンプ (南側)	非常用海水 ポンプ (北側)	循環水ポンプ (南側)	循環水ポンプ (中央)	循環水ポンプ (北側)
1	あり	あり	あり	常用：0台 非常用：0台	+15.79	+15.79	+15.95	+16.04	+15.95
2*	あり	あり	あり	常用：0台 非常用：5台	+15.79	+15.79	+15.95	+16.04	+15.95
3	あり	あり	あり	常用：0台 非常用：7台	+15.79	+15.79	+15.94	+16.04	+15.94
4	あり	あり	あり	常用：2台 非常用：7台	+15.79	+15.79	+15.94	+16.04	+15.94
5	あり	なし	あり	常用：0台 非常用：0台	+16.91	+16.91	+16.74	+16.56	+16.74
6	あり	なし	あり	常用：0台 非常用：5台	+16.91	+16.91	+16.74	+16.57	+16.74
7	あり	なし	あり	常用：0台 非常用：7台	+16.91	+16.91	+16.74	+16.57	+16.74
8	あり	なし	あり	常用：2台 非常用：7台	+16.90	+16.90	+16.73	+16.57	+16.73

*：パラメータによる影響の考慮における基本ケース

■：解析ケース毎の最高水位

表 1.5-9 取水路の管路解析結果（上昇側最高水位）一覧（2/4）

解析 ケース	パラメータ				取水ピット水位 (T. P. m)				
	防波堤	スクリー ン損失	貝付着	海水ポンプの 運転状態	非常用海水 ポンプ (南側)	非常用海水 ポンプ (北側)	循環水ポンプ (南側)	循環水ポンプ (中央)	循環水ポンプ (北側)
9	あり	あり	なし	常用：0台 非常用：0台	+15.68	+15.68	+15.97	+16.09	+15.97
10	あり	あり	なし	常用：0台 非常用：5台	+15.68	+15.68	+15.97	+16.09	+15.97
11	あり	あり	なし	常用：0台 非常用：7台	+15.68	+15.68	+15.97	+16.09	+15.97
12	あり	あり	なし	常用：2台 非常用：7台	+15.67	+15.67	+15.96	+16.09	+15.96
13	あり	なし	なし	常用：0台 非常用：0台	+17.10	+17.10	+16.56	+16.46	+16.56
14	あり	なし	なし	常用：0台 非常用：5台	+17.09	+17.09	+16.56	+16.46	+16.56
15	あり	なし	なし	常用：0台 非常用：7台	+17.09	+17.09	+16.56	+16.46	+16.56
16	あり	なし	なし	常用：2台 非常用：7台	+17.09	+17.09	+16.56	+16.47	+16.56

■ : 解析ケース毎の最高水位

表 1.5-9 取水路の管路解析結果（上昇側最高水位）一覧（3/4）

解析 ケース	パラメータ				取水ピット水位 (T. P. m)				
	防波堤	スクリー ン損失	貝付着	海水ポンプの 運転状態	非常用海水 ポンプ (南側)	非常用海水 ポンプ (北側)	循環水ポンプ (南側)	循環水ポンプ (中央)	循環水ポンプ (北側)
17	なし	あり	あり	常用：0台 非常用：0台	+16.61	+16.61	+16.39	+16.56	+16.39
18	なし	あり	あり	常用：0台 非常用：5台	+16.61	+16.61	+16.39	+16.56	+16.39
19	なし	あり	あり	常用：0台 非常用：7台	+16.61	+16.61	+16.39	+16.56	+16.39
20	なし	あり	あり	常用：2台 非常用：7台	+16.60	+16.60	+16.38	+16.55	+16.38
21	なし	なし	あり	常用：0台 非常用：0台	+19.19	+19.19	+18.35	+17.87	+18.35
22	なし	なし	あり	常用：0台 非常用：5台	+19.18	+19.18	+18.35	+17.87	+18.35
23	なし	なし	あり	常用：0台 非常用：7台	+19.18	+19.18	+18.35	+17.87	+18.35
24	なし	なし	あり	常用：2台 非常用：7台	+19.18	+19.18	+18.35	+17.87	+18.35

■ : 解析ケース毎の最高水位

■ : 上昇側最高水位

表 1.5-9 取水路の管路解析結果（上昇側最高水位）一覧（4/4）

解析 ケース	パラメータ				取水ピット水位 (T. P. m)				
	防波堤	スクリー ン損失	貝付着	海水ポンプの 運転状態	非常用海水 ポンプ (南側)	非常用海水 ポンプ (北側)	循環水ポンプ (南側)	循環水ポンプ (中央)	循環水ポンプ (北側)
25	なし	あり	なし	常用：0台 非常用：0台	+16.67	+16.67	+16.40	+16.49	+16.40
26	なし	あり	なし	常用：0台 非常用：5台	+16.66	+16.66	+16.39	+16.49	+16.39
27	なし	あり	なし	常用：0台 非常用：7台	+16.66	+16.66	+16.39	+16.49	+16.39
28	なし	あり	なし	常用：2台 非常用：7台	+16.65	+16.65	+16.39	+16.49	+16.39
29	なし	なし	なし	常用：0台 非常用：0台	+19.17	+19.17	+18.38	+17.88	+18.38
30	なし	なし	なし	常用：0台 非常用：5台	+19.17	+19.17	+18.38	+17.88	+18.38
31	なし	なし	なし	常用：0台 非常用：7台	+19.17	+19.16	+18.38	+17.88	+18.38
32	なし	なし	なし	常用：2台 非常用：7台	+19.16	+19.16	+18.38	+17.88	+18.38

■ : 解析ケース毎の最高水位

なお、防潮堤設置ルート変更の前後において、取水路管路解析の入力波である取水口前面における水位に差異がなく、取水路及び取水ピットの構造に変更を伴わず、防潮堤設置ルート変更に伴う取水路の管路解析結果への影響が無かったため、表 1.5-9 には防潮堤設置ルート変更前の管路解析結果を示している。なお、影響評価としては、防潮堤設置ルート変更前のモデルによる管路解析において最も高い水位となった解析条件（防波堤なし、スクリーンによる損失なし、貝付着あり、海水ポンプの運転なし）と同様の条件にて防潮堤設置ルートを変更したモデルにより管路解析を実施し、影響のないことを確認した。防潮堤設置ルート変更に伴う取水路の管路解析結果への影響評価結果を以下に示す。

防潮堤設置ルート変更前のモデルによる取水口前面における遡上解析の評価結果（上昇側）は図 1.5-3 に示すとおりである。取水口前面の上昇側最高水位は T.P. +14.7m であった。

防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果（上昇側）を図 1.5-4 に示す。図 1.5-4 に示すとおり、遡上解析の評価結果から、取水口前面の上昇側最高水位は T.P. +14.7m であった。防潮堤設置ルート変更前のモデルによる評価結果と比べて有意な差異はなく、同等の評価結果であった。

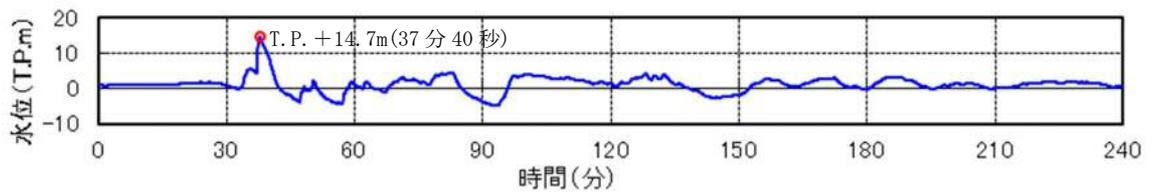


図 1.5-3 防潮堤設置ルート変更前のモデルによる取水口前面における遡上解析の評価結果（上昇側）（防波堤なし）

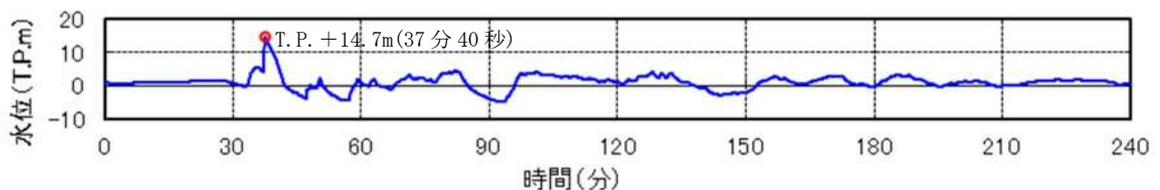


図 1.5-4 防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる取水口前面における遡上解析の評価結果（上昇側）（防波堤なし）

さらに、管路解析による取水ピットにおける評価結果（上昇側）への影響確認を実施した。防潮堤設置ルート変更前のモデルによる取水ピットにおける管路解析の評価結果（上昇側）は図 1.5-5 に示すとおりである。取水ピットにおける上昇側最高水位は T.P. +19.19m であった。

防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果を図 1.5-6 に示す。図 1.5-6 に示すとおり、管路解析の評価結果から、取水ピットの上昇側最高水位は T.P. +19.19m であった。防潮堤設置ルート変更前のモデルによる評価結果と比べて有意な差異はなく、同等の評価結果であった。

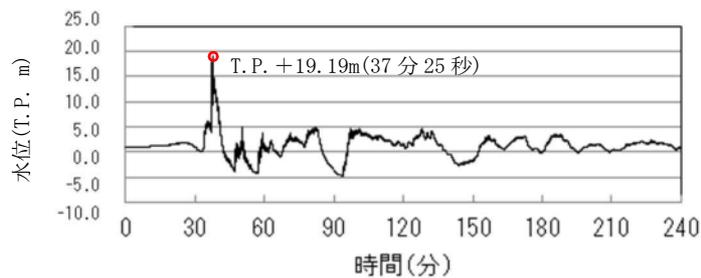


図 1.5-5 防潮堤設置ルート変更前のモデルによる取水ピットにおける
管路解析の評価結果（上昇側）

（防波堤なし，スクリーンによる損失なし，貝付着あり，海水ポンプの運転なし）

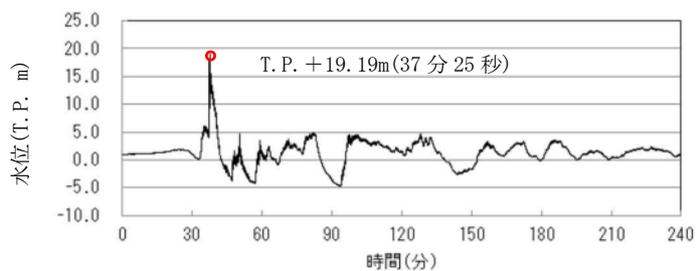


図 1.5-6 防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる取水ピットにおける
管路解析の評価結果（上昇側）

（防波堤なし，スクリーンによる損失なし，貝付着あり，海水ポンプの運転なし）

また、取水ピットにおける上昇側水位の入力津波については、防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる管路解析結果（防波堤なし，スクリーンによる損失なし，貝付着あり，海水ポンプの運転なしの解析条件）をもとに設定した。

ロ. 取水路の管路解析（下降側水位）にて考慮する条件による影響

取水路及び取水ピットの構造を図 1.5-2 に示す。取水路から取水ピットに至る経路においては、「(a) 遡上解析におけるパラメータによる影響」にて考慮した防波堤の有無をはじめ、スクリーンによる損失の有無、貝付着の有無及び海水ポンプの運転状態による影響を受けることから、これらを管路解析の条件として考慮する。取水路の管路解析条件を表 1.5-8 に示す。取水路の管路解析にて考慮する条件による影響評価結果のうち下降側最低水位一覧を表 1.5-10 に示す。

また、パラメータによる影響を確認するに当たり、現地形状態を考慮し、解析ケース 2 の条件である「防波堤あり、スクリーンによる損失あり、貝付着あり、非常用海水ポンプの運転あり（常用 0 台、非常用 5 台）」を基本ケースとした。

(イ) 防波堤の有無による影響

表 1.5-10 に示す下降側最低水位の評価結果から、スクリーンによる損失の有無、貝付着の有無及び海水ポンプの運転状態によらず、防波堤ありの場合に比べ、防波堤なしの場合の方が水位が低くなる傾向にあるが、その差異は非常に小さく、有意な差異とはならなかった。

(ロ) スクリーンによる損失の有無による影響

表 1.5-10 に示す下降側最低水位の評価結果から、防波堤の有無、貝付着の有無及び海水ポンプの運転状態によらず、スクリーンによる損失ありの場合に比べ、スクリーンによる損失なしの場合の方が低くなる傾向にあるが、その差異は非常に小さく、有意な差異とはならなかった。

(ハ) 貝付着の有無による影響

表 1.5-10 に示す下降側最低水位の評価結果から、防波堤の有無、スクリーンによる損失の有無及び海水ポンプの運転状態によらず、貝付着がある場合とない場合においてその差異は非常に小さく、有意な差異とはならなかった。

(ニ) 海水ポンプの運転状態による影響

表 1.5-10 に示す下降側最低水位の評価結果から、防波堤の有無、スクリーンによる損失の有無及び貝付着の有無によらず、海水ポンプの運転状態の違いによる差異は非常に小さく、有意な差異とはならなかった。

以上に示した影響評価結果から、下降側最低水位である T.P. -5.04m（解析ケース 31 及び解析ケース 32）をもとに、取水ピットにおける下降側の設定水位を T.P. -5.1m とする。基本ケースの水位である T.P. -4.95m と下降側最低水位をもとに設定した入力津波 T.P. -5.1m との差異を取水路管路解析におけるパラメータによる影響として考慮することとし、取水路管路解析におけるパラメータによる影響を -0.15m とした。

表 1.5-10 取水路の管路解析結果（下降側最低水位）一覧（1/4）

解析 ケース	パラメータ				取水ピット水位 (T. P. m)				
	防波堤	スクリーン 損失	貝付着	海水ポンプの 運転状態	非常用海水 ポンプ (南側)	非常用海水 ポンプ (北側)	循環水 ポンプ (南側)	循環水 ポンプ (中央)	循環水 ポンプ (北側)
1	あり	あり	あり	常用：0台 非常用：0台	-4.94	-4.94	-4.94	-4.94	-4.94
2*2	あり	あり	あり	常用：0台 非常用：5台	-4.95	-4.95	-4.94	-4.94	-4.94
3	あり	あり	あり	常用：0台 非常用：7台	-4.95	-4.95	-4.95	-4.95	-4.95
4	あり	あり	あり	常用：2台 非常用：7台	-4.96	-4.96	-4.96	-4.96	-4.96
5	あり	なし	あり	常用：0台 非常用：0台	-4.97	-4.97	-4.98	-4.98	-4.98
6	あり	なし	あり	常用：0台 非常用：5台	-4.97	-4.97	-4.98	-4.98	-4.98
7	あり	なし	あり	常用：0台 非常用：7台	-4.97	-4.97	-4.98	-4.98	-4.98
8	あり	なし	あり	常用：2台 非常用：7台	-4.97	-4.97	-4.99	-4.98	-4.99

*1：下降側水位については非常用海水ポンプ位置における水位を対象に評価を実施

*2：パラメータによる影響の考慮における基本ケース

■：解析ケース毎の最低水位

表 1.5-10 取水路の管路解析結果（下降側最低水位）一覧（2/4）

解析 ケース	パラメータ				取水ピット水位 (T. P. m)				
	防波堤	スクリーン 損失	貝付着	海水ポンプの 運転状態	非常用海水 ポンプ (南側)	非常用海水 ポンプ (北側)	循環水 ポンプ (南側)	循環水 ポンプ (中央)	循環水 ポンプ (北側)
9	あり	あり	なし	常用：0台 非常用：0台	-4.94	-4.94	-4.94	-4.94	-4.94
10	あり	あり	なし	常用：0台 非常用：5台	-4.95	-4.95	-4.95	-4.95	-4.95
11	あり	あり	なし	常用：0台 非常用：7台	-4.95	-4.95	-4.95	-4.95	-4.95
12	あり	あり	なし	常用：2台 非常用：7台	-4.96	-4.96	-4.96	-4.96	-4.96
13	あり	なし	なし	常用：0台 非常用：0台	-4.95	-4.95	-4.95	-4.96	-4.95
14	あり	なし	なし	常用：0台 非常用：5台	-4.95	-4.95	-4.95	-4.96	-4.95
15	あり	なし	なし	常用：0台 非常用：7台	-4.95	-4.95	-4.95	-4.96	-4.95
16	あり	なし	なし	常用：2台 非常用：7台	-4.95	-4.95	-4.95	-4.96	-4.95

*：下降側水位については非常用海水ポンプ位置における水位を対象に評価を実施

■：解析ケース毎の最低水位

表 1.5-10 取水路の管路解析結果（下降側最低水位）一覧（3/4）

解析 ケース	パラメータ				取水ピット水位 (T. P. m)				
	防波堤	スクリーン 損失	貝付着	海水ポンプの 運転状態	非常用海水 ポンプ (南側)	非常用海水 ポンプ (北側)	循環水 ポンプ (南側)	循環水 ポンプ (中央)	循環水 ポンプ (北側)
17	なし	あり	あり	常用：0台 非常用：0台	-4.95	-4.95	-4.95	-4.95	-4.95
18	なし	あり	あり	常用：0台 非常用：5台	-4.95	-4.95	-4.95	-4.96	-4.95
19	なし	あり	あり	常用：0台 非常用：7台	-4.96	-4.96	-4.96	-4.96	-4.96
20	なし	あり	あり	常用：2台 非常用：7台	-4.97	-4.97	-4.97	-4.98	-4.97
21	なし	なし	あり	常用：0台 非常用：0台	-5.02	-5.02	-5.02	-5.05	-5.02
22	なし	なし	あり	常用：0台 非常用：5台	-5.03	-5.03	-5.03	-5.05	-5.03
23	なし	なし	あり	常用：0台 非常用：7台	-5.03	-5.03	-5.03	-5.05	-5.03
24	なし	なし	あり	常用：2台 非常用：7台	-5.03	-5.03	-5.03	-5.06	-5.03

*：下降側水位については非常用海水ポンプ位置における水位を対象に評価を実施

■：解析ケース毎の最低水位

表 1.5-10 取水路の管路解析結果（下降側最低水位）一覧（4/4）

解析 ケース	パラメータ				取水ピット水位 (T. P. m)				
	防波堤	スクリーン 損失	貝付着	海水ポンプの 運転状態	非常用海水 ポンプ (南側)	非常用海水 ポンプ (北側)	循環水 ポンプ (南側)	循環水 ポンプ (中央)	循環水 ポンプ (北側)
25	なし	あり	なし	常用：0台 非常用：0台	-4.95	-4.95	-4.95	-4.95	-4.95
26	なし	あり	なし	常用：0台 非常用：5台	-4.96	-4.95	-4.95	-4.95	-4.95
27	なし	あり	なし	常用：0台 非常用：7台	-4.96	-4.96	-4.96	-4.96	-4.96
28	なし	あり	なし	常用：2台 非常用：7台	-4.97	-4.97	-4.97	-4.98	-4.97
29	なし	なし	なし	常用：0台 非常用：0台	-5.03	-5.03	-5.02	-5.05	-5.02
30	なし	なし	なし	常用：0台 非常用：5台	-5.03	-5.03	-5.02	-5.06	-5.02
31	なし	なし	なし	常用：0台 非常用：7台	-5.04	-5.04	-5.02	-5.06	-5.02
32	なし	なし	なし	常用：2台 非常用：7台	-5.04	-5.04	-5.03	-5.07	-5.03

*：下降側水位については非常用海水ポンプ位置における水位を対象に評価を実施

■：解析ケース毎の最低水位

■：下降側最低水位

なお、防潮堤設置ルート変更の前後において、取水路管路解析の入力波である取水口前面における水位に差異がなく、取水路及び取水ピットの構造に変更を伴わず、防潮堤設置ルート変更に伴う取水路の管路解析結果への影響確が無かったため、表 1.5-10 には防潮堤設置ルート変更前の管路解析結果を示している。なお、影響評価としては、防潮堤設置ルート変更前のモデルによる管路解析において最も低い水位となった解析条件（防波堤なし、スクリーンによる損失なし、貝付着なし、海水ポンプの運転あり（常用：2 台，非常用：7 台））と同様の条件にて防潮堤設置ルートを変更したモデルにより管路解析を実施し、影響のないことを確認した。防潮堤設置ルート変更に伴う取水路の管路解析結果への影響確認結果を以下に示す。

防潮堤設置ルート変更前のモデルによる取水口前面における遡上解析の評価結果（下降側）は図 1.5-7 に示すとおりである。取水口前面の下降側最低水位は T.P. -4.9m であった。

防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果（下降側）を図 1.5-8 に示す。図 1.5-8 に示すとおり、遡上解析の評価結果から、取水口前面の下降側最低水位は T.P. -4.9m であった。防潮堤設置ルート変更前のモデルによる評価結果と比べて有意な差異はなく、同等の評価結果であった。

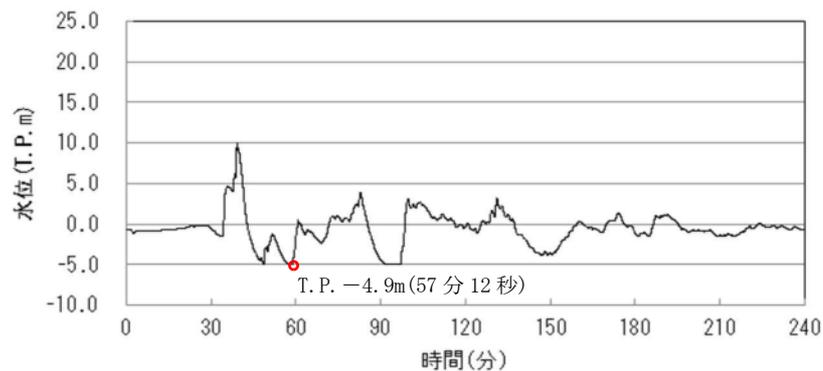


図 1.5-7 防潮堤設置ルート変更前のモデルによる取水口前面における遡上解析の評価結果（下降側）（防波堤なし）

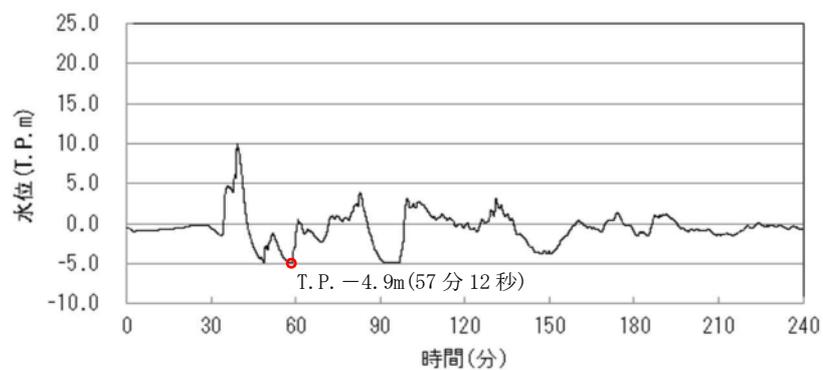


図 1.5-8 防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる取水口前面における遡上解析の評価結果（下降側）（防波堤なし）

さらに、管路解析による取水ピットにおける評価結果（下降側）への影響確認を実施した。防潮堤設置ルート変更前のモデルによる取水ピットにおける管路解析の評価結果（下降側）は図 1.5-9 に示すとおりである。取水ピットにおける下降側最低水位は T.P. -5.04m であった。

防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果を図 1.5-10 に示す。図 1.5-10 に示すとおり、管路解析の評価結果から、取水ピットの下降側最低水位は T.P. -5.04m であった。防潮堤設置ルート変更前のモデルによる評価結果と比べて有意な差異はなく、同等の評価結果であった。

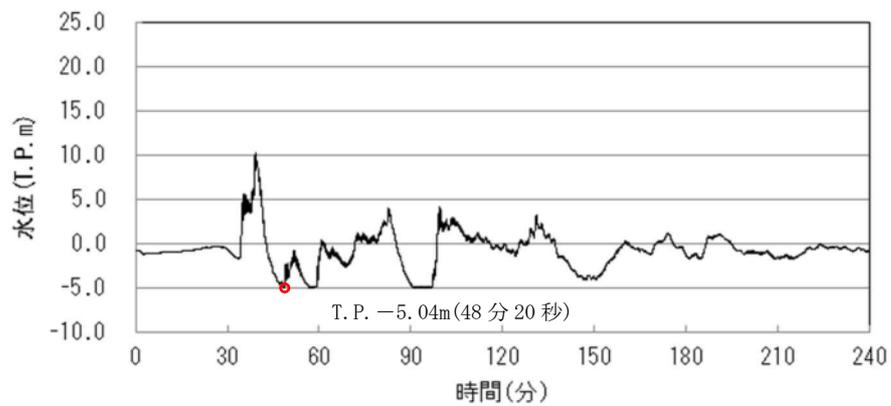


図 1.5-9 防潮堤設置ルート変更前のモデルによる取水ピットにおける
管路解析の評価結果（下降側）

(防波堤なし、スクリーンによる損失なし、貝付着なし、
海水ポンプの運転あり（常用：2台、非常用：7台））

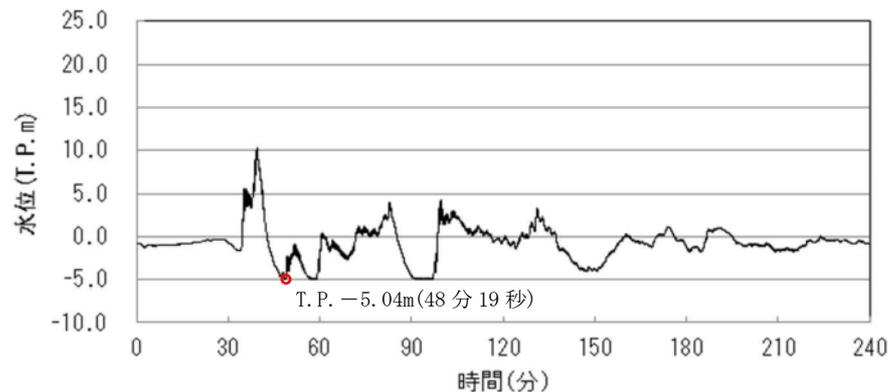


図 1.5-10 防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる取水ピットにおける
管路解析の評価結果（下降側）

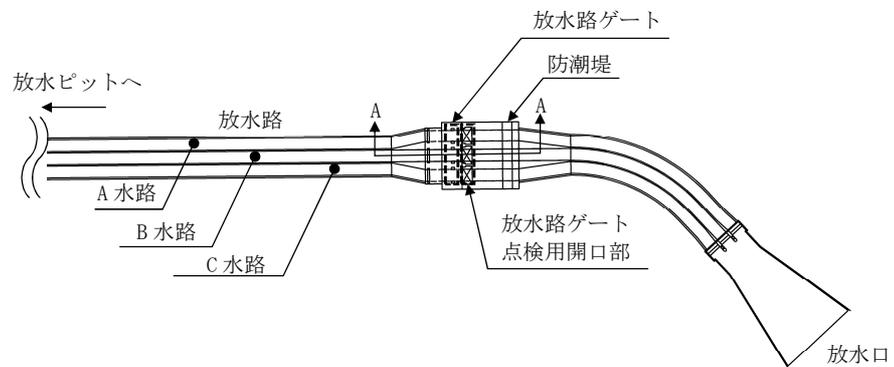
(防波堤なし、スクリーンによる損失なし、貝付着なし、
海水ポンプの運転あり（常用：2台、非常用：7台））

また、取水ピットにおける下降側水位の入力津波については、防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる管路解析結果（防波堤なし、スクリーンによる損失なし、貝付着なし、海水ポンプの運転あり（常用：2台、非常用：7台））をもとに設定した。

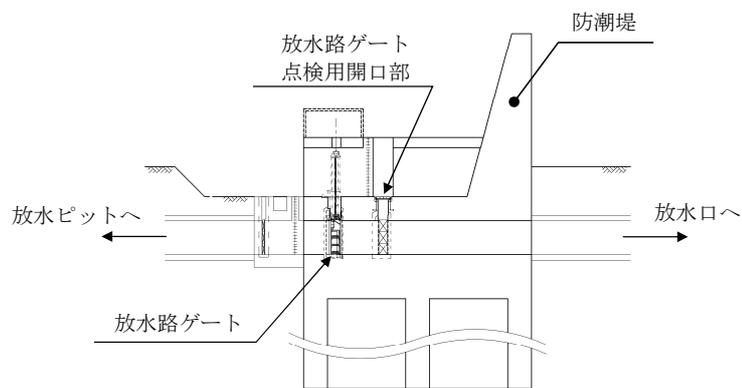
ハ. 放水路の管路解析にて考慮する条件による影響

放水路の構造を図 1.5-11 に示す。放水路から放水路ゲート設置箇所に至る経路においては、「(a) 遡上解析におけるパラメータによる影響」にて考慮した防波堤の有無をはじめ、貝付着の有無及び海水ポンプの運転状態による影響を受けることから、これらを管路解析の条件として考慮する。放水路の管路解析条件を表 1.5-11 に示す。放水路の管路解析にて考慮する条件による影響評価結果を表 1.5-12 に示す。なお、表 1.5-12 は防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果を示している。

また、パラメータによる影響を考慮するに当たり、現地形状態を考慮し、解析ケース 13 の条件である「防波堤あり、貝付着あり、非常用海水ポンプの運転あり（常用 0 台、非常用 5 台）、C 水路放水」を基本ケースとした。



(平面図)



(A-A 断面)

図 1.5-11 放水路の構造

表 1.5-11 放水路の管路解析条件

項目	解析条件
計算領域	ゲート部～放水路～放水口(非常用海水ポンプ)
計算時間間隔 Δt	0.001 秒
基礎方程式	非定常開水路流及び管路流の連続式・運動方程式 ※1
境界条件	<p>○流量あり ケース 1 B 水路, C 水路: 計 4320.8(m³/hr)</p> <p>循環水ポンプ: 74220(m³/hr/台)×0 台</p> <p>残留熱除去系海水系ポンプ: 885.7(m³/hr/台)×4 台</p> <p>非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ: 272.6(m³/hr/台)×2 台</p> <p>高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ: 232.8(m³/hr/台)×1 台</p> <p>補機冷却系海水系ポンプ: 2838(m³/hr/台)×0 台</p> <p>(津波襲来時の状態として, 常用海水ポンプ全台停止かつ非常用海水ポンプの運転状態を想定。(原子炉トリップ+(所内電源喪失又は原子炉水位低下)の状態))</p> <p>○流量あり ケース 2 B 水路, C 水路: 計 9996.8(m³/hr)</p> <p>循環水ポンプ: 74220(m³/hr/台)×0 台</p> <p>残留熱除去系海水系ポンプ: 885.7(m³/hr/台)×4 台</p> <p>非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ: 272.6(m³/hr/台)×2 台</p> <p>高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ: 232.8(m³/hr/台)×1 台</p> <p>補機冷却系海水系ポンプ: 2838(m³/hr/台)×2 台</p> <p>(ケース 1 の状態から, 燃料プール冷却等のため ASW ポンプを追加起動した状態を想定)</p> <p>○流量あり ケース 3 B 水路, C 水路: 計 2549.4(m³/hr)</p> <p>循環水ポンプ: 74220(m³/hr/台)×0 台</p> <p>残留熱除去系海水系ポンプ: 885.7(m³/hr/台)×2 台</p> <p>非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ: 272.6(m³/hr/台)×2 台</p> <p>高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ: 232.8(m³/hr/台)×1 台</p> <p>補機冷却系海水系ポンプ: 2838(m³/hr/台)×0 台</p> <p>(津波襲来時の状態として, 常用海水ポンプ全台停止かつ非常用海水ポンプの運転状態を想定)</p> <p>○流量なし: 計 0(m³/hr)</p>
摩擦損失係数	マニング粗度係数 n=0.020(貝代あり)m ^{-1/3} ・s
貝の付着代	貝代なし, 貝代あり 10cm を考慮
局所損失係数	電力土木技術協会(1995): 火力・原子力発電所土木構造物の設計-補強改訂版-, 千秋信一(1967): 発電水力演習, 土木学会(1999): 水理公式集 [平成 11 年版] による
入射条件	防波堤ありケース 上昇側 / 防波堤なしケース 上昇側
地盤変動条件	3.11 地震の地殻変動量(0.2m 沈下を考慮) Mw8.7 の地殻変動量 潮位のばらつき(σ = +0.18m)
潮位条件	朔望平均満潮位(T.P. +0.61m)
計算時間	4 時間(津波計算と同時間)

※1 基礎方程式

<開水路>

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

$$b) \text{連続式} \quad \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

<管路>

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

$$b) \text{連続式} \quad \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

ここに, t : 時間 Q : 流量 v : 流速 x : 管底に沿った座標
A : 流水断面積 H : 圧力水頭+位置水頭(管路の場合)
位置水頭(開水路の場合)

z : 管底高 g : 重力加速度
n : マニングの粗度係数 R : 径深
Δx : 管路の流れ方向の長さ f : 局所損失係数

<水槽および立坑部>

$$A_p \frac{dH_p}{dt} = Q_s$$

ここに, A_p : 水槽の平面積 (水位の関数となる) H_p : 水槽水位
 Q_s : 水槽へ流入する流量の総和 t : 時間

(イ) 防波堤の有無による影響

表 1.5-12 に示す上昇側最高水位の評価結果から、スクリーンによる損失の有無、貝付着の有無及び海水ポンプの運転状態によらず、防波堤なしの場合に比べ、防波堤ありの場合の方が水位が高くなる傾向にあった。

(ロ) 貝付着の有無による影響

表 1.5-12 に示す上昇側最高水位の評価結果から、防波堤の有無及び海水ポンプの運転状態によらず、B 水路では貝付着なしの場合に比べ、貝付着ありの場合における水位が高くなる傾向にあった。

また、A 水路及び C 水路では、防波堤がある場合においては貝付着がある場合の水位が高くなり、防波堤がない場合においては貝付着がない場合の水位が高くなる傾向にあった。

(ハ) 海水ポンプの運転状態による影響

① ポンプの運転台数による影響

表 1.5-12 に示す上昇側最高水位の評価結果から、貝付着の有無及び放水する水路によらず、防波堤がない場合に比べ、防波堤がある場合において、海水ポンプの運転台数が増えるにつれて水位が高くなる傾向にあった。

また、防波堤がない場合における海水ポンプの運転状態による影響を比較した結果、その差異は非常に小さく、有意な差異とはならなかった。

② 放水する水路による影響

表 1.5-12 に示す上昇側最高水位の評価結果から、貝付着の有無及び海水ポンプの運転台数によらず、防波堤がある場合においては放水する水路における水位が高くなる傾向にあった。

また、防波堤がない場合における放水する水路による影響を比較した結果、常用海水ポンプ 2 台及び非常用海水ポンプ 7 台運転を想定した解析ケースを除き、放水する水路によらず C 水路における水位が高くなる傾向にあった。常用海水ポンプ 2 台及び非常用海水ポンプ 7 台運転を想定した解析ケースでは、それぞれ放水する水路における水位が高くなる傾向にあった。

以上に示した影響評価結果から、上昇側最高水位である T.P. +27.30m (解析ケース 7) をもとに、放水路ゲート設置箇所における上昇側の入力津波を T.P. +27.4m とする。基本ケースの水位である T.P. +23.59m と上昇側最高水位をもとに設定した入力津波 T.P. +27.4m との差異を放水路管路解析におけるパラメータによる影響として考慮することとし、放水路管路解析におけるパラメータによる影響を +3.81m とした。

表 1.5-12 放水路の管路解析結果（上昇側最高水位）一覧（1/2）

解析 ケース	パラメータ				放水路ゲート設置箇所水位(T. P. m)		
	防波堤	貝付着	海水ポンプの運転状態		A水路 (北側)	B水路 (東側)	C水路 (南側)
			ポンプ運転台数	放水する水路			
1	あり	あり	常用：0台 非常用：0台	—	+23.56	+22.72	+22.15
2	なし	あり	常用：0台 非常用：0台	—	+19.32	+19.29	+17.71
3	あり	あり	常用：0台 非常用：7台	B水路	+23.56	+25.42	+22.15
4	なし	あり	常用：0台 非常用：7台	B水路	+19.32	+19.24	+17.71
5	あり	あり	常用：0台 非常用：7台	C水路	+23.56	+22.72	+24.67
6	なし	あり	常用：0台 非常用：7台	C水路	+19.32	+19.29	+18.56
7	あり	あり	常用：2台 非常用：7台	B水路	+23.56	+27.30	+22.15
8	なし	あり	常用：2台 非常用：7台	B水路	+19.32	+20.98	+17.71
9	あり	あり	常用：2台 非常用：7台	C水路	+23.56	+22.72	+26.80
10	なし	あり	常用：2台 非常用：7台	C水路	+19.32	+19.29	+20.66
11	あり	あり	常用：0台 非常用：5台	B水路	+23.56	+24.35	+22.15
12	なし	あり	常用：0台 非常用：5台	B水路	+19.32	+19.31	+17.71
13*	あり	あり	常用：0台 非常用：5台	C水路	+23.56	+22.72	+23.59
14	なし	あり	常用：0台 非常用：5台	C水路	+19.32	+19.29	+17.82

*：パラメータによる影響の考慮における基本ケース

■：解析ケース毎の最高水位

■：上昇側最高水位

表 1.5-12 放水路の管路解析結果（上昇側最高水位）一覧（2/2）

解析 ケース	パラメータ				放水路ゲート設置箇所水位(T. P. m)		
	防波堤	貝付着	海水ポンプの運転状態		A水路 (北側)	B水路 (東側)	C水路 (南側)
			ポンプ運転台数	放水する水路			
15	あり	なし	常用：0台 非常用：0台	—	+21.68	+21.15	+20.99
16	なし	なし	常用：0台 非常用：0台	—	+19.51	+17.97	+19.43
17	あり	なし	常用：0台 非常用：7台	B水路	+21.68	+23.37	+20.99
18	なし	なし	常用：0台 非常用：7台	B水路	+19.51	+17.85	+19.43
19	あり	なし	常用：0台 非常用：7台	C水路	+21.68	+21.15	+22.67
20	なし	なし	常用：0台 非常用：7台	C水路	+19.51	+17.97	+19.94
21	あり	なし	常用：2台 非常用：7台	B水路	+21.68	+25.63	+20.99
22	なし	なし	常用：2台 非常用：7台	B水路	+19.51	+19.28	+19.43
23	あり	なし	常用：2台 非常用：7台	C水路	+21.68	+21.15	+24.87
24	なし	なし	常用：2台 非常用：7台	C水路	+19.51	+17.97	+19.96
25	あり	なし	常用：0台 非常用：5台	B水路	+21.68	+22.36	+20.99
26	なし	なし	常用：0台 非常用：5台	B水路	+19.51	+17.97	+19.43
27	あり	なし	常用：0台 非常用：5台	C水路	+21.68	+21.15	+21.87
28	なし	なし	常用：0台 非常用：5台	C水路	+19.51	+17.97	+19.77

■ : 解析ケース毎の最高水位

ニ. SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの管路解析にて考慮する条件による影響

SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの構造を図 1.5-12 に示す。SA用海水ピット取水塔から緊急用海水ポンプピットに至る経路においては、「(a) 遡上解析におけるパラメータによる影響」にて考慮した防波堤の有無をはじめ、貝付着の有無による影響を受けることから、これらを管路解析の条件として考慮する。SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの管路解析条件を表 1.5-13 に示す。SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの管路解析にて考慮する条件による影響評価結果を表 1.5-14 に示す。なお、表 1.5-14 は防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果を示している。

また、パラメータによる影響を考慮するに当たり、現地形状態を考慮し、解析ケース 1 の条件である「防波堤あり、貝付着あり」を基本ケースとした。

(イ) 防波堤の有無による影響

表 1.5-14 に示す上昇側最高水位の評価結果から、貝付着の有無によらず、防波堤ありの場合に比べ、防波堤なしの場合の方が水位が高くなった。

(ロ) 貝付着の有無による影響

表 1.5-14 に示す上昇側最高水位の評価結果から、防波堤の有無によらず、貝付着ありの場合に比べ、貝付着なしの場合の方が水位が高くなった。

以上に示した影響評価結果から、SA用海水ピットについては上昇側最高水位である T.P. +8.80m (解析ケース 4) をもとに、上昇側の入力津波を T.P. +8.9m とする。緊急用海水ポンプピットについては上昇側最高水位である T.P. +9.21m (解析ケース 4) をもとに、上昇側の入力津波を T.P. +9.3m とする。基本ケースの水位 (SA用海水ピット : T.P. +5.99m, 緊急用海水ポンプピット : T.P. +6.13m) と上昇側最高水位をもとに設定した入力津波 (SA用海水ピット : T.P. +8.9m, 緊急用海水ポンプピット : T.P. +9.3m) との差異を SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの管路解析におけるパラメータによる影響として考慮することとし、SA用海水ピットでは+2.91m, 緊急用海水ポンプピットでは+3.17m をそれぞれパラメータによる影響とした。

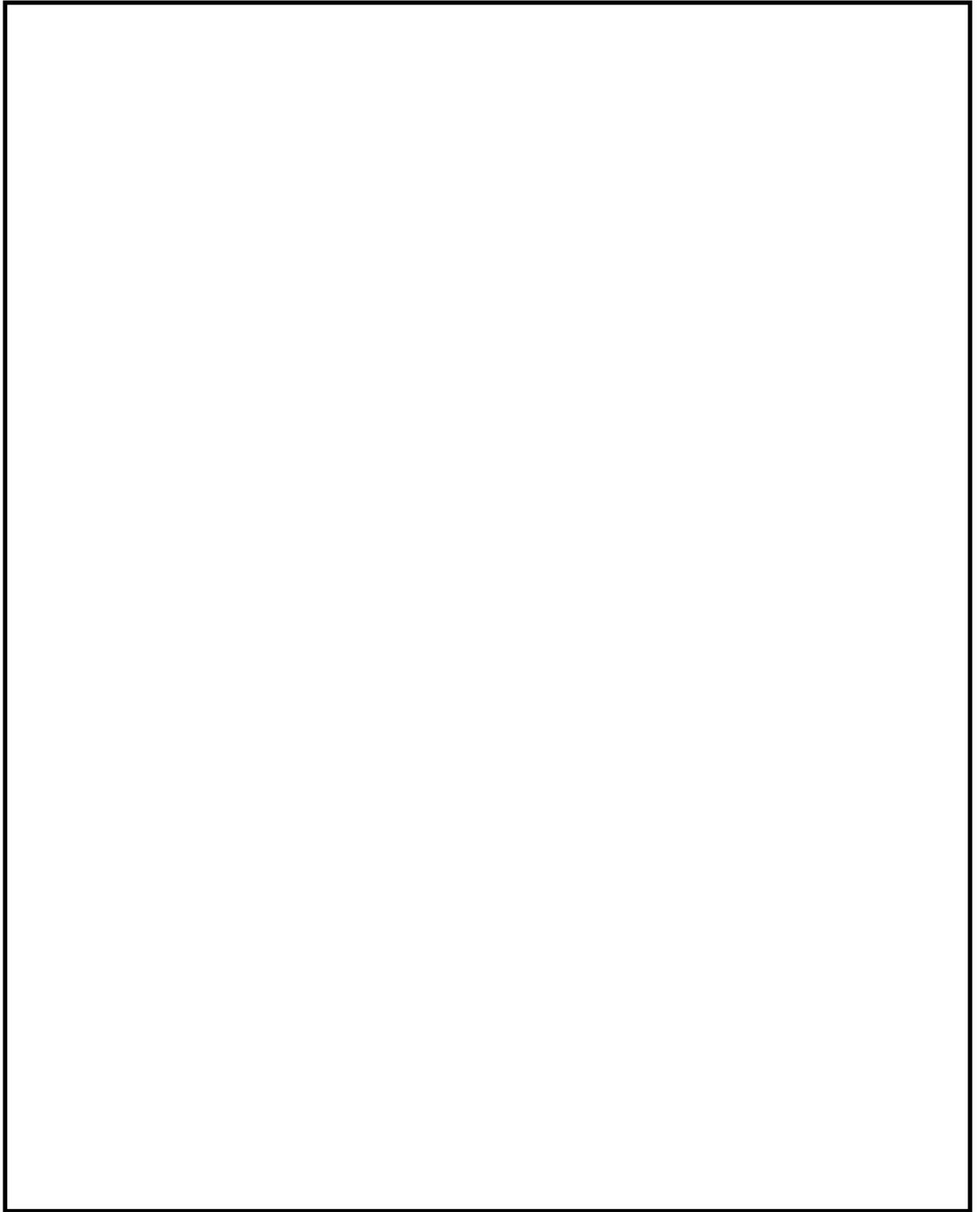


図 1.5-12 S A用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの構造

表 1.5-13 S A用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの管路解析条件

項目	解析条件
計算領域	S A用海水ピット取水塔～S A用海水ピット～緊急用海水ポンプピット
計算時間間隔 Δt	0.01 秒
基礎方程式	非定常開水路流及び管路流の連続式・運動方程式 ※1
境界条件	○流量なし：計 0(m ³ /hr)
摩擦損失係数	マンニング粗度係数 $n=0.020$ (貝代あり)m ^{-1/3} ・s $n=0.015$ (貝代なし)m ^{-1/3} ・s
貝の付着代	貝代なし, 貝代あり 10cm を考慮
局所損失係数	電力土木技術協会(1995)：火力・原子力発電所土木構造物の設計 —補強改訂版—, 千秋信一(1967)：発電水力演習, 土木学会(1999)：水理公式集 [平成 11 年版] による
入射条件	防波堤ありケース 上昇側 / 防波堤なしケース 上昇側
地盤変動条件	上昇側：3.11 地震の地殻変動量(0.2m 沈下を考慮) Mw8.7 の地殻変動量 潮位のばらつき ($\sigma = +0.18m$)
潮位条件	上昇側：朔望平均満潮位(T. P. +0.61m)
計算時間	4 時間(津波計算と同時間)

※1 基礎方程式

<開水路>

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

$$b) \text{連続式} \quad \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

<管路>

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

$$b) \text{連続式} \quad \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

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

<水槽および立坑部>

$$A_p \frac{dH_p}{dt} = Q_s$$

ここに, A_p : 水槽の平面積 (水位の関数となる) H_p : 水槽水位
 Q_s : 水槽へ流入する流量の総和 t : 時間

表 1.5-14 SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの管路解析結果（上昇側最高水位）一覧

解析 ケース	パラメータ		各ピットの水位 (T. P. m)	
	防波堤	貝付着	SA用海水ピット	緊急用海水 ポンプピット
1*	あり	あり	+5.99	+6.13
2	なし	あり	+6.37	+6.45
3	あり	なし	+8.31	+8.71
4	なし	なし	+8.80	+9.21

* : パラメータによる影響の考慮における基本ケース

 : 上昇側最高水位

「イ. 取水路の管路解析（上昇側水位）にて考慮する条件による影響」, 「ロ. 取水路の管路解析（下降側水位）にて考慮する条件による影響」, 「ハ. 放水路の管路解析にて考慮する条件による影響」及び「ニ. SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの管路解析にて考慮する条件による影響」に示した影響評価結果をもとに, 各経路の設定位置における設定水位に対するパラメータによる影響の考慮の程度を整理した。各経路の設定位置における設定水位に対するパラメータによる影響の考慮の詳細を表 1.5-15 に示す。

表 1.5-15 各経路の設定位置における設定水位に対するパラメータによる影響の考慮

区分	設定位置	設定水位	パラメータによる影響		基本ケースの水位	遡上解析により求めた津波水位に加えることで考慮	初期潮位に考慮			
			パラメータによる影響の考慮の程度	考慮した条件			潮位のばらつき	入力津波モデルに想定される地震により生じる地殻変動	2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動	朔望平均潮位
上昇側水位	取水ピット	T.P. +19.2m ^{*2}	+3.16m	・防波堤の有無 ・スクリーンによる損失の有無 ・貝付着の有無 ・海水ポンプの運転状態	T.P. +16.04m ^{*1}	考慮する。 (+0.18m)	考慮する。 (地殻変動量(沈降)0.31m)	考慮する。 (地殻変動量(沈降)0.2m)	考慮する。 (朔望平均満潮位 T.P. +0.61m)	
	放水路ゲート設置箇所	T.P. +27.4m ^{*2}	+3.81m	・防波堤の有無 ・貝付着の有無 ・海水ポンプの運転状態	T.P. +23.59m ^{*1}	考慮する。 (+0.18m)	考慮する。 (地殻変動量(沈降)0.31m)	考慮する。 (地殻変動量(沈降)0.2m)	考慮する。 (朔望平均満潮位 T.P. +0.61m)	
	SA用海水ピット	T.P. +8.9m ^{*2}	+2.91m	・防波堤の有無 ・貝付着の有無	T.P. +5.99m ^{*1}	考慮する。 (+0.18m)	考慮する。 (地殻変動量(沈降)0.31m)	考慮する。 (地殻変動量(沈降)0.2m)	考慮する。 (朔望平均満潮位 T.P. +0.61m)	
	緊急用海水ポンプピット	T.P. +9.3m ^{*2}	+3.17m	・防波堤の有無 ・貝付着の有無	T.P. +6.13m ^{*1}	考慮する。 (+0.18m)	考慮する。 (地殻変動量(沈降)0.31m)	考慮する。 (地殻変動量(沈降)0.2m)	考慮する。 (朔望平均満潮位 T.P. +0.61m)	
下降側水位	取水ピット	T.P. -5.1m ^{*4}	-0.15m	・防波堤の有無 ・スクリーンによる損失の有無 ・貝付着の有無 ・海水ポンプの運転状態	T.P. -4.95m ^{*3}	考慮する。 (-0.16m)	考慮しない。	考慮する。 (地殻変動量(沈降)0.2m)	考慮する。 (朔望平均干潮位 T.P. -0.81m)	

注記 *1: 朔望平均満潮位 T.P. +0.61m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量(沈降)0.2m, 入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動(沈降)0.31m及び潮位のばらつき+0.18mを考慮している。

*2: *1に加えてパラメータによる影響を考慮している。

*3: 朔望平均干潮位 T.P. -0.81m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量(沈降)0.2m及び潮位のばらつき-0.16mを考慮している。

*4: *3に加えてパラメータによる影響を考慮している。

(d) パラメータによる影響が入力津波高さに与える影響のまとめ

「(a) 遡上解析におけるパラメータによる影響」及び「(b) 管路解析におけるパラメータによる影響」の検討結果を踏まえ、取水ピットにおける下降側水位を除き、防潮堤設置ルート変更を反映したモデルにおけるパラメータによる影響評価結果により設定した設定水位一覧を表 1.5-16 に示す。また、防潮堤前面における最高水位を示す時刻歴波形を図 1.5-13 に、各経路からの津波の時刻歴波形を図 1.5-14 にそれぞれ示す。

表 1.5-16 防潮堤設置ルート変更を反映したモデルにおける数値シミュレーション結果により設定した設定水位一覧表

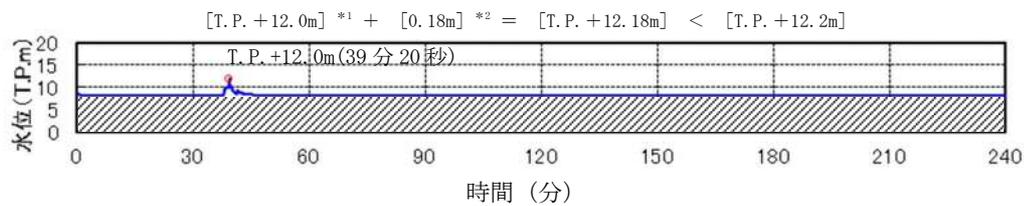
区分	設定位置	設定水位	パラメータによる影響		基本ケースの水位
			パラメータによる影響の考慮の程度	考慮した条件	
上昇側水位	防潮堤前面（敷地側面北側）	T.P. +12.0m ^{*1} (T.P. +12.2m) ^{*2}	+0.3m	・地盤変状の有無 ・防波堤の有無	T.P. +11.7m
	防潮堤前面（敷地前面東側）	T.P. +17.7m ^{*1} (T.P. +17.9m) ^{*2}	+0.6m	・地盤変状の有無 ・防波堤の有無	T.P. +17.1m
	防潮堤前面（敷地側面南側）	T.P. +16.6m ^{*1} (T.P. +16.8m) ^{*2}	+1.2m	・地盤変状の有無 ・防波堤の有無	T.P. +15.4m
	取水ピット	(T.P. +19.2m) ^{*3}	+3.16m	・防波堤の有無 ・スクリーンによる損失の有無 ・貝付着の有無 ・海水ポンプの運転状態	T.P. +16.04m
	放水路ゲート設置箇所	(T.P. +27.4m) ^{*3}	+3.81m	・防波堤の有無 ・貝付着の有無 ・海水ポンプの運転状態	T.P. +23.59m
	S A用海水ピット	(T.P. +8.9m) ^{*3}	+2.91m	・防波堤の有無 ・貝付着の有無	T.P. +5.99m
	緊急用海水ポンプピット	(T.P. +9.3m) ^{*3}	+3.17m	・防波堤の有無 ・貝付着の有無	T.P. +6.13m
	構内排水路逆流防止設備 （防潮堤前面（敷地前面東側）の入力津波高さを使用している。）	T.P. +17.7m ^{*1} (T.P. +17.9m) ^{*2}	+0.6m	・地盤変状の有無 ・防波堤の有無	T.P. +17.1m
	構内排水路逆流防止設備 （防潮堤前面（敷地側面北側）の入力津波高さを使用している。）	T.P. +12.0m ^{*1} (T.P. +12.2m) ^{*2}	+0.3m	・地盤変状の有無 ・防波堤の有無	T.P. +11.7m
下降側水位	取水ピット	T.P. -5.1m ^{*4}	-0.15m	・防波堤の有無 ・スクリーンによる損失の有無 ・貝付着の有無 ・海水ポンプの運転状態	T.P. -4.95m

注記 *1：朔望平均満潮位T.P. +0.61m，2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量（沈降）0.2m及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動（沈降）0.31mを考慮している。

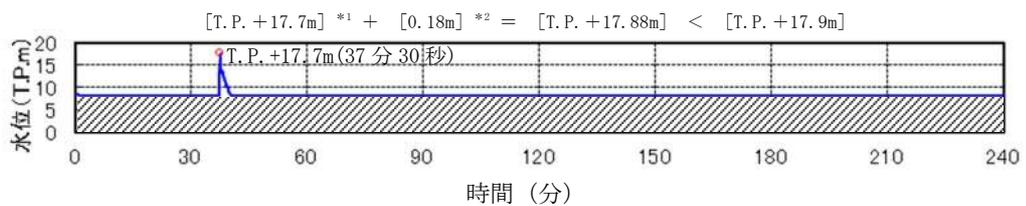
*2：*1に加えて潮位のばらつき+0.18mを考慮している。

*3：朔望平均満潮位T.P. +0.61m，2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量（沈降）0.2m，入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動（沈降）0.31m及び潮位のばらつき+0.18mを考慮している。

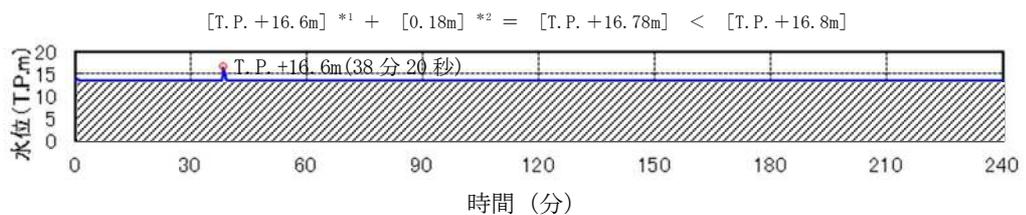
*4：朔望平均干潮位T.P. -0.81m，2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量（沈降）0.2m及び潮位のばらつき-0.16mを考慮している。



(防潮堤前面評価点 敷地側面北側)



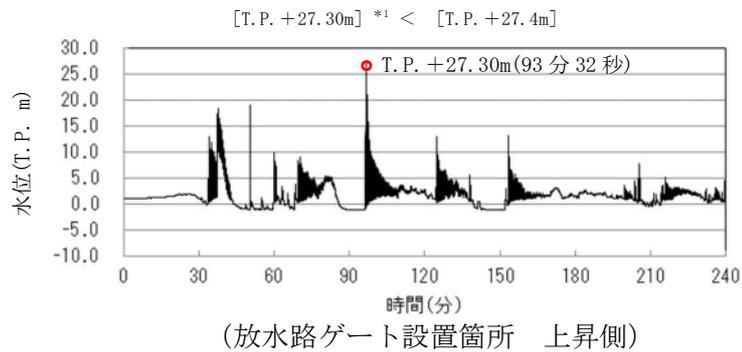
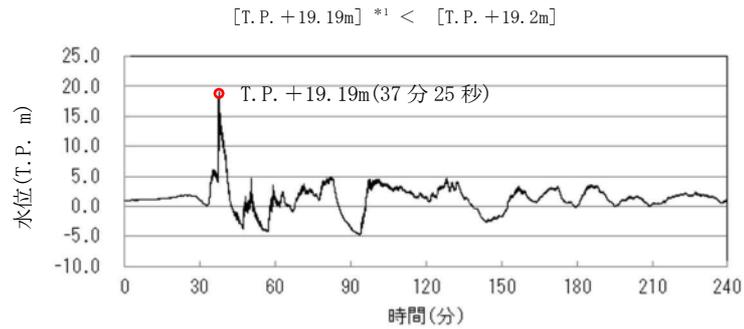
(防潮堤前面評価点 敷地前面東側)



(防潮堤前面評価点 敷地側面南側)

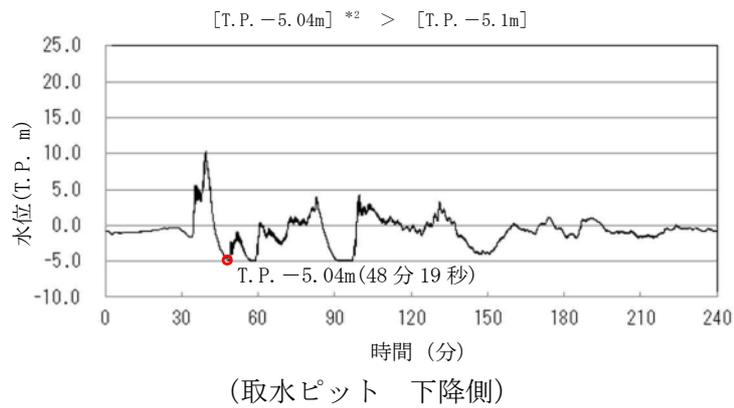
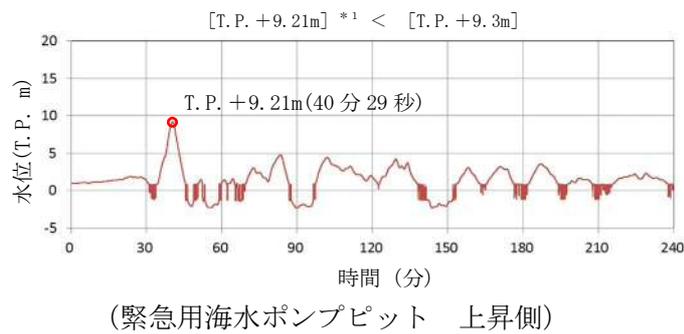
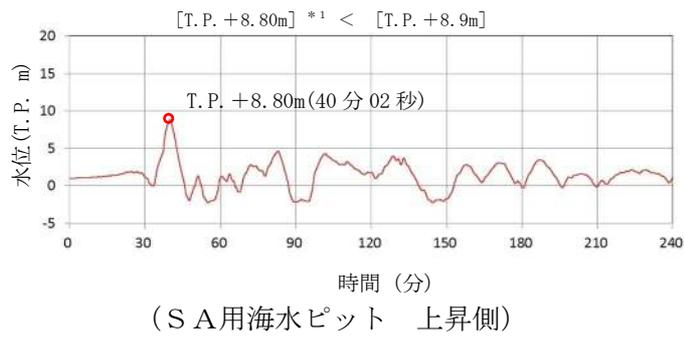
注記 *1: 朔望平均満潮位 T.P. + 0.61m, 2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量 (沈降) 0.2m 及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動 (沈降) 0.31m を考慮している。
*2: 潮位のばらつきを示す。

図 1.5-13 防潮堤前面における最高水位を示す時刻歴波形



注記 *1 : 朔望平均満潮位 T.P. +0.61m, 2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量 (沈降) 0.2m, 入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動 (沈降) 0.31m 及び潮位のばらつき +0.18m を考慮している。

図 1.5-14 各経路からの津波の時刻歴波形 (1/2)



- 注記 *1 : 朔望平均満潮位 T.P. +0.61m, 2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量 (沈降) 0.2m, 入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動 (沈降) 0.31m 及び潮位のばらつき +0.18m を考慮している。
- *2 : 朔望平均干潮位 -0.81m, 2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量 (沈降) 0.2m 及び潮位のばらつき -0.16m を考慮している。

図 1.5-14 各経路からの津波の時刻歴波形 (2/2)

(e) その他の影響

その他の影響として、防潮堤設置ルート変更前後における遡上解析結果又は管路解析結果の差分及び下降側水位の初期潮位に考慮していた地殻変動量（沈降）の差し引きを考慮する。以下に詳細を示す。

イ．防潮堤設置ルート変更前後における遡上解析結果又は管路解析結果の差分

防潮堤設置ルート変更前後における遡上解析結果又は管路解析結果の差分を入力津波高さに考慮する。具体的には、防潮堤設置ルート変更前後における各施設・設備の設置位置で算定された設定水位を比較し、より水位が高いモデルによる解析結果をもとに入力津波高さを設定する。防潮堤設置ルート変更前後における設定水位一覧及びその他の影響を考慮した入力津波一覧表を表 1.5-17 に示す。表 1.5-17 に示した水位から、防潮堤前面（敷地側面北側）におけるその他の影響を+3.2mとした。

また、防潮堤設置ルート変更前後における放水路ゲート設置箇所の設定水位を比較したところ、防潮堤設置ルート変更前における設定水位が T.P. +19.1m であり、防潮堤設置ルート変更後における設定水位が T.P. +27.4m であった。防潮堤の設置ルート変更前後における放水路ゲート設置箇所の水位差は、管路応答の周期特性の違いによるものであると考えられる。放水路の管路解析結果に関する考察を（参考 1）に示す。

表 1.5-17 防潮堤設置ルート変更前後における設定水位一覧及び
その他の影響を考慮した入力津波一覧

区分	設定位置	入力津波高さ	設定水位		その他の影響*4
			防潮堤設置ルート変更前	防潮堤設置ルート変更後	
上昇側水位	防潮堤前面 (敷地側面北側)	T.P. +15.2m*1 (T.P. +15.4m) *2	T.P. +15.2m*1 (T.P. +15.4m) *2	T.P. +12.0m*1 (T.P. +12.2m) *2	+3.2m
	防潮堤前面 (敷地前面東側)	T.P. +17.7m*1 (T.P. +17.9m) *2	T.P. +17.7m*1 (T.P. +17.9m) *2	T.P. +17.7m*1 (T.P. +17.9m) *2	0m
	防潮堤前面 (敷地側面南側)	T.P. +16.6m*1 (T.P. +16.8m) *2	T.P. +16.6m*1 (T.P. +16.8m) *2	T.P. +16.6m*1 (T.P. +16.8m) *2	0m
	取水ピット	(T.P. +19.2m) *3	(T.P. +19.2m) *3	(T.P. +19.2m) *3	0m
	放水路ゲート 設置箇所	(T.P. +27.4m) *3	(T.P. +19.1m) *3	(T.P. +27.4m) *3	0m
	S A用海水ピット	(T.P. +8.9m) *3	(T.P. +8.9m) *3	(T.P. +8.9m) *3	0m
	緊急用海水ポンプ ピット	(T.P. +9.3m) *3	(T.P. +9.3m) *3	(T.P. +9.3m) *3	0m
	構内排水路 逆流防止設備 (防潮堤前面(敷地前面東側)の入力津波高さを使用している。)	T.P. +17.7m*1 (T.P. +17.9m) *2	T.P. +17.7m*1 (T.P. +17.9m) *2	T.P. +17.7m*1 (T.P. +17.9m) *2	0m
	構内排水路 逆流防止設備 (防潮堤前面(敷地側面北側)の入力津波高さを使用している。)	T.P. +15.2m*1 (T.P. +15.4m) *2	T.P. +15.2m*1 (T.P. +15.4m) *2	T.P. +12.0m*1 (T.P. +12.2m) *2	+3.2m

注記 *1: 朔望平均満潮位T.P. +0.61m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量(沈降)0.2m及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動(沈降)0.31mを考慮している。

*2: *1に加えて潮位のばらつき+0.18mを考慮している。

*3: 朔望平均満潮位T.P. +0.61m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量(沈降)0.2m, 入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動(沈降)0.31m及び潮位のばらつき+0.18mを考慮している。

*4: 防潮堤設置ルート変更前後における各施設・設備の設置位置で算定された入力津波高さを比較し, より水位が高いモデルによる解析結果をもとに入力津波高さを設定する。

ロ. 下降側水位の初期潮位に考慮していた地殻変動量（沈降）の除外

下降側水位の遡上解析における初期潮位として、2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量である0.2mの沈降を考慮していた。取水ピットにおける下降側水位の入力津波高さの設定に当たっては、安全側の評価となるように、パラメータによる影響を考慮して設定した設定水位から、2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量である0.2mの沈降分の値を考慮せず除外して入力津波高さを設定する。取水ピットにおける下降側入力津波の設定に考慮するその他の影響を表1.5-18に示す。表1.5-18に示した水位から、取水ピットにおける下降側入力津波の設定に考慮するその他の影響を-0.2mとした。

表 1.5-18 取水ピットにおける下降側入力津波の設定に考慮するその他の影響

区分	設定位置	入力津波高さ	設定水位	その他の影響*3
下降側水位	取水ピット	T. P. -5.3m*2	T. P. -5.1m*1	-0.2m

- *1 朔望平均干潮位T. P. -0.81m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量（沈降）0.2m及び潮位のばらつき-0.16mを考慮している。
- *2 下降側の評価に当たって安全側の考慮となるように、*1から2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量（沈降）0.2mを除外したものである。
- *3 下降側の評価に当たって安全側の考慮となるように、初期潮位に考慮していた2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量（沈降）0.2mを考慮せず除外する。

(f) 入力津波高さに対するパラメータによる影響のまとめ

「(a) 遡上解析におけるパラメータによる影響」, 「(c) 管路解析におけるパラメータによる影響」及び「(e) その他の影響」の検討結果を踏まえ設定した各施設・設備の設置位置における設計又は評価に用いる入力津波高さ一覧を表 1.5-19 に示す。

表 1.5-19 各施設・設備の設置位置における設計又は評価に用いる入力津波高さ一覧表

区分	設定位置	入力津波高さ
上昇側水位	防潮堤前面 (敷地側面北側)	T. P. +15.2m ^{*1} (T. P. +15.4m) ^{*2}
	防潮堤前面 (敷地前面東側)	T. P. +17.7m ^{*1} (T. P. +17.9m) ^{*2}
	防潮堤前面 (敷地側面南側)	T. P. +16.6m ^{*1} (T. P. +16.8m) ^{*2}
	取水ピット	(T. P. +19.2m) ^{*3}
	放水路ゲート設置箇所	(T. P. +27.4m) ^{*3}
	SA用海水ピット	(T. P. +8.9m) ^{*3}
	緊急用海水ポンプピット	(T. P. +9.3m) ^{*3}
	構内排水路逆流防止設備 (防潮堤前面 (敷地前面東側) の入力津波高さを使用している。)	T. P. +17.7m ^{*1} (T. P. +17.9m) ^{*2}
	構内排水路逆流防止設備 (防潮堤前面 (敷地側面北側) の入力津波高さを使用している。)	T. P. +15.2m ^{*1} (T. P. +15.4m) ^{*2}
下降側水位	取水ピット	T. P. -5.1m ^{*4} (T. P. -5.3m) ^{*5}

注記 *1: 朔望平均満潮位T. P. +0.61m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量 (沈降) 0.2m 及び津波波源モデルの活動による地殻変動量 (沈降) 0.31mを考慮している。

*2: *1に加えて潮位のばらつき+0.18mを考慮している。

*3: 朔望平均満潮位T. P. +0.61m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量 (沈降) 0.2m, 入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動 (沈降) 0.31m及び潮位のばらつき+0.18mを考慮している。

*4: 朔望平均干潮位T. P. -0.81m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量 (沈降) 0.2m 及び潮位のばらつき-0.16mを考慮している。

*5: 下降側の評価に当たって安全側の考慮となるように, *4から2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量 (沈降) 0.2mを除外したものである。

1.5.2 敷地に遡上する津波

(1) 考慮の程度の妥当性についての検討の方針

津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の設計においては、入力津波高さに影響を与え得る条件についてパラメータスタディを実施し、入力津波高さが有するパラメータによる影響を考慮する。入力津波高さが有するパラメータによる影響については、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。

入力津波高さに影響を与え得る要因のうち、パラメータスタディの実施対象である「敷地の地形及び敷地周辺の人工構造物等のパラメータによる影響（遡上解析におけるパラメータによる影響及び管路解析におけるパラメータによる影響）」の入力津波高さに対する考慮の程度の妥当性については、各評価点における基本ケースによる水位と最も水位が高くなったケースによる水位を比較することで確認する。

(2) 検討の対象

検討の対象設備を表 1.5-20 に示す。

表 1.5-20 検討の対象設備

津波対策設備	設備分類	対象	備考
防潮堤及び防潮扉	津波防護 施設	○	
放水路ゲート		○	
構内排水路逆流防止設備		○	
原子炉建屋外壁		○	
原子炉建屋原子炉棟水密扉		○	検討対象である外郭防護（津波防護施設）として整理
原子炉建屋附属棟北側水密扉 1		○	検討対象である外郭防護（津波防護施設）として整理
原子炉建屋附属棟北側水密扉 2		○	検討対象である外郭防護（津波防護施設）として整理
原子炉建屋附属棟東側水密扉		○	検討対象である外郭防護（津波防護施設）として整理
原子炉建屋附属棟南側水密扉		○	検討対象である外郭防護（津波防護施設）として整理
原子炉建屋附属棟西側水密扉		○	検討対象である外郭防護（津波防護施設）として整理
取水路点検用開口部浸水防止蓋	浸水防止 設備	○	
海水ポンプグラウンド dren 排出口逆止弁		○	
取水ピット空気抜き配管逆止弁		○	
放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋		○	
S A用海水ピット開口部浸水防止蓋		○	
緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋		○	
緊急用海水ポンプグラウンド dren 排出口逆止弁		○	
緊急用海水ポンプ室床 dren 排出口逆止弁		○	
緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋		○	
緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋		○	
格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチ		○	
常設低圧代替注水系格納槽点検用水密ハッチ		○	
常設低圧代替注水系格納槽可搬型ポンプ用水密ハッチ		○	
常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉		○	
防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置		○	
原子炉建屋境界貫通部（1階外壁）止水処置		○	
常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）止水処置		○	
取水ピット水位計		津波監視 設備	○
潮位計	○		

(3) 入力津波高さが有するパラメータによる影響について

a. 入力津波高さに影響を与え得る要因

(a) 朔望平均潮位

水位上昇側に対して朔望平均満潮位 T.P. +0.61m を初期潮位として考慮し、敷地に遡上する津波の水位を算出している。

(b) 2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動

水位上昇側に対して 2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量である 0.2m の沈降（余効変動含む。）を考慮して敷地に遡上する津波の水位を算出している。

(c) 入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動

入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動として、水位上昇側に対して茨城県沖から房総沖に想定するプレート間地震に想定される広域的な地殻変動量である 0.46m の沈降を考慮して敷地に遡上する津波の水位を算出している。

(d) 敷地の地形及び敷地周辺の人工構造物等のパラメータによる影響

入力津波高さが有する敷地の地形及び敷地周辺の人工構造物等のパラメータによる影響として、以下のものを考慮する。

<遡上解析におけるパラメータによる影響>

- ・東海発電所の人工構造物の有無による影響

<管路解析におけるパラメータによる影響>

- ・スクリーンによる損失の有無による影響
- ・貝付着の有無による影響

管路解析におけるパラメータによる影響については、上記のパラメータのうち影響を与え得るパラメータを管路毎に設定し、影響を考慮する。

(e) その他の影響

その他の影響として、以下のものを考慮する。

<防潮堤前面における遡上解析結果と想定水位（T.P. +24.0m）との差分>

- ・防潮堤前面における遡上解析結果と想定水位（T.P. +24.0m）との差分を考慮する。
具体的には、敷地に遡上する津波による遡上解析から得られた防潮堤前面における最高水位に対し、敷地に遡上する津波に対する耐津波設計として考慮する防潮堤前面水位 T.P. +24.0m との差分を加え、防潮堤前面（敷地側面北側、敷地前面東側及び敷地側面南側）における入力津波高さを T.P. +24.0m とする。

<敷地内の各評価位置における浸水深に対し数値計算上の不確かさを考慮した差分>

- ・敷地内の各評価位置における遡上解析結果による浸水深に対して、数値計算上の不確かさによる差分を考慮する。具体的には、敷地に遡上する津波による遡上解析か

ら得られた敷地内の各評価位置における浸水深に対し、評価範囲における浸水深の不確かさを考慮し、敷地内の各評価位置における入力津波高さを設定する。

<防潮堤設置ルート変更前後における管路解析結果の差分>

- ・防潮堤設置ルート変更前後における管路解析結果の差分を入力津波高さに考慮する。具体的には、防潮堤設置ルート変更前後における各施設・設備の設置位置で算定された設定水位を比較し、より水位が高いモデルによる解析結果をもとに入力津波高さを設定する。なお、敷地内の各評価位置における遡上解析結果については、設置許可段階において防潮堤設置ルート変更を反映したモデルにより入力津波高さを設定していることから、敷地内の各評価位置における遡上解析結果については防潮堤設置ルート変更前後における遡上解析結果の差分を考慮しない。また、防潮堤前面の評価位置についても、入力津波高さを一律 T.P. +24.0m と設定することから、防潮堤設置ルート変更前後における遡上解析結果の差分を考慮しない。

b. 入力津波高さが有するパラメータによる影響の考慮の程度

敷地の地形及び敷地周辺の人工構造物等のパラメータによる影響及びその他の影響を考慮した各施設・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 = ① + ② + ③

① 敷地に遡上する津波

- ・朔望平均潮位
- ・2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動
- ・入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動

② 敷地の地形及び敷地周辺の人工構造物等のパラメータによる影響

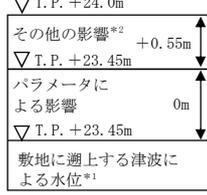
③ その他の影響

表 1.5-21 に各施設・設備の設置位置における流入、遡上に伴う入力津波高さと、敷地の地形及び敷地周辺の人工構造物等のパラメータによる影響及びその他の影響の考え方を示す。

また、「敷地の地形及び敷地周辺の人工構造物等のパラメータによる影響（遡上解析におけるパラメータによる影響及び管路解析におけるパラメータによる影響）」（以下「パラメータによる影響」という。）の入力津波高さに対する考慮の程度について表 1.5-21 に示す。

さらに、各施設・設備の設計・評価に用いる入力津波高さに対するパラメータによる影響及びその他の影響の一覧を表 1.5-22 に示す。

表 1.5-21 各施設・設備の設計・評価に用いる入力津波高さに対するパラメータによる影響の考慮の程度について (1/7)

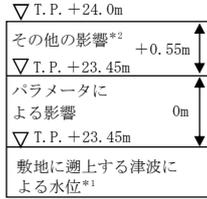
津波対策設備 (津波防護施設)	入力津波高さ (水位上昇側)	パラメータによる影響の考慮の程度
防潮堤及び防潮扉	 <p>敷地側面北側</p>	0m
	 <p>敷地前面東側</p>	0m
	 <p>敷地側面南側</p>	0m
放水路ゲート		+0.02m

注記 *1: 朔望平均満潮位, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動量を考慮し設定した津波高さ又は浸水深

*2: 防潮堤前面における遡上解析結果と想定水位 (T.P. +24.0m) との差分

*3: 防潮堤設置ルート変更前後における管路解析結果の差分

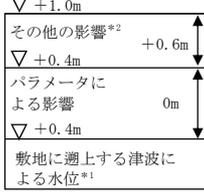
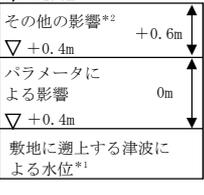
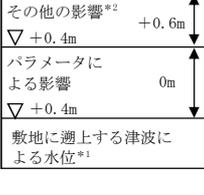
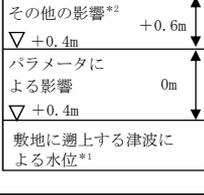
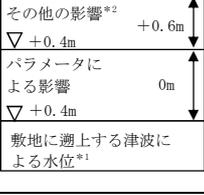
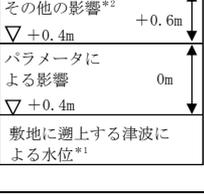
表 1.5-21 各施設・設備の設計・評価に用いる入力津波高さに対するパラメータによる影響の考慮の程度について (2/7)

津波対策設備 (津波防護施設)	入力津波高さ (水位上昇側)	パラメータによる影響の考慮の程度
構内排水路逆流防止設備	 <p style="text-align: center;">敷地側面北側</p>	0m
	 <p style="text-align: center;">敷地前面東側</p>	0m

注記 *1: 朔望平均満潮位, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動量を考慮し設定した津波高さ又は浸水深

*2: 防潮堤前面における遡上解析結果と想定水位 (T.P. +24.0m) との差分

表 1.5-21 各施設・設備の設計・評価に用いる入力津波高さに対するパラメータによる影響の考慮の程度について (3/7)

津波対策設備 (津波防護施設)	入力津波高さ (水位上昇側)	パラメータによる影響の考慮の程度
原子炉建屋外壁	 <p>▽ +1.0m その他の影響*2 +0.6m ▽ +0.4m パラメータによる影響 0m ▽ +0.4m 敷地に遡上する津波による水位*1</p>	0m
原子炉建屋原子炉棟水密扉	 <p>▽ +1.0m その他の影響*2 +0.6m ▽ +0.4m パラメータによる影響 0m ▽ +0.4m 敷地に遡上する津波による水位*1</p>	0m
原子炉建屋附属棟北側水密扉 1	 <p>▽ +1.0m その他の影響*2 +0.6m ▽ +0.4m パラメータによる影響 0m ▽ +0.4m 敷地に遡上する津波による水位*1</p>	0m
原子炉建屋附属棟北側水密扉 2	 <p>▽ +1.0m その他の影響*2 +0.6m ▽ +0.4m パラメータによる影響 0m ▽ +0.4m 敷地に遡上する津波による水位*1</p>	0m
原子炉建屋附属棟東側水密扉	 <p>▽ +1.0m その他の影響*2 +0.6m ▽ +0.4m パラメータによる影響 0m ▽ +0.4m 敷地に遡上する津波による水位*1</p>	0m
原子炉建屋附属棟南側水密扉	 <p>▽ +1.0m その他の影響*2 +0.6m ▽ +0.4m パラメータによる影響 0m ▽ +0.4m 敷地に遡上する津波による水位*1</p>	0m

注記 *1：朔望平均満潮位，2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動量を考慮し設定した津波高さ又は浸水深

*2：敷地内の各評価位置における浸水深に対し数値計算上の不確かさを考慮した差分

表 1.5-21 各施設・設備の設計・評価に用いる入力津波高さに対するパラメータによる影響の考慮の程度について (4/7)

津波対策設備 (浸水防止設備)		入力津波高さ (水位上昇側)	パラメータによる影響の考慮の程度
原子炉建屋付属棟西側水密扉			0m
取水路	取水路点検用開口部浸水防止蓋		+3.33m
海水ポンプ室	海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁		
循環水ポンプ室	取水ピット空気抜き配管逆止弁		
放水路	放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋		+0.02m
S A用海水ピット	S A用海水ピット開口部浸水防止蓋		+3.23m

注記 *1: 朔望平均満潮位, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動量を考慮し設定した津波高さ又は浸水深

*2: 敷地内の各評価位置における浸水深に対し数値計算上の不確かさを考慮した差分

*3: 防潮堤設置ルート変更前後における管路解析結果の差分

表 1.5-21 各施設・設備の設計・評価に用いる入力津波高さに対するパラメータによる影響の考慮の程度について (5/7)

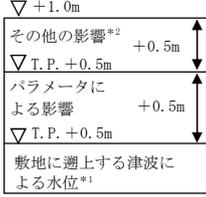
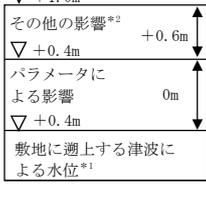
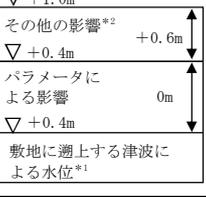
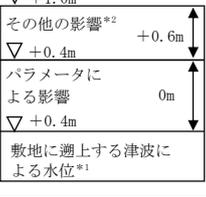
津波対策設備 (浸水防止設備)		入力津波高さ (水位上昇側)	パラメータによる影響の考慮の程度
緊急用海水ポンプ室	緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋		+3.63m
	緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁		
	緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁		
緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋			0m
緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋			0m
格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチ			0m
常設低圧代替注水系格納槽点検用水密ハッチ			0m

注記 *1: 朔望平均満潮位, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動量を考慮し設定した津波高さ又は浸水深

*2: 敷地内の各評価位置における浸水深に対し数値計算上の不確かさを考慮した差分

*3: 防潮堤設置ルート変更前後における管路解析結果の差分

表 1.5-21 各施設・設備の設計・評価に用いる入力津波高さに対するパラメータによる影響の考慮の程度について (6/7)

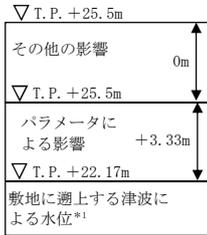
津波対策設備 (浸水防止設備)	入力津波高さ (水位上昇側)	パラメータによる影響の考慮の程度
常設低圧代替注水系格納槽可搬型ポンプ用水密ハッチ		0m
常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉		0m
防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置	 <p style="text-align: center;">敷地側面北側</p>	0m
	 <p style="text-align: center;">敷地前面東側</p>	0m
原子炉建屋境界貫通部 (1階外壁) 止水処置		0m
常設代替高圧電源装置用カルバート (立坑部) 止水処置		0m

注記 *1: 朔望平均満潮位, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動量を考慮し設定した津波高さ又は浸水深

*2: 敷地内の各評価位置における浸水深に対し数値計算上の不確かさを考慮した差分

*3: 防潮堤前面における遡上解析結果と想定水位 (T.P. +24.0m) との差分

表 1.5-21 各施設・設備の設計・評価に用いる入力津波高さに対するパラメータによる影響の考慮の程度について (7/7)

津波対策設備 (津波監視設備)	入力津波高さ (水位上昇側)	パラメータによる影響の考慮の程度
取水ピット水位計	 <p>▽ T.P. +25.5m その他の影響 0m ▽ T.P. +25.5m パラメータによる影響 +3.33m ▽ T.P. +22.17m 敷地に遡上する津波による水位*1</p>	+3.33m
潮位計	 <p>▽ T.P. +24.0m その他の影響*2 +0.55m ▽ T.P. +23.45m パラメータによる影響 0m ▽ T.P. +23.45m 敷地に遡上する津波による水位*1</p>	0m

注記*1：朔望平均満潮位，2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動量を考慮し設定した津波高さ又は浸水深

*2：防潮堤前面における遡上解析結果と想定水位 (T.P. +24.0m) との差分

表 1.5-22 各施設・設備の設計・評価に用いる入力津波高さ又は浸水深に対するパラメータによる影響及びその他の影響の一覧

区分	設定位置	入力津波高さ又は 浸水深	その他の影響		設定水位又は 浸水深	パラメータによる影響		基本ケースの水位 又は浸水深
			その他の影響 の考慮の程度	考慮した事項		パラメータによる 影響の考慮の程度	考慮した条件	
上昇側水位	原子炉建屋南側	1.0m ^{*1}	0.6m	敷地内の各評価位置における浸水深 に対し数値計算上の不確かさを考慮 した差分 ^{*2}	0.4m ^{*1}	0m ^{*5}	東一人工構造物の有無	0.4m ^{*1}
	排気筒東側	1.0m ^{*1}	0.8m		0.2m ^{*1}	0m ^{*5}	東一人工構造物の有無	0.2m ^{*1}
	常設低圧代替注水系の代替淡水貯 槽上部	1.0m ^{*1}	0.5m		0.5m ^{*1}	0m ^{*5}	東一人工構造物の有無	0.5m ^{*1}
	緊急用海水ポンプピット上部	1.0m ^{*1}	0.8m		0.2m ^{*1}	0m ^{*5}	東一人工構造物の有無	0.2m ^{*1}
	S A用海水ピット上部	1.0m ^{*1}	0. m		0.5m ^{*1}	0m ^{*5}	東一人工構造物の有無	0.5m ^{*1}
	防潮堤前面（敷地側面北側）	T. P. +24.0m ^{*1*6}	+0.55m	防潮堤前面における遡上解析結果と 想定水位（T. P. +24.0m）との差分 ^{*3}	T. P. +23.45m ^{*1*6}	0m	—	T. P. +23.45m ^{*1*6}
	防潮堤前面（敷地前面東側）	T. P. +24.0m ^{*1}	+0.55m		T. P. +23.45m ^{*1}	0m	—	T. P. +23.45m ^{*1}
	防潮堤前面（敷地側面南側）	T. P. +24.0m ^{*1*6}	+0.55m		T. P. +23.45m ^{*1*6}	0m	—	T. P. +23.45m ^{*1*6}
	取水ピット	T. P. +25.5m ^{*1*4}	0m	防潮堤設置ルート変更前後における 管路解析結果の差分 ^{*4}	T. P. +25.5m ^{*1}	+3.33m	・スクリーンによる損失の有無 ・貝付着の有無	T. P. +22.17m ^{*1*4}
	放水路ゲート設置箇所	T. P. +38.7m ^{*1*4}	0		T. P. +38.7m ^{*1}	+0.2m	・貝付着の有無	T. P. +38.68m ^{*1*4}
	S A用海水ピット	T. P. +10.9m ^{*1*4}	+0.5m		T. P. +10.4m ^{*1}	+3.23m	・貝付着の有無	T. P. +7.17m ^{*1*4}
	緊急用海水ポンプピット	T. P. +10.9m ^{*1*4}	+0.1m		T. P. +10.8m ^{*1}	+3.63m	・貝付着の有無	T. P. +7.17m ^{*1*4}
	構内排水路逆流防止設備 （防潮堤前面（敷地前面東側）の入 力津波高さを使用している。）	T. P. +24.0m ^{*1}	+0.55m	防潮堤前面における遡上解析結果と 想定水位（T. P. +24.0m）との差分 ^{*3}	T. P. +23.45m ^{*1}	0m	—	T. P. +23.45m ^{*1}
	構内排水路逆流防止設備 （防潮堤前面（敷地側面北側）の入 力津波高さを使用している。）	T. P. +24.0m ^{*1*6}	+0.55m		T. P. +23.45m ^{*1*6}	0m	—	T. P. +23.45m ^{*1*6}

注記 *1：朔望平均満潮位T. P. +0.61m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量（沈降）0.2m及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動（沈降）0.46mを考慮している。

*2：敷地に遡上する津波による遡上解析から得られた敷地内の各評価位置における浸水深に対し、評価範囲における浸水深の不確かさを考慮する。

*3：敷地に遡上する津波による遡上解析から得られた防潮堤前面（敷地側面北側、敷地前面東側及び敷地側面南側）における水位に対し、敷地に遡上する津波に対する耐津波設計として考慮する防潮堤前面水位 T. P. +24.0m との差分を加え、防潮堤前面（敷地側面北側、敷地前面東側及び敷地側面南側）における入力津波高さを T. P. +24.0m とする。

*4：防潮堤設置ルート変更前後における各施設・設備の設置位置で算定された設定水位を比較し、より水位が高いモデルによる解析結果をもとに入力津波高さを設定する。

*5：影響評価の結果、東一人工構造物なしの条件において水位が高くなる傾向であったことから、東一人工構造物なしの条件における遡上解析結果をもとに浸水深を設定しているため、パラメータによる影響を考慮しない。

*6：防潮堤前面においては敷地前面東側にて最高水位となっており、敷地に遡上する津波に対する耐津波設計では防潮堤前面の水位を一律 T. P. +24.0m と想定することから、敷地側面北側及び敷地側面南側における入力津波高さについては敷地前面東側における水位をもとに設定した。

c. 防潮堤前面の評価結果

敷地に遡上する津波による防潮堤前面における上昇側水位の評価結果（防波堤なし，地盤変状なし）を図 1.5-15 に示す。図 1.5-15 は防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果を示している。なお，敷地に遡上する津波に対する耐津波設計においては，防潮堤前面の水位を一律 T.P. +24.0m と想定することから，防波堤の有無による影響及び地盤変状の有無による影響は考慮しない。このため，後段に示す遡上解析による敷地内浸水深の評価結果及び管路解析結果については地盤変状なし，防波堤なしの条件にて評価を実施した。

図 1.5-15 に示す評価結果から，防潮堤前面における評価結果（上昇側最高水位）は敷地前面東側における T.P. +23.45m であった。敷地に遡上する津波に対する耐津波設計では防潮堤前面の水位を一律 T.P. +24.0m と想定することから，敷地側面北側及び敷地側面南側における入力津波高さについては敷地前面東側における評価結果をもとに設定した。また，敷地に遡上する津波に対する耐津波設計においては，防潮堤前面の水位を一律 T.P. +24.0m と想定することから，防潮堤設置ルート変更による影響は考慮しない。

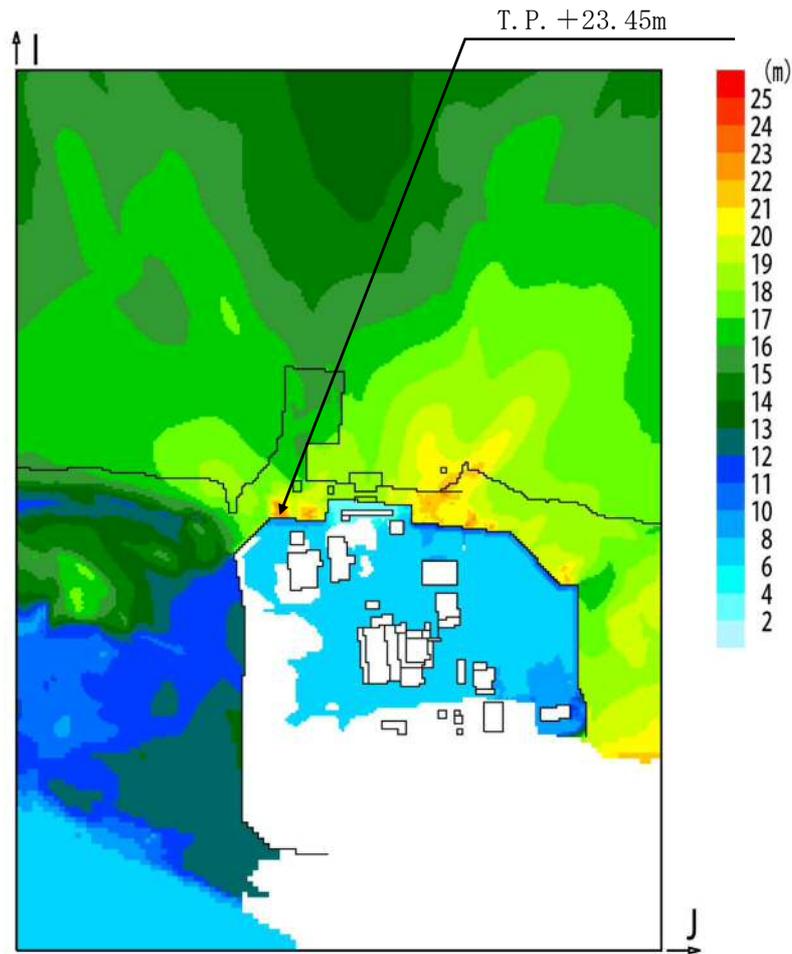


図 1.5-15 防潮堤前面における上昇側水位の評価結果（防波堤なし，地盤変状なし）

d. パラメータによる影響が入力津波高さに与える影響

(a) 遡上解析におけるパラメータによる影響

イ. 敷地内評価点

(イ) 東海発電所の人工構造物の有無による影響

「1.2 遡上・浸水域の考え方について」に示したとおり、東海発電所の人工構造物の有無による影響として、東海発電所の人工構造物がある場合とない場合（以下「東一人工構造物あり」及び「東一人工構造物なし」という。）について影響評価を実施した。敷地内における水位分布の評価結果を図 1.5-16 に示す。

東一人工構造物による浸水深への影響が考えられる原子炉建屋南側について、コンタースケールを比較すると、東一人工構造物ありの場合における評価結果では大部分が+0.3m～+0.4mの浸水深であることに對し、東一人工構造物なしの場合における評価結果では大部分が+0.4m～+0.5mの浸水深であり、一部に+0.5m～+0.6mの浸水深となるエリアが確認されたことから、東一人工構造物ありの場合に比べ、東一人工構造物なしの場合の方が浸水深が大きくなる傾向となっている。

上記に示した影響評価結果から、敷地に遡上する津波による敷地内評価点（原子炉建屋南側、排気筒東側、常設低圧代替注水系の代替淡水貯槽上部、緊急用海水ポンプピット上部及びS A用海水ピット上部）における入力津波については、東一人工構造物なしのモデルによる評価結果をもとに設定する。東一人工構造物なしのモデルによる遡上解析結果一覧を表 1.5-23 に示す。なお、表 1.5-23 は防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果を示している。遡上解析の結果から、原子炉建屋南側における浸水深は+0.4m、排気筒東側における浸水深は+0.2m、常設低圧代替注水系の代替淡水貯槽上部における浸水深は+0.5m、緊急用海水ポンプピット上部における浸水深は+0.2m、S A用海水ピット上部における浸水深は+0.5mであった。

東一人工構造物なしの条件において水位が高くなる傾向であったことから、東一人工構造物なしの条件における遡上解析結果をもとに浸水深を設定しているため、敷地内評価点における入力津波の設定に当たってはパラメータによる影響を考慮しない。

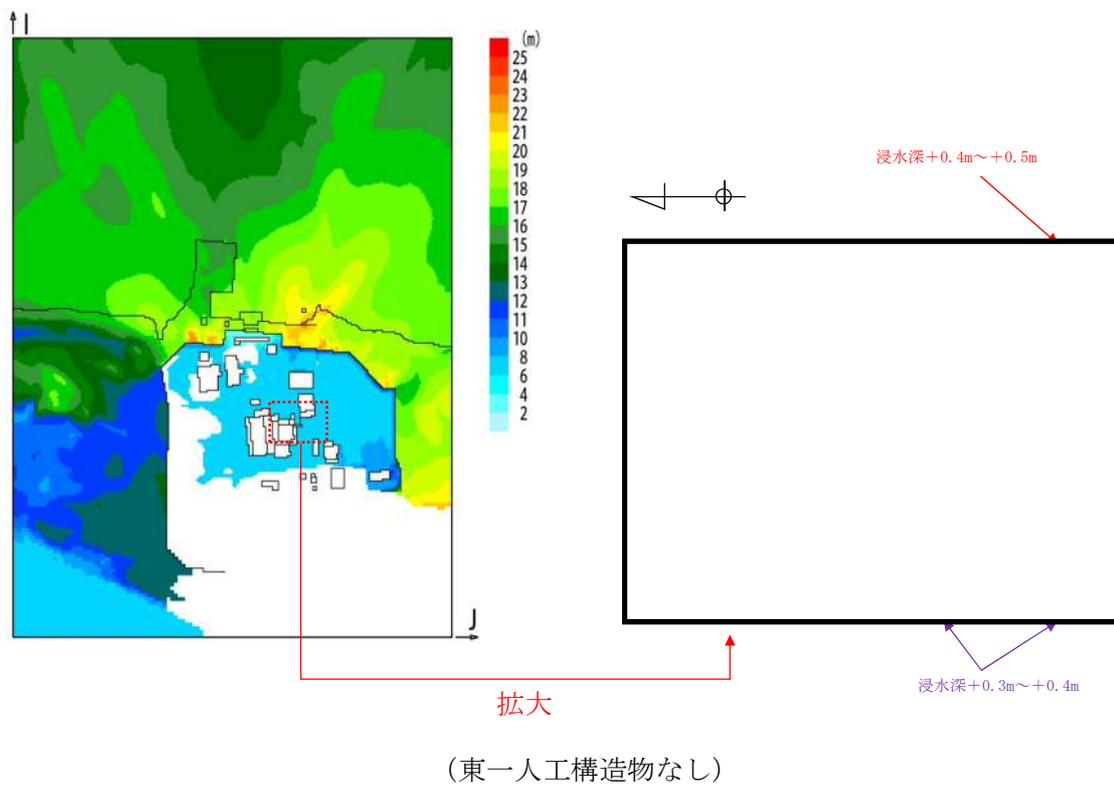
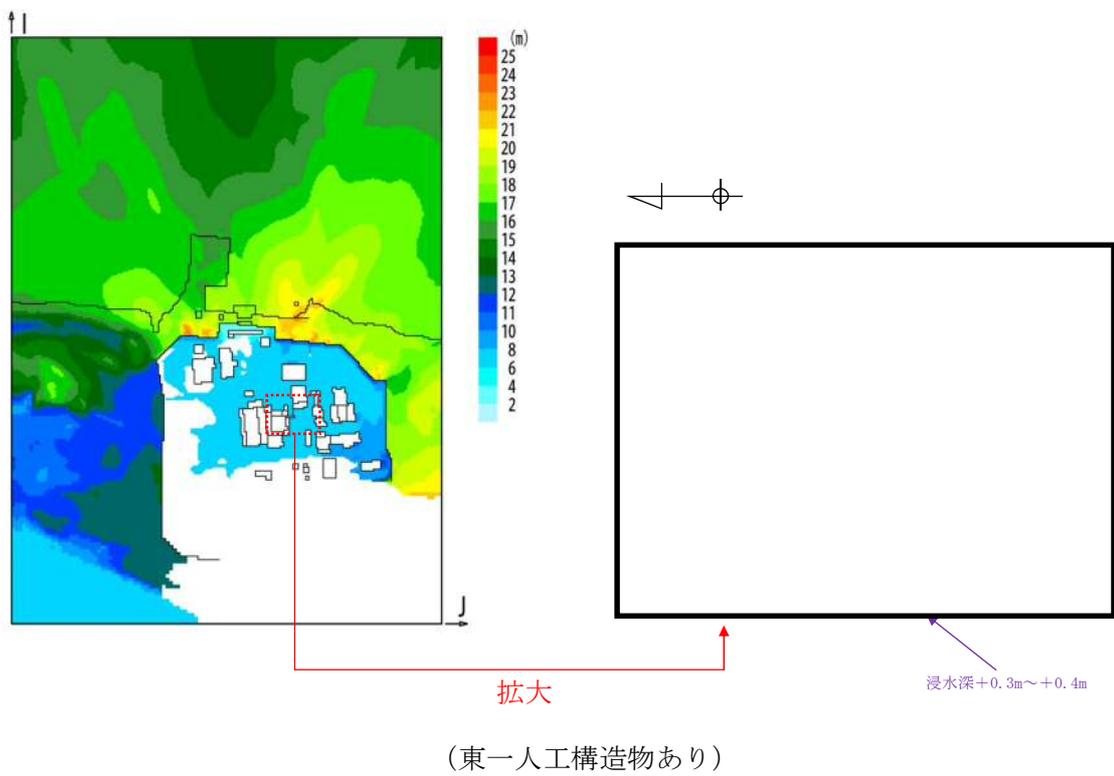


図 1.5-16 敷地内評価点における浸水深の評価結果（防波堤なし，地盤変状なし）

表 1.5-23 敷地内評価点における浸水深の評価結果（防波堤なし，地盤変状なし，東一人工構造物なし）

水位 (T. P. m)				
原子炉建屋南側	排気筒東側	常設低圧代替注水系の 代替淡水貯槽上部	緊急用海水 ポンプピット上部	S A用海水 ピット上部
0.4	0.2	0.5	0.2	0.5

(b) 管路解析におけるパラメータによる影響

イ. 取水路の管路解析（上昇側水位）にて考慮する条件による影響

取水路及び取水ピットの構造を図 1.5-17 に示す。取水路から取水ピットに至る経路においては、スクリーンによる損失の有無及び貝付着の有無による影響を受けることから、これらを管路解析の条件として考慮する。取水路の管路解析条件を表 1.5-23 に示す。取水路の管路解析にて考慮する条件による影響評価結果のうち上昇側最高水位一覧を表 1.5-24 に示す。なお、表 1.5-24 は防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果を示している。

また、パラメータによる影響を確認するに当たり、現地形状態を考慮し、解析ケース 1 の条件である「スクリーンによる損失あり、貝付着あり」を基本ケースとした。

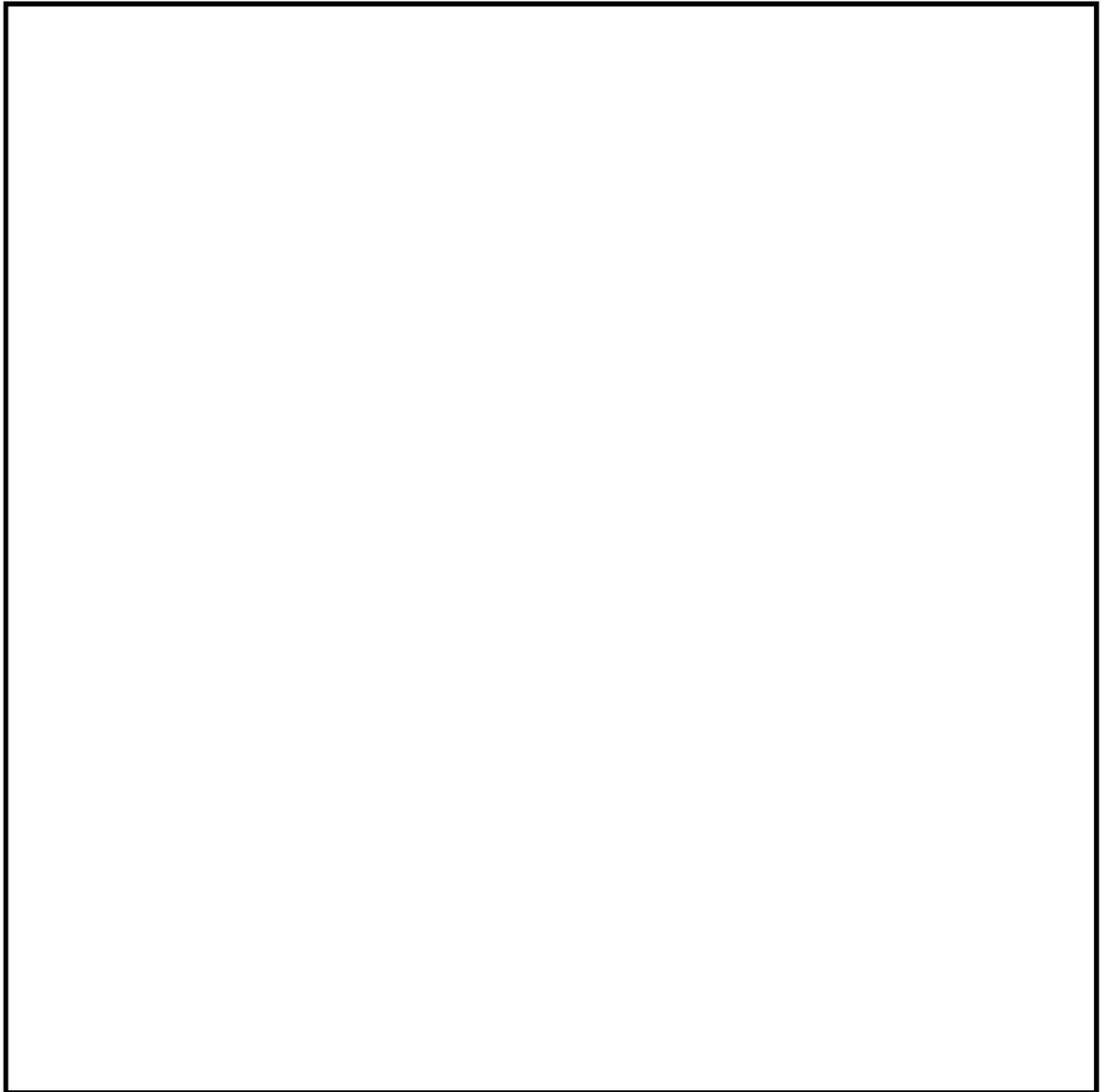


図 1.5-17 取水路及び取水ピットの構造

表1.5-24 取水路の管路解析条件

項目	解析条件
計算領域	取水口～取水路～取水ピット(非常用海水ポンプ, 常用海水ポンプ)
計算時間間隔 Δt	0.01 秒
基礎方程式	非定常開水路流及び管路流の連続式・運動方程式 ※1
境界条件	○流量なし: 計 0(m ³ /hr)
摩擦損失係数	マンニング粗度係数 n=0.020(貝代あり)m ^{-1/3} ・s n=0.015(貝代なし)m ^{-1/3} ・s
貝の付着代	貝代なし, 貝代あり 10cm を考慮
局所損失係数	電力土木技術協会(1995): 火力・原子力発電所土木構造物の設計-補強改訂版-, 千秋信一(1967): 発電水力演習, 土木学会(1999): 水理公式集 [平成 11 年版] による
入射条件	防波堤なしケース 上昇側
地盤変動条件	上昇側: +3.11 地震の地殻変動量(0.2m沈下を考慮) +24m 津波の地殻変動量
潮位条件	上昇側: 朔望平均満潮位(T.P. +0.61m)
計算時間	4 時間(津波計算と同時間)

※1 基礎方程式

<開水路>

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

$$b) \text{連続式} \quad \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

<管路>

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

$$b) \text{連続式} \quad \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

ここに, t : 時間 Q : 流量 v : 流速 x : 管底に沿った座標
A : 流水断面積 H : 圧力水頭+位置水頭 (管路の場合)
位置水頭 (開水路の場合)

z : 管底高 g : 重力加速度
n : マニングの粗度係数 R : 径深
Δx : 管路の流れ方向の長さ f : 局所損失係数

<水槽および立坑部>

$$A_p \frac{dH_p}{dt} = Q_s$$

ここに, A_p: 水槽の平面積 (水位の関数となる) H_p: 水槽水位
Q_s: 水槽へ流入する流量の総和 t: 時間

(イ) スクリーンによる損失の有無による影響

表 1.5-25 に示す上昇側最高水位の評価結果から、貝付着の有無によらず、スクリーンによる損失ありの場合に比べ、スクリーンによる損失なしの場合の方が水位が高くなった。

(ロ) 貝付着の有無による影響

表 1.5-25 に示す上昇側最高水位の評価結果から、スクリーンによる損失の有無によらず、貝付着がある場合とない場合においてその差異は非常に小さく、有意な差異とはならなかった。

以上に示した影響評価結果から、上昇側最高水位である T.P. +25.48m (解析ケース 4) をもとに、取水ピットにおける上昇側の入力津波を T.P. +25.5m とする。基本ケースの水位である T.P. +22.17m と上昇側最高水位をもとに設定した入力津波 T.P. +25.5m との差異を取水路管路解析におけるパラメータによる影響として考慮することとし、取水路管路解析におけるパラメータによる影響を+3.33m とした。

表 1.5-25 取水路の管路解析結果（上昇側最高水位）一覧

解析 ケース	パラメータ				取水ピット水位(T.P.m)					解析ケース毎 の最高水位 (T.P.m)
	ポンプ	防波堤	スクリー ン損失	貝付着	非常用海水 ポンプ (南側)	非常用海水 ポンプ (北側)	循環水ポンプ (南側)	循環水ポンプ (中央)	循環水ポンプ (北側)	
1*	なし	なし	あり	あり	+22.17	+22.17	+21.07	+21.48	+21.07	+22.17
2	なし	なし	なし	あり	+24.93	+24.93	+22.45	+22.22	+22.45	+24.93
3	なし	なし	あり	なし	+22.29	+22.29	+21.09	+21.40	+21.09	+22.29
4	なし	なし	なし	なし	+25.48	+25.48	+22.75	+22.46	+22.75	+25.48

*：パラメータによる影響の考慮における基本ケース

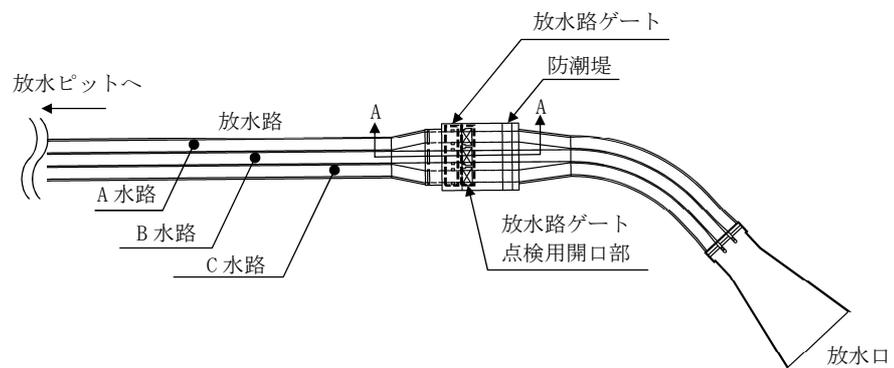
■：解析ケース毎の最高水位

■：上昇側最高水位

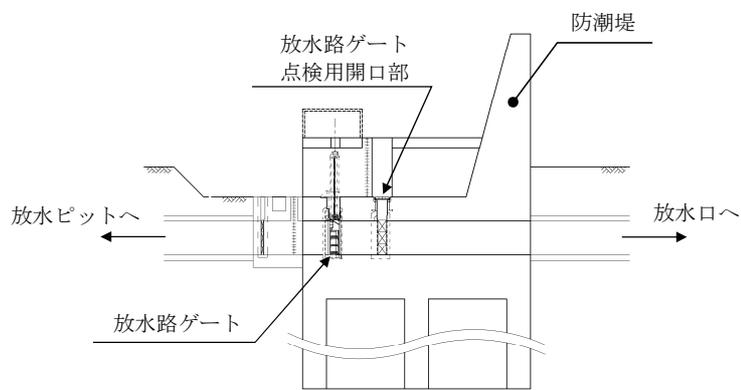
ロ. 放水路の管路解析にて考慮する条件による影響

放水路の構造を図 1.5-18 に示す。放水路から放水路ゲート設置箇所に至る経路においては、貝付着の有無による影響を受けることから、これを管路解析の条件として考慮する。放水路の管路解析条件を表 1.5-26 に示す。放水路の管路解析にて考慮する条件による影響評価結果を表 1.5-27 に示す。なお、表 1.5-27 は防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果を示している。

また、パラメータによる影響を考慮するに当たり、現地形状態を考慮し、解析ケース 1 の条件である「貝付着あり」を基本ケースとした。



(平面図)



(A-A 断面)

図 1.5-18 放水路の構造

表 1.5-26 放水路の管路解析条件

項目	解析条件
計算領域	ゲート部～放水路～放水口(非常用海水ポンプ)
計算時間間隔 Δt	0.001 秒
基礎方程式	非定常開水路流及び管路流の連続式・運動方程式 ※1
境界条件	○流量なし：計 0(m ³ /hr)
摩擦損失係数	マンニング粗度係数 $n=0.020$ (貝代あり)m ^{-1/3} ・s
貝の付着代	貝代なし, 貝代あり 10cm を考慮
局所損失係数	電力土木技術協会(1995)：火力・原子力発電所土木構造物の設計－補強改訂版－, 千秋信一(1967)：発電水力演習, 土木学会(1999)：水理公式集 [平成 11 年版] による
入射条件	防波堤なしケース 上昇側
地盤変動条件	+3.11 地震の地殻変動量(0.2m 沈下を考慮) +24m 津波の地殻変動量
潮位条件	朔望平均満潮位(T.P. +0.61m)
計算時間	4 時間(津波計算と同時間)

※1 基礎方程式

<開水路>

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

$$b) \text{連続式} \quad \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

<管路>

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

$$b) \text{連続式} \quad \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

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

<水槽および立坑部>

$$A_P \frac{dH_P}{dt} = Q_S$$

ここに, A_P : 水槽の平面積(水位の関数となる) H_P : 水槽水位
 Q_S : 水槽へ流入する流量の総和 t : 時間

(イ) 貝付着の有無による影響

表 1.5-27 に示す上昇側最高水位の評価結果から、貝付着なしの場合に比べ、貝付着ありの場合における水位が高くなる傾向にあった。

以上に示した影響評価結果から、上昇側最高水位である T.P. +38.68m (解析ケース 1) をもとに、放水路ゲート設置箇所における上昇側の入力津波を T.P. +38.7m とする。基本ケースの水位である T.P. +38.68m と上昇側最高水位をもとに設定した入力津波 T.P. +38.7m との差異を放水路管路解析におけるパラメータによる影響として考慮することとし、放水路管路解析におけるパラメータによる影響を +0.02m とした。

表 1.5-27 放水路の管路解析結果（上昇側最高水位）一覧

解析 ケース	パラメータ	放水路ゲート設置箇所水位(T.P.m)		
	貝付着	A水路 (北側)	B水路 (東側)	C水路 (南側)
1*	あり	+38.68	+37.66	+36.59
2	なし	+36.36	+35.40	+35.62

*：パラメータによる影響の考慮における基本ケース

■：解析ケース毎の最高水位

■：上昇側最高水位

ハ. SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの管路解析にて考慮する条件による影響

SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの構造を図 1.5-19 に示す。SA用海水ピット取水塔から緊急用海水ポンプピットに至る経路においては、貝付着の有無による影響を受けることから、これを管路解析の条件として考慮する。SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの管路解析条件を表 1.5-28 に示す。SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの管路解析にて考慮する条件による影響評価結果を表 1.5-29 に示す。なお、表 1.5-29 は防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果を示している。

また、パラメータによる影響を考慮するに当たり、現地形状態を考慮し、解析ケース 1 の条件である「貝付着あり」を基本ケースとした。

(イ) 貝付着の有無による影響

表 1.5-29 に示す上昇側最高水位の評価結果から、貝付着ありの場合に比べ、貝付着なしの場合の方が水位が高くなった。

以上に示した影響評価結果から、SA用海水ピットについては上昇側最高水位である T.P. +10.33m (解析ケース 2) をもとに、上昇側の入力津波を T.P. +10.4m とする。緊急用海水ポンプピットについては上昇側最高水位である T.P. +10.73m (解析ケース 2) をもとに、上昇側の入力津波を T.P. +10.8m とする。基本ケースの水位 (SA用海水ピット: T.P. +7.17m, 緊急用海水ポンプピット: T.P. +7.17m) と上昇側最高水位をもとに設定した入力津波 (SA用海水ピット: T.P. +10.4m, 緊急用海水ポンプピット: T.P. +10.8m) との差異をSA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの管路解析におけるパラメータによる影響として考慮することとし、SA用海水ピットでは+3.23m, 緊急用海水ポンプピットでは+3.63m をそれぞれパラメータによる影響とした。

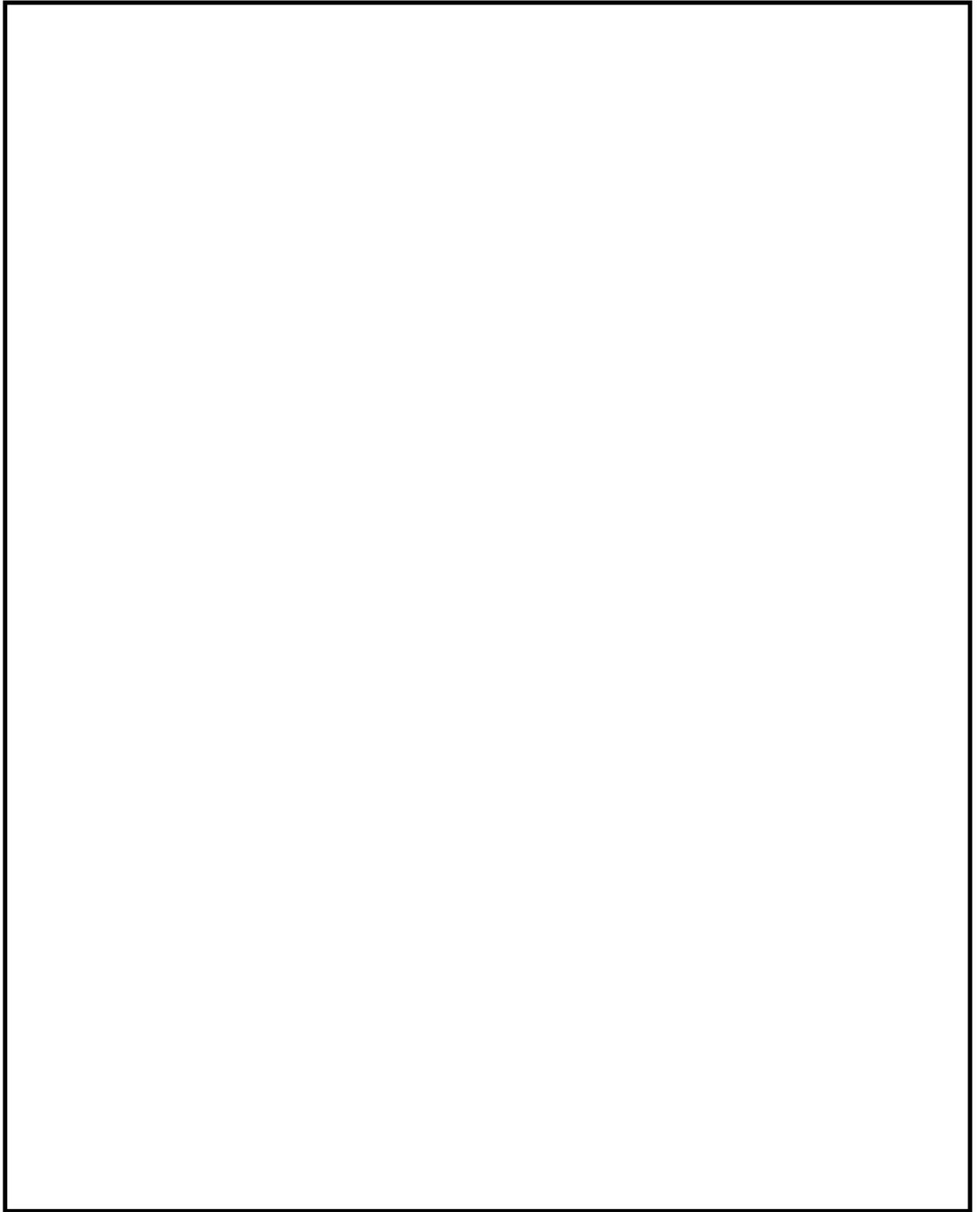


図 1.5-19 S A用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの構造

表 1.5-28 SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの管路解析条件

項目	解析条件
計算領域	SA用海水ピット取水塔～SA用海水ピット～緊急用海水ポンプピット
計算時間間隔 Δt	0.01 秒
基礎方程式	非定常開水路流及び管路流の連続式・運動方程式 ※1
境界条件	○流量なし：計 0(m ³ /hr)
摩擦損失係数	マンニング粗度係数 n=0.020(貝代あり)m ^{-1/3} ・s n=0.015(貝代なし)m ^{-1/3} ・s
貝の付着代	貝代なし， 貝代あり 10cmを考慮
局所損失係数	電力土木技術協会(1995)：火力・原子力発電所土木構造物の設計 —補強改訂版—， 千秋信一(1967)：発電水力演習， 土木学会(1999)：水理公式集 [平成 11 年版] による
入射条件	防波堤なしケース 上昇側
地盤変動条件	+3.11 地震の地殻変動量(0.2m 沈下を考慮) +24m 津波の地殻変動量
潮位条件	朔望平均満潮位(T.P. +0.61m)
計算時間	4 時間(津波計算と同時間)

※1 基礎方程式

<開水路>

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

$$b) \text{連続式} \quad \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

<管路>

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

$$b) \text{連続式} \quad \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

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

<水槽および立坑部>

$$A_p \frac{dH_p}{dt} = Q_s$$

ここに、 A_p: 水槽の平面積 (水位の関数となる)

H_p: 水槽水位

Q_s: 水槽へ流入する流量の総和

t: 時間

表 1.5-29 SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの管路解析結果（上昇側最高水位）一覧

解析 ケース	パラメータ	取水ピット水位 (T. P. m)		解析ケース毎の最高水位 (T. P. m)
	貝付着	SA用海水ピット	緊急用海水ポンプピット	
1*	あり	+7.17	+7.17	SA用海水ピット：+10.33
2	なし	+10.33	+10.73	緊急用海水ポンプピット：+10.73

*：パラメータによる影響の考慮における基本ケース

：上昇側最高水位

「イ. 取水路の管路解析（上昇側水位）にて考慮する条件による影響」、「ロ. 放水路の管路解析にて考慮する条件による影響」及び「ハ. SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの管路解析にて考慮する条件による影響」に示した影響評価結果をもとに、各経路の設定位置における設定水位に対するパラメータによる影響の考慮の程度を整理した。各経路の設定位置における設定水位に対するパラメータによる影響の考慮の詳細を表 1.5-30 に示す。

表 1.5-30 各経路の設定位置における設定水位に対するパラメータによる影響の考慮

区分	設定位置	設定水位	パラメータによる影響		基本ケースの水位	遡上解析により求めた津波水位に加えることで考慮	初期潮位に考慮			
			パラメータによる影響の考慮の程度	考慮した条件			潮位のばらつき	入力津波モデルに想定される地震により生じる地殻変動	2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動	朔望平均潮位
上昇側水位	取水ピット	T.P. +25.5m ^{*2}	+3.33m	・スクリーンによる損失の有無 ・貝付着の有無	T.P. +22.17m ^{*1}	考慮しない。	考慮する。 (地殻変動量(沈降)0.46m)	考慮する。 (地殻変動量(沈降)0.2m)	考慮する。 (朔望平均満潮位 T.P. +0.61m)	
	放水路ゲート設置箇所	T.P. +38.7m ^{*2}	+0.02m	・貝付着の有無	T.P. +38.68m ^{*1}	考慮しない。	考慮する。 (地殻変動量(沈降)0.46m)	考慮する。 (地殻変動量(沈降)0.2m)	考慮する。 (朔望平均満潮位 T.P. +0.61m)	
	SA用海水ピット	T.P. +10.4m ^{*2}	+3.23m	・貝付着の有無	T.P. +7.17m ^{*1}	考慮しない。	考慮する。 (地殻変動量(沈降)0.46m)	考慮する。 (地殻変動量(沈降)0.2m)	考慮する。 (朔望平均満潮位 T.P. +0.61m)	
	緊急用海水ポンプピット	T.P. +10.8m ^{*2}	+3.63m	・貝付着の有無	T.P. +7.17m ^{*1}	考慮しない。	考慮する。 (地殻変動量(沈降)0.46m)	考慮する。 (地殻変動量(沈降)0.2m)	考慮する。 (朔望平均満潮位 T.P. +0.61m)	

*1 朔望平均満潮位 T.P. +0.61m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量(沈降)0.2m及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動(沈降)0.46mを考慮している。

*2 *1に加えてパラメータによる影響を考慮している。

(b) パラメータによる影響が入力津波高さに与える影響のまとめ

「c. 防潮堤前面の評価結果」及び「d. パラメータによる影響が入力津波高さに与える影響」の検討結果を踏まえ設定した設定水位又は浸水深一覧を表 1.5-31 に示す。また、防潮堤前面における最高水位を示す時刻歴波形を図 1.5-20 に、敷地内評価点における浸水深を示す時刻歴波形を図 1.5-21 に、各経路からの津波の時刻歴波形を図 1.5-22 にそれぞれ示す。

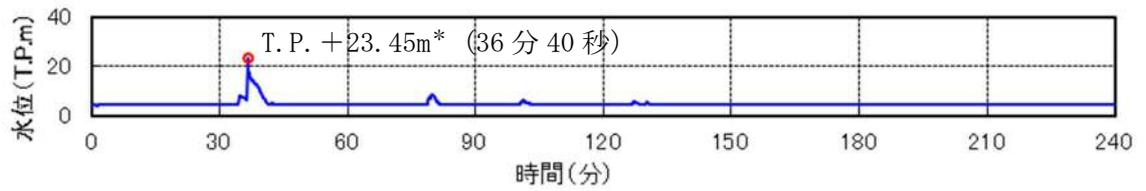
表 1.5-31 パラメータによる影響評価結果により設定した設定水位又は浸水深一覧表

区分	設定位置	設定水位又は浸水深	パラメータによる影響		基本ケースの水位又は浸水深
			パラメータによる影響の考慮の程度	考慮した条件	
上昇側水位	原子炉建屋南側	+0.4m ^{*1}	0m ^{*2}	・東一人工構造物の有無	+0.4m ^{*1}
	排気筒東側	+0.2m ^{*1}	0m ^{*2}	・東一人工構造物の有無	+0.2m ^{*1}
	常設低圧代替注水系の代替淡水貯槽上部	+0.5m ^{*1}	0m ^{*2}	・東一人工構造物の有無	+0.5m ^{*1}
	緊急用海水ポンプピット上部	+0.2m ^{*1}	0m ^{*2}	・東一人工構造物の有無	+0.2m ^{*1}
	S A用海水ピット上部	+0.5m ^{*1}	0m ^{*2}	・東一人工構造物の有無	+0.5m ^{*1}
	防潮堤前面（敷地側面北側）	T. P. +23.45m ^{*1*3}	0m	—	T. P. +23.45m ^{*1*3}
	防潮堤前面（敷地前面東側）	T. P. +23.45m ^{*1}	0m	—	T. P. +23.45m ^{*1}
	防潮堤前面（敷地側面南側）	T. P. +23.45m ^{*1*3}	0m	—	T. P. +23.45m ^{*1*3}
	取水ピット	T. P. +25.5m ^{*1}	+3.33m	・スクリーンによる損失の有無 ・貝付着の有無	T. P. +22.17m ^{*1}
	放水路ゲート設置箇所	T. P. +38.7m ^{*1}	+0.2m	・貝付着の有無	T. P. +38.68m ^{*1}
	S A用海水ピット	T. P. +10.4m ^{*1}	+3.23m	・貝付着の有無	T. P. +7.17m ^{*1}
	緊急用海水ポンプピット	T. P. +10.8m ^{*1}	+3.63m	・貝付着の有無	T. P. +7.17m ^{*1}
	構内排水路逆流防止設備 （防潮堤前面（敷地前面東側）の入力津波高さを使用している。）	T. P. +23.45m ^{*1}	0m	—	T. P. +23.45m ^{*1}
	構内排水路逆流防止設備 （防潮堤前面（敷地側面北側）の入力津波高さを使用している。）	T. P. +23.45m ^{*1*3}	0m	—	T. P. +23.45m ^{*1*3}

*1 朔望平均満潮位T. P. +0.61m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量（沈降）0.2m及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動（沈降）0.46mを考慮している。

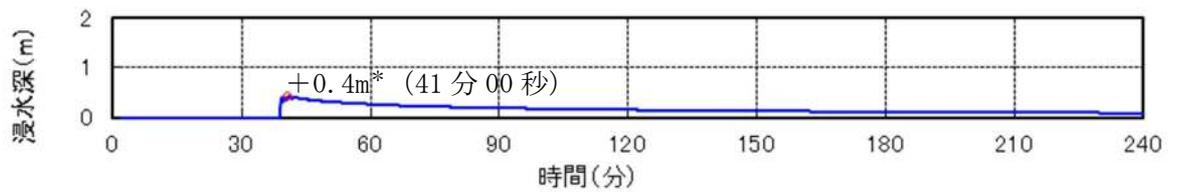
*2 影響評価の結果、東一人工構造物なしの条件において水位が高くなる傾向であったことから、東一人工構造物なしの条件における遡上解析結果をもとに浸水深を設定しているため、パラメータによる影響を考慮しない。

*3 防潮堤前面においては敷地前面東側にて最高水位となっており、敷地に遡上する津波に対する耐津波設計では防潮堤前面の水位を一律 T. P. +24.0m と想定することから、敷地側面北側及び敷地側面南側における入力津波高さについては敷地前面東側における水位をもとに設定した。

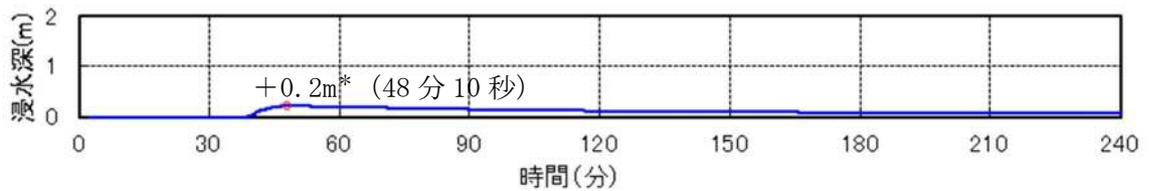


(防潮提前面 敷地前面東側)

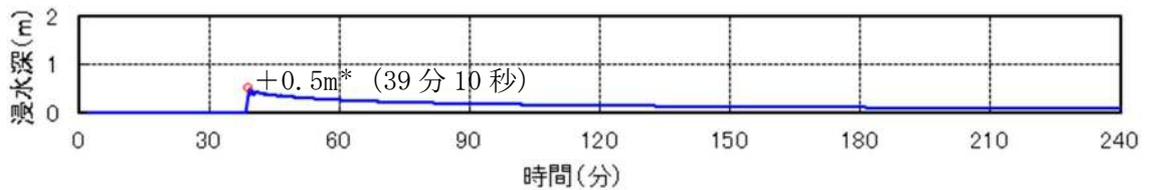
図 1.5-20 防潮提前面における最高水位を示す時刻歴波形



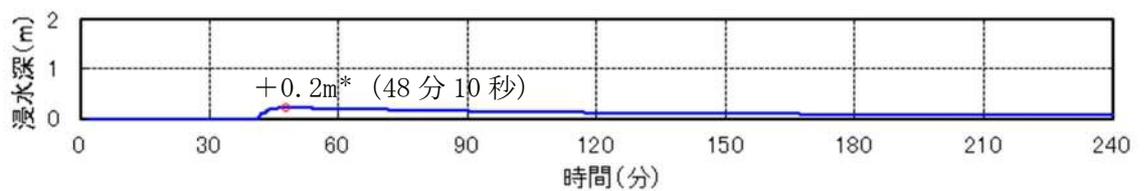
(原子炉建屋南側)



(排気筒東側)



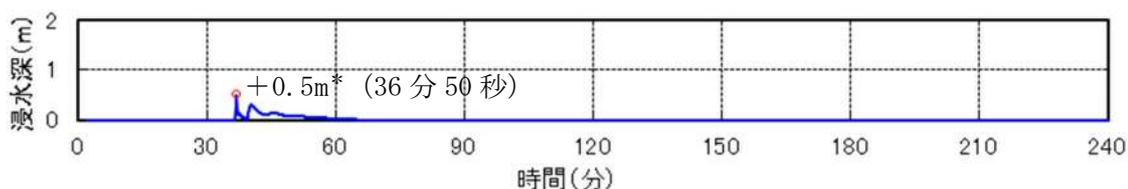
(常設低圧代替注水系の代替淡水貯槽上部)



(緊急用海水ポンプピット上部)

注記 * : 朔望平均満潮位 T.P. +0.61m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量(沈降)0.2m及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動(沈降)0.46mを考慮している。

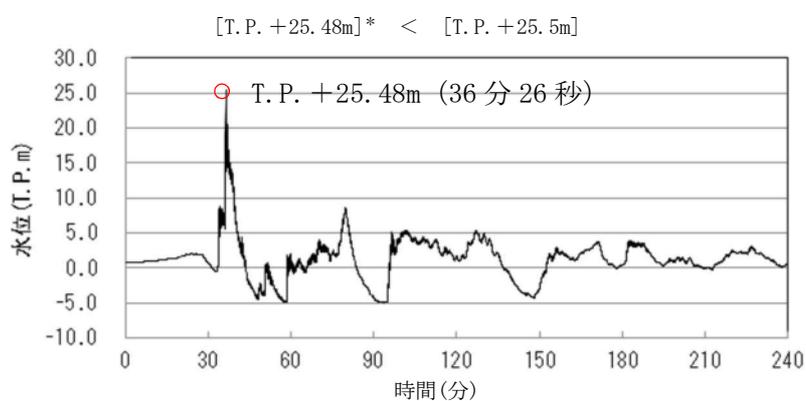
図 1.5-21 敷地内評価点における浸水深を示す時刻歴波形 (1/2)



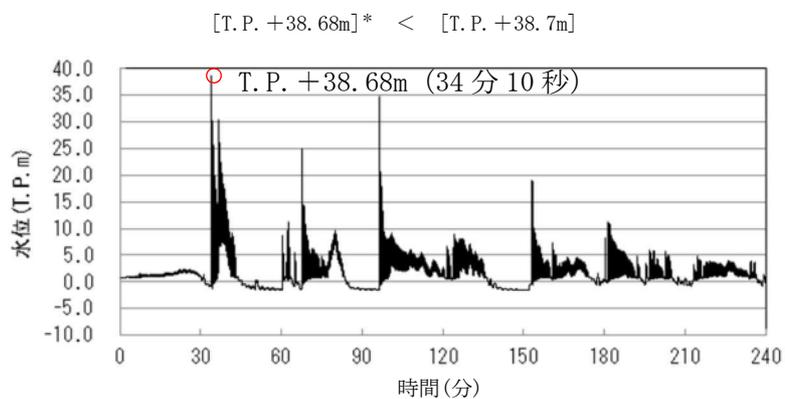
(S A用海水ピット上部)

注記 * : 朔望平均満潮位 T.P. +0.61m, 2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量 (沈降) 0.2m 及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動 (沈降) 0.46m を考慮している。

図 1.5-21 敷地内評価点における浸水深を示す時刻歴波形 (2/2)



(取水ピット)

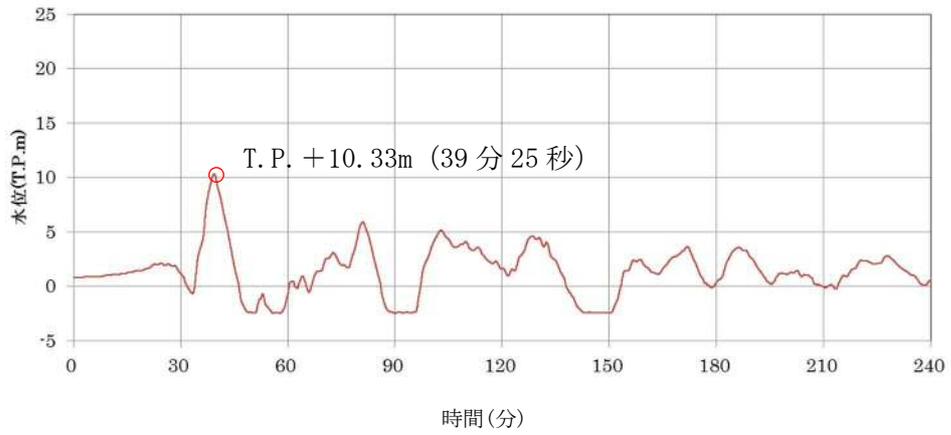


(放水路ゲート設置箇所)

注記 * : 朔望平均満潮位 T.P. +0.61m, 2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量 (沈降) 0.2m 及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動 (沈降) 0.46m を考慮している。

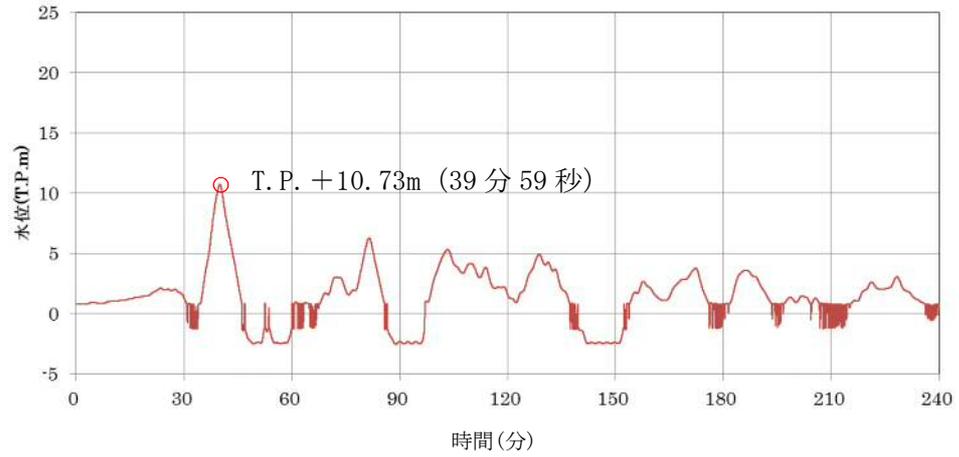
図 1.5-22 各経路からの津波の時刻歴波形 (1/2)

[T. P. +10.33m]* < [T. P. +10.4m]



(S A用海水ピット)

[T. P. +10.73m]* < [T. P. +10.8m]



(緊急用海水ポンプピット)

注記 * : 朔望平均満潮位 T. P. +0.61m, 2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量 (沈降) 0.2m 及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動 (沈降) 0.46m を考慮している。

図 1.5-22 各経路からの津波の時刻歴波形 (2/2)

(c) その他の影響

その他の影響として、防潮堤前面における遡上解析結果と想定水位 (T.P. +24.0m) との差分及び敷地内の各評価位置における遡上解析結果による浸水深に対する裕度を考慮する。以下に詳細を示す。

イ. 防潮堤前面における遡上解析結果と想定水位 (T.P. +24.0m) との差分

敷地に遡上する津波による遡上解析から得られた防潮堤前面における遡上解析結果と想定水位 (T.P. +24.0m) との差分を考慮する。具体的には、敷地に遡上する津波による遡上解析から得られた防潮堤前面における最高水位に対し、敷地に遡上する津波に対する耐津波設計として考慮する防潮堤前面水位 T.P. +24.0m との差分を加え、防潮堤前面 (敷地側面北側, 敷地前面東側及び敷地側面南側) における入力津波高さを T.P. +24.0m とする。その他の影響を考慮した防潮堤前面における入力津波高さ一覧表を表 1.5-32 に示す。表 1.5-32 に示したとおり、防潮堤前面 (敷地側面北側), 防潮堤前面 (敷地前面東側) 及び防潮堤前面 (敷地側面南側) におけるその他の影響を +0.55m とした。

表 1.5-32 その他の影響を考慮した防潮堤前面における入力津波高さ一覧表

区分	設定位置	入力津波高さ	防潮堤前面における 遡上解析結果による水位	その他の影響*2
上昇 側 水 位	防潮堤前面 (敷地側面北側)	T.P. +24.0m*1*3	T.P. +23.45m*1*3	+0.55m
	防潮堤前面 (敷地前面東側)	T.P. +24.0m*1	T.P. +23.45m*1	+0.55m
	防潮堤前面 (敷地側面南側)	T.P. +24.0m*1*3	T.P. +23.45m*1*3	+0.55m
	構内排水路逆流防止 設備 (防潮堤前面(敷地前 面東側)の入力津波高 さを使用している。)	T.P. +24.0m*1	T.P. +23.45m*1	+0.55m
	構内排水路逆流防止 設備 (防潮堤前面(敷地側 面北側)の入力津波高 さを使用している。)	T.P. +24.0m*1*3	T.P. +23.45m*1*3	+0.55m

注記 *1: 朔望平均満潮位 T.P. +0.61m, 2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量(沈降) 0.2m 及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動(沈降) 0.46m を考慮している。

*2: 敷地に遡上する津波による遡上解析から得られた防潮堤前面における最高水位に対し、敷地に遡上する津波に対する耐津波設計として考慮する防潮堤前面水位 T.P. +24.0m との差分を加え、防潮堤前面(敷地側面北側、敷地前面東側及び敷地側面南側)における入力津波高さを T.P. +24.0m とする。

*3: 防潮堤前面においては敷地前面東側にて最高水位となっており、敷地に遡上する津波に対する耐津波設計では防潮堤前面の水位を一律 T.P. +24.0m と想定することから、敷地側面北側及び敷地側面南側における入力津波高さについては敷地前面東側における水位をもとに設定した。

ロ. 敷地内の各評価位置における浸水深に対し数値計算上の不確かさを考慮した差分

敷地に遡上する津波による遡上解析から得られた敷地内の各評価位置における浸水深に対し、評価範囲における浸水深の不確かさを考慮し、敷地内の各評価位置における入力津波高さを設定する。敷地内の各設定位置における入力津波高さの設定に考慮するその他の影響を表1.5-33に示す。表1.5-33に示したとおり、原子炉建屋南側におけるその他の影響を+0.6m、排気筒東側におけるその他の影響を+0.8m、常設低圧代替注水系の代替淡水貯槽上部におけるその他の影響を+0.5m、緊急用海水ポンプピット上部におけるその他の影響を+0.8m、S A用海水ピット上部におけるその他の影響を+0.5mとした。

表 1.5-33 敷地内の各設定位置における入力津波高さの設定に考慮するその他の影響

区分	設定位置	入力津波高さ	遡上解析結果から得られた各設定位置における浸水深	その他の影響 ^{*2}
上 昇 側 水 位	原子炉建屋南側	+1.0m ^{*1}	+0.4m ^{*1}	+0.6m
	排気筒東側	+1.0m ^{*1}	+0.2m ^{*1}	+0.8m
	常設低圧代替注水系の代替淡水貯槽上部	+1.0m ^{*1}	+0.5m ^{*1}	+0.5m
	緊急用海水ポンプピット上部	+1.0m ^{*1}	+0.2m ^{*1}	+0.8m
	S A用海水ピット上部	+1.0m ^{*1}	+0.5m ^{*1}	+0.5m

注記 *1：朔望平均満潮位T. P. +0.61m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量（沈降）0.2m及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動（沈降）0.46mを考慮している。

*2：敷地に遡上する津波による遡上解析から得られた敷地内の各評価位置における浸水深に対し、評価範囲における浸水深の不確かさを考慮する。

ハ. 防潮堤設置ルート変更前後における管路解析結果の差分

防潮堤設置ルート変更前後における管路解析結果の差分を入力津波高さに考慮する。具体的には、防潮堤設置ルート変更前後における各施設・設備の設置位置で算定された設定水位を比較し、より水位が高いモデルによる解析結果をもとに入力津波高さを設定する。なお、敷地内の各評価位置における遡上解析結果については、設置許可段階において防潮堤設置ルート変更を反映したモデルにより入力津波高さを設定していることから、敷地内の各評価位置における遡上解析結果については防潮堤設置ルート変更前後における遡上解析結果の差分を考慮しない。また、防潮堤前面の評価位置についても、入力津波高さを一律 T.P. +24.0m と設定することから、防潮堤設置ルート変更前後における遡上解析結果の差分を考慮しない。

防潮堤設置ルート変更前後における設定水位一覧及びその他の影響を考慮した入力津波一覧表を表 1.5-34 に示す。表 1.5-33 に示した水位から、SA用海水ピットにおけるその他の影響を+0.5m、緊急用海水ポンプピットにおけるその他の影響を+0.1mとした。

表 1.5-34 防潮堤設置ルート変更前後における設定水位一覧及び
その他の影響を考慮した入力津波一覧

区分	設定位置	入力津波高さ	設定水位		その他の影響*2
			防潮堤設置ルート変更前	防潮堤設置ルート変更後	
上 昇 側 水 位	原子炉建屋南側	+1.0m	—*3	+1.0m	0m
	排気筒東側	+1.0m	—*3	+1.0m	0m
	常設低圧代替注水系の 代替淡水貯槽上部	+1.0m	—*3	+1.0m	0m
	緊急用海水ポンプピット上部	+1.0m	—*3	+1.0m	0m
	S A用海水ピット上部	+1.0m	—*3	+1.0m	0m
	防潮堤前面 (敷地側面北側)	T. P. +24.0m	—*4	T. P. +24.0m	0m*4
	防潮堤前面 (敷地前面東側)	T. P. +24.0m	—*4	T. P. +24.0m	0m*4
	防潮堤前面 (敷地側面南側)	T. P. +24.0m	—*4	T. P. +24.0m	0m*4
	取水ピット	T. P. +25.5m	T. P. +24.8m	T. P. +25.5m	0m
	放水路ゲート 設置箇所	T. P. +38.7m	T. P. +32.0m	T. P. +38.7m	0m
	S A用海水ピット	T. P. +10.9m	T. P. +10.9m	T. P. +10.4m	+0.5m
	緊急用海水ポンプピット	T. P. +10.9m	T. P. +10.9m	T. P. +10.8m	+0.1m
	構内排水路逆流防止設備 (防潮堤前面(敷地前面東側)の 入力津波高さを使用している。)	T. P. +24.0m	—*4	T. P. +24.0m	0m
	構内排水路逆流防止設備 (防潮堤前面(敷地側面北側)の 入力津波高さを使用している。)	T. P. +24.0m	—*4	T. P. +24.0m	0m

注記 *1: 朔望平均満潮位T. P. +0.61m, 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量(沈降)0.2m及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動(沈降)0.46mを考慮している。

*2: 防潮堤設置ルート変更前後における各施設・設備の設置位置で算定された設定水位を比較し, より水位が高いモデルによる解析結果をもとに入力津波高さを設定する。

*3: 敷地内の各評価位置における遡上解析結果については, 設置許可段階において防潮堤設置ルート変更を反映したモデルにより入力津波高さを設定していることから, 敷地内の各評価位置における遡上解析結果については防潮堤設置ルート変更前後における遡上解析結果の差分を考慮しない。

*4: 敷地に遡上する津波に対する耐津波設計においては, 防潮堤前面の水位を一律T. P. +24.0mと想定することから, 防潮堤前面における入力津波高さの設定に当たっては防潮堤設置ルート変更による影響を考慮しない。

(d) 入力津波高さに対するパラメータによる影響のまとめ

「(a) 管路解析におけるパラメータによる影響」及び「(c) その他の影響」の検討結果を踏まえ設定した各施設・設備の設置位置における設計又は評価に用いる入力津波高さ一覧を表 1.5-35 に示す。

表 1.5-35 各施設・設備の設置位置における設計又は評価に用いる入力津波高さ一覧表

設定位置	入力津波高さ*1
原子炉建屋南側	+1.0m
排気筒東側	
常設低圧代替注水系の 代替淡水貯槽上部	
緊急用海水ポンプピット上部	
S A用海水ピット上部	
防潮堤前面（敷地側面北側）	T. P. +24.0m
防潮堤前面（敷地前面東側）	
防潮堤前面（敷地側面南側）	
取水ピット	T. P. +25.5m
放水路ゲート設置箇所	T. P. +38.7m
S A用海水ピット	T. P. +10.9m
緊急用海水ポンプピット	T. P. +10.9m
構内排水路逆流防止設備 （防潮堤前面（敷地前面東側）の入力津波高さを 使用している。）	T. P. +24.0m
構内排水路逆流防止設備 （防潮堤前面（敷地側面北側）の入力津波高さを 使用している。）	T. P. +24.0m

注記 *1：朔望平均満潮位+0.61m，2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量（沈降）0.2m及び入力津波の波源モデルに想定される地震により生じる地殻変動（沈降）0.46mを考慮した値である。

(参考 1) 放水路の管路解析結果に関する考察について

1. はじめに

防潮堤設置ルート変更に伴い、放水路ゲート設置位置等も変更となったことによる放水路ゲート設置箇所への水位への影響を確認した結果、変更前は T.P. +19.1m に対し、変更後では T.P. +27.3m と変更前に比べ、変更後の最高水位が約 8m 高くなった。防潮堤設置ルート変更前後における放水路ゲートの設置位置等の比較を第 1 表に示す。

この結果について以下のとおり考察した。

2. 考察

防潮堤の設置ルート変更前後の放水路ゲート設置箇所の水位時刻歴波形を比較したところ、最初のピークである 37 分付近においては水位に有意な差が認められないが、96 分付近のピークにおいては変更前に比べて変更後の水位が高くなる傾向を示した。また、放水口前面についても同様に比較したところ、変更前後どちらも 37 分付近のピークが最大水位となり有意な差は認められなかった。この結果を踏まえ、変更前後において 96 分付近のピークに水位差が生じた要因について考察を行った。防潮堤の設置ルート変更前後における放水口前面の水位時刻歴波形を第 1 図、防潮堤の設置ルート変更前後における放水路ゲート設置箇所の水位時刻歴波形を第 2 図に示す。

変更前後において 96 分付近のピークに水位差が出た要因について考察するにあたり、管路応答の周期特性の違いに着目した検討を実施した。

まず、以下の計算式によって求められる放水路の固有周期を確認した。その結果、変更前は 7.1 秒、変更後は 9.2 秒となった。防潮堤の設置ルート変更前後における放水路の固有周期を第 2 表に示す。

$$T=2\pi\sqrt{AL/ga} \quad (\text{土木学会 (2016) P105})$$

T : 固有周期 [秒], A : 池の底面積 [m²], a : 管路断面積[m²], L : 管路長[m],
g : 重力加速度 [m/s²], π : 円周率

次に、放水路ゲート設置箇所及び放水口前面の水位時刻歴波形に対し、スペクトル解析を実施した。なお、スペクトル解析は変更前後での水位差が最も大きい 96 分付近のピークにおける周期に着目し、95 分～105 分を対象に実施した。また、着目する周期の範囲は、上記計算式で求めた固有周期を包絡する 0 秒～16 秒とした。

解析の結果、放水路ゲート設置箇所のパワースペクトルの卓越周期は変更前で 7 秒付近、変更後は 9 秒～12 秒となった。この結果は、上記計算式で求めた固有周期と概ね整合している。また、変更前に比べ、変更後の方がパワースペクトルのピークが大きくなる傾向を示している。

また、放水口前面のパワースペクトルについては、変更前後で差異はほとんど認められず、7 秒付近に比べ、9 秒～12 秒の方が、パワースペクトルが大きくなる傾向を示している。

このことから、防潮堤の設置ルート変更前後において 96 分付近のピークに水位差が生じた要因としては、放水ゲート設置箇所及び放水口前面ともにパワースペクトルが、変更前の 7 秒付近に比べ、変更後の 9 秒～12 秒の方が卓越したことによって、水位の増幅に差が生じたことが考えられる。防潮堤の設置ルート変更前後における放水路ゲート設置箇所の水位時刻歴波形のパワースペクトルを第 3 図、防潮堤の設置ルート変更前後の放水口前面の水位時刻歴波形のパワースペクトルを第 4 図に示す。

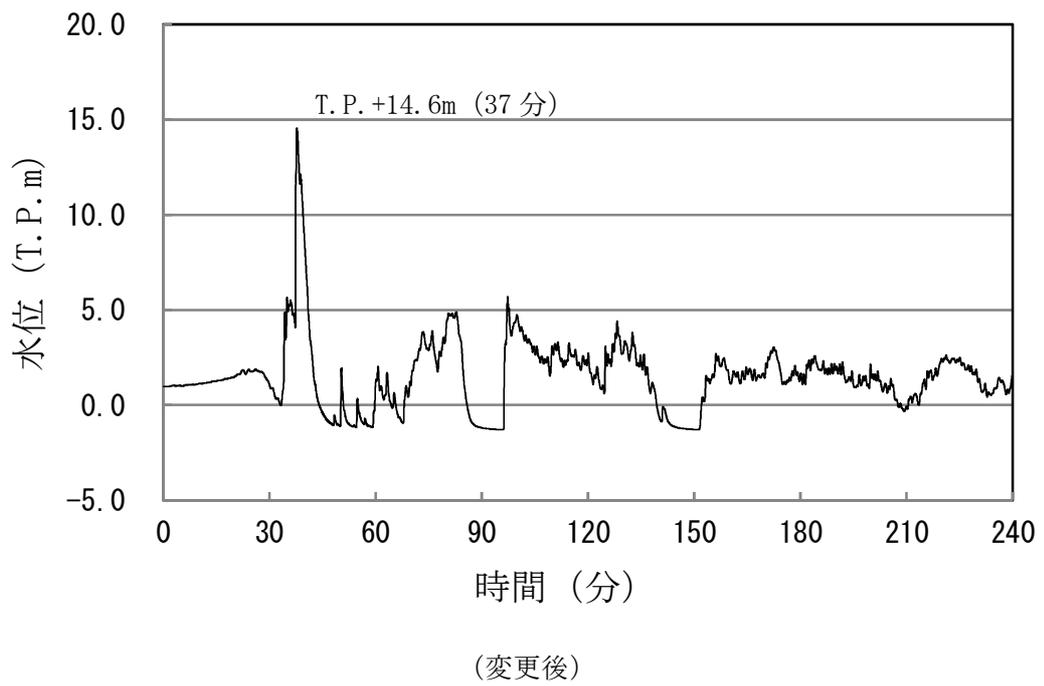
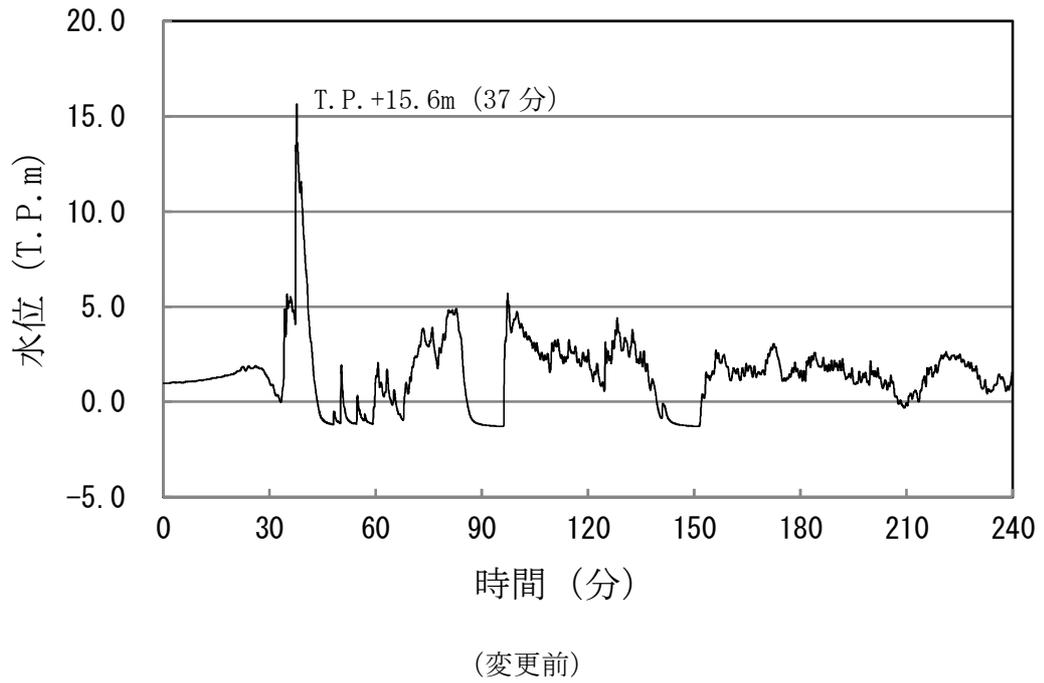
以上のことから，防潮堤の設置ルート変更に伴う放水路ゲート設置箇所の水位差は，管路応答の周期特性の違いによるものであると考えられる。

第1表 防潮堤設置ルート変更前後における放水路ゲートの設置位置等の比較

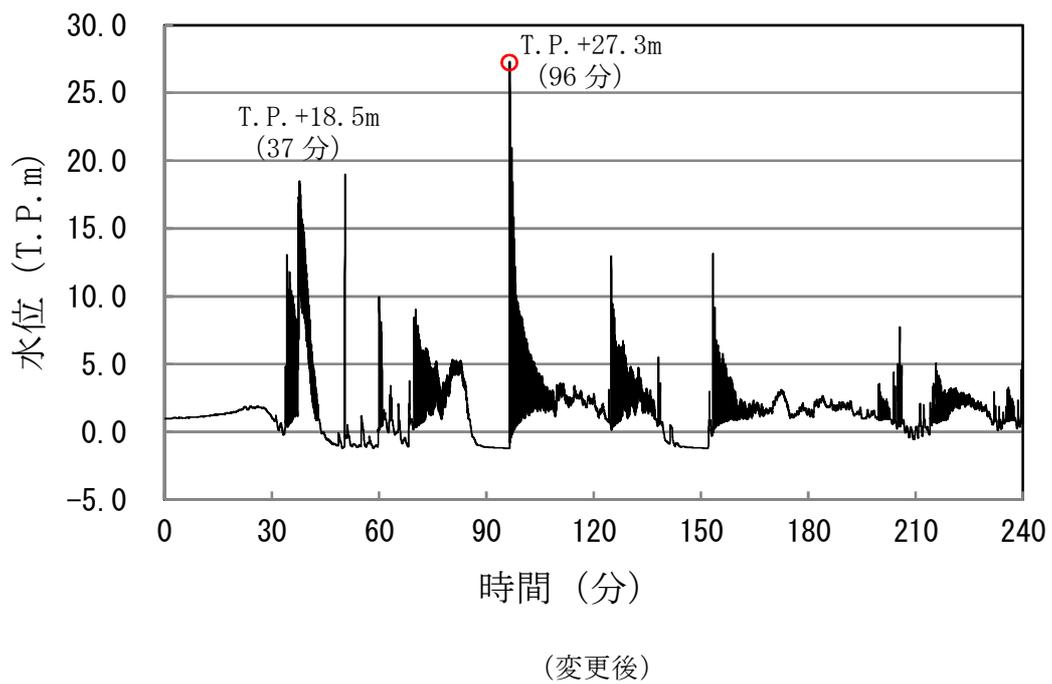
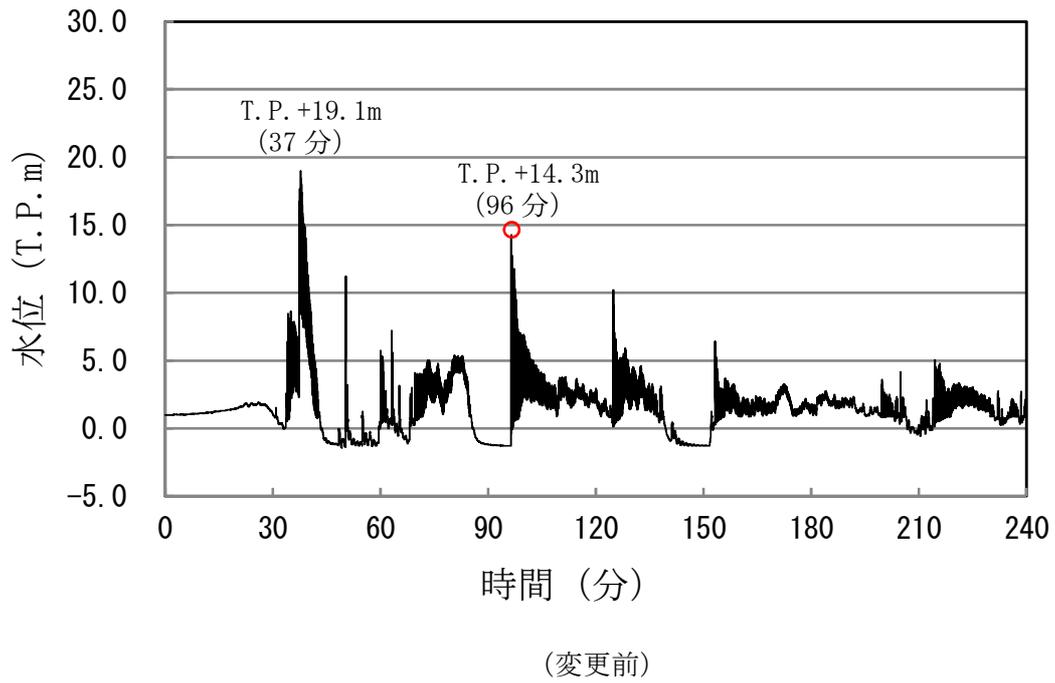
	既往の設置位置等 (変更前)	防潮堤の設置ルート変更に伴う設置位置等 (防潮堤の設置ルート変更後)																
平面図																		
モデル図	<p>注) 順流: 放水路ゲート→放水口 逆流: 放水口→放水路ゲート</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>管路長</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>水路 A</td> <td>55.21m</td> </tr> <tr> <td>水路 B</td> <td>53.26m</td> </tr> <tr> <td>水路 C</td> <td>51.46m</td> </tr> </tbody> </table>		管路長	水路 A	55.21m	水路 B	53.26m	水路 C	51.46m	<p>注) 順流: 放水路ゲート→放水口 逆流: 放水口→放水路ゲート ※: 折返し内は逆流の場合</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>管路長</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>水路 A</td> <td>91.76m</td> </tr> <tr> <td>水路 B</td> <td>88.50m</td> </tr> <tr> <td>水路 C</td> <td>85.29m</td> </tr> </tbody> </table>		管路長	水路 A	91.76m	水路 B	88.50m	水路 C	85.29m
	管路長																	
水路 A	55.21m																	
水路 B	53.26m																	
水路 C	51.46m																	
	管路長																	
水路 A	91.76m																	
水路 B	88.50m																	
水路 C	85.29m																	

第2表 防潮堤の設置ルート変更前後における放水路の固有周期 (水路B)

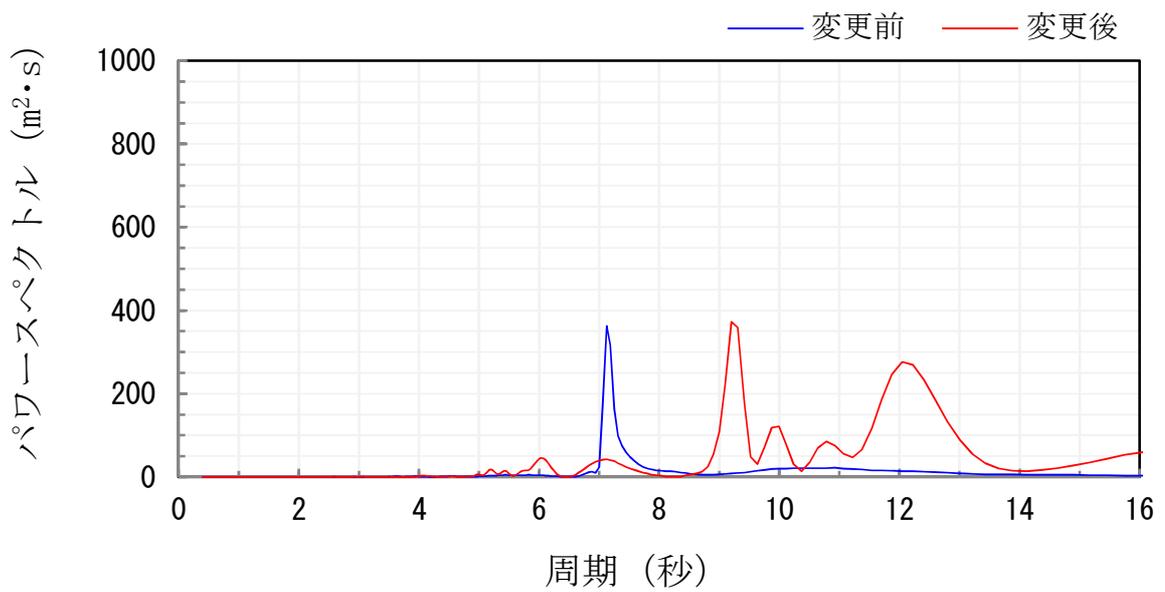
	変更前	変更後
管路長 L[m]	53.26	88.50
池の底面積 A [m ²]	2.54	2.54
管路断面積 a[m ²]	10.77	10.77
固有周期 T [秒]	7.1	9.2



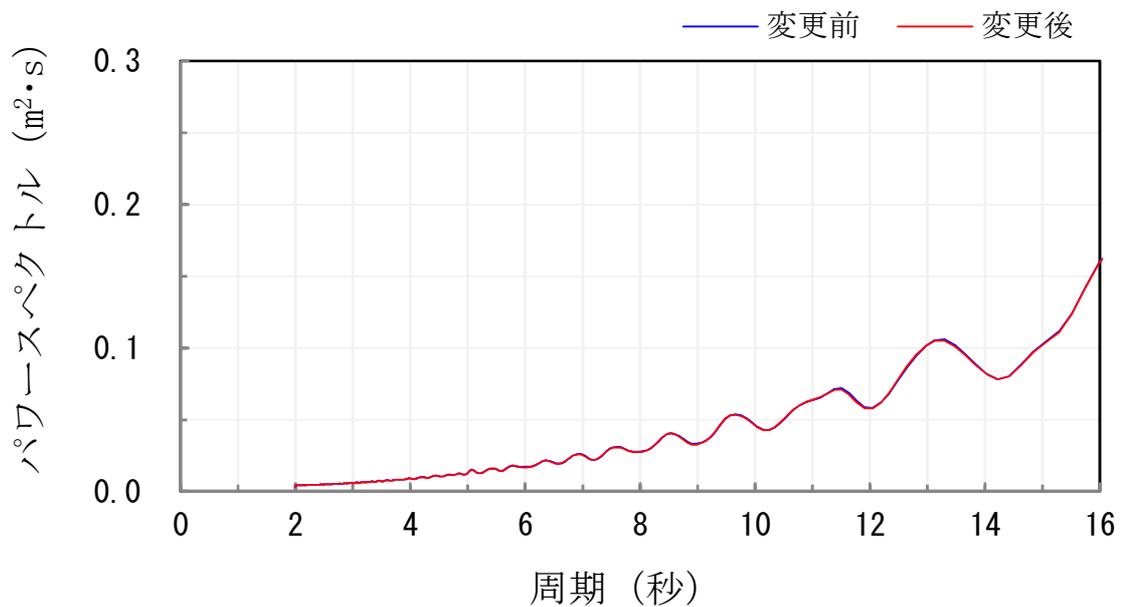
第1図 防潮堤の設置ルート変更前後における放水口前面の水位時刻歴波形



第2図 防潮堤の設置ルート変更前後における放水路ゲート設置箇所の水時刻歴波形



第3図 防潮堤の設置ルート変更前後における放水路ゲート設置箇所の水位時刻歴波形のパワースペクトル (95分~105分)



第4図 防潮堤の設置ルート変更前後の放水口前面の水位時刻歴波形のパワースペクトル (95分~105分)

1.6 SA用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討

1.6.1 はじめに

東海第二発電所の緊急用海水系は、SA用海水ピット取水塔からSA用海水ピットを経て、緊急用海水ポンプピットに至る。図1-1に緊急用海水系の平面図及び断面図、図1-2に緊急用海水系の管路解析モデルを示す。

本解析では外海、SA用海水ピット取水塔、SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットを池でモデル化し、管路モデルや節点で結んでいる。損失水頭のうち管路内の摩擦は各管路モデルで、それ以外の損失は各節点で表現するようにモデル化した。表1-1～表1-3及び図1-3～図1-5に解析に用いた各損失を示す。なお、解析には解析コード「SURGE」を使用した。

1.6.2 SA用海水ピットの構造に関わる管路解析モデルへの影響検討

第1-1図に示すとおり、海側からの管路はSA用海水ピット位置で直交方向に角度を変え、また緊急用海水ポンプピットには漸移的に角度を変えながら接続している。解析においては、SA用海水ピットの形状についてモデル化するとともにSA用海水ピットに海水が流入することに伴い発生する渦や流向変化等による損失水頭についても考慮し、SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピット位置の水位への影響を確認することとし、解析方針を以下に示す。

1.6.3 解析方針

海水の流入に伴い発生する渦や流向変化等による損失を考慮した解析については、以下のとおりとした。

① 渦や流向変化等に伴う影響については、管路の「曲り」または「屈折」によ

る損失水頭として設定する。

- ② 解析モデルの形状自体は現行モデルから変更せず，S A用海水ピットの上流側と下流側の節点（図 1-2 の節点 4 及び節点 6）に設定している損失水頭（流出もしくは流入）に，曲りまたは屈折の損失相当の損失水頭（※：補足）を上乗せする。
- ③ さらに感度分析として，上乗せする損失水頭を 2.0 倍した場合と 0.5 倍した場合を追加で実施する。よって，実施ケースは，以下の 6 ケースとする。

曲りによる損失を追加の場合：損失水頭 1.0，2.0，0.5 倍の 3 ケース

屈折による損失を追加の場合：損失水頭 1.0，2.0，0.5 倍の 3 ケース

計 6 ケース

ここで，「順流・貝代なし」の条件における S A海水ピット内に「曲り」及び「屈折」損失（それぞれ係数 1.0 倍の場合）を考慮した損失計算書を第 1-4 表及び第 1-5 表に示す。

【(※)：補足】

- 1) 「曲り」損失に用いる曲率半径を S A用海水ピットの半径 (=5m) と仮定する。
- 2) S A用海水ピット取水塔～S A用海水ピット間と S A用海水ピット～緊急用海水ポンプピット間では流量が異なるため，損失水頭算定には，S A用海水ピット上下流 2 箇所それぞれの流量から算定した損失水頭の 1/2 を設定した。

1.6.4 解析結果

緊急用海水系の管路解析の解析ケース及び解析結果を表 1-6, 図 1-6 及び図 1-7 図に示す。

表 1-6 及び図 1-6 に示すとおり, S A用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットについて「曲り」または「屈折」による損失を追加したモデルの最高水位は, 現行モデルの最高水位に比べて低くなっており, 「曲り」または「屈折」による損失水頭の倍率を大きくするほど最高水位は低くなる傾向が認められる。さらに, 図 1-7 に示すとおり, 「曲り」または「屈折」による損失の影響による水位の増幅傾向は認められない。

以上のことから, S A用海水ピットに海水が流入することに伴い発生する渦や流向変化等による損失水頭について考慮する必要はない。



図 1-1(1) 緊急用海水系の平面図

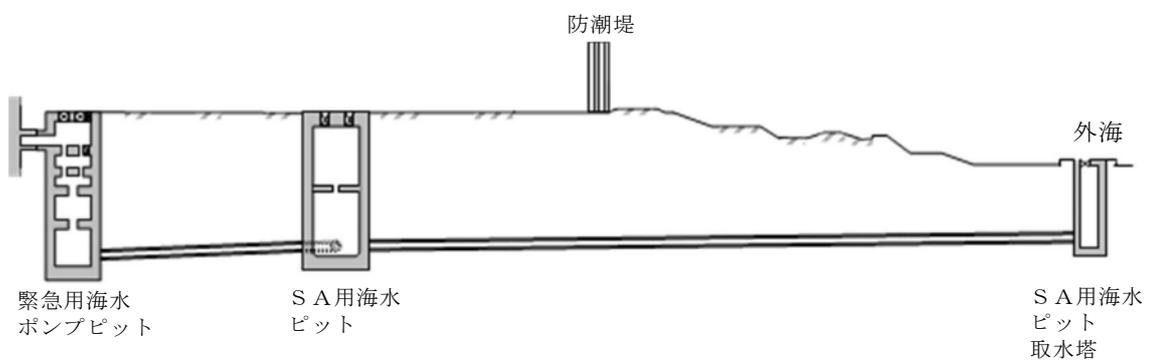
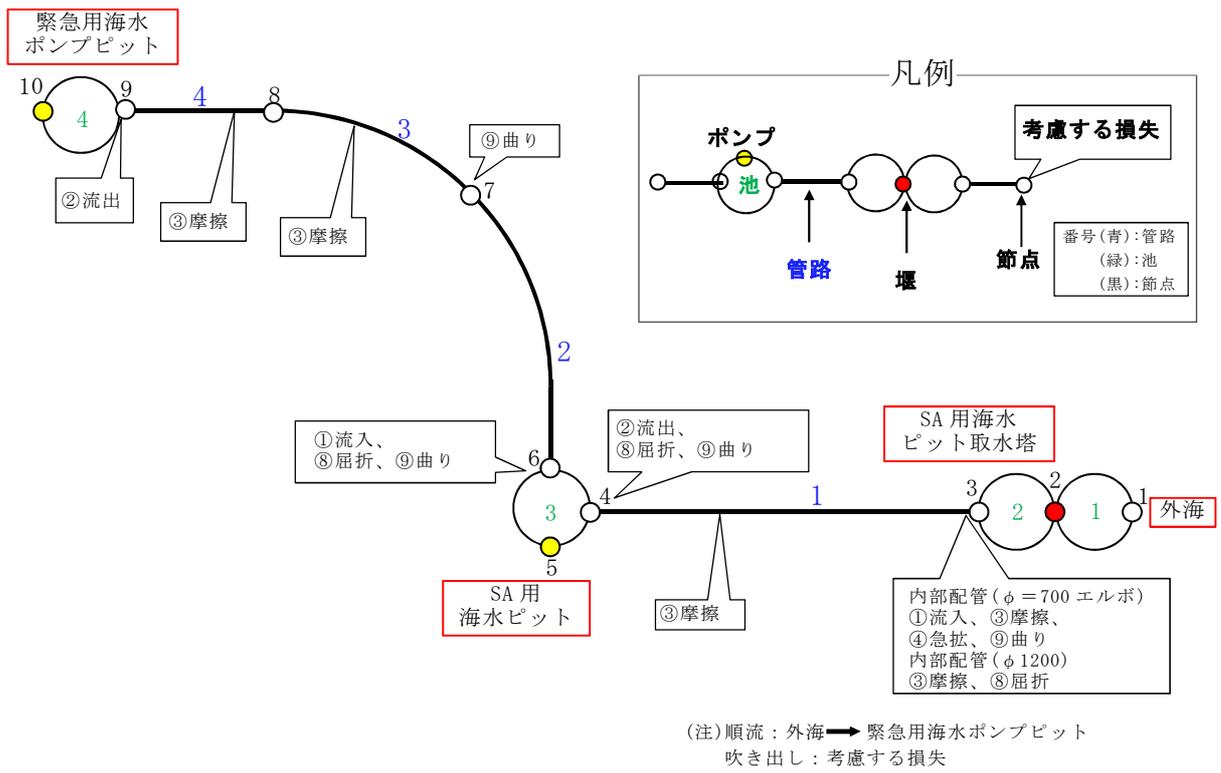


図 1-1(2) 緊急用海水系の断面図

(S A用海水ピット取水塔～S A用海水ピット～緊急用海水ポンプピット)



管路長さ一覧

管路 No.	管路長さ	管路 No.	管路長さ
1	157.557m	2	76.904m
3	58.111m	4	35.908m

図 1-2 緊急用海水系の管路解析モデル

表 1-1 損失水頭算定公式

	公式	係数	根拠
①流入損失	$h_e = f_e \frac{V^2}{2g}$	h_e : 流入による損失水頭 (m) [図 1-3 角端] f_e : 流入損失係数 (0.03) V : 管内流速 (m/s)	土木学会水理公式集 (平成 11 年版) p. 374-375
②流出損失	$h_o = f_o \frac{V^2}{2g}$	h_o : 流出による損失水頭 (m) V : 管内流速 (m/s) f_o : 流出損失係数 (1.0)	土木学会水理公式集 (平成 11 年版) p. 375
③摩擦損失	$h_f = n^2 \cdot V^2 \frac{L}{R^{4/3}}$	V : 平均流速 (m/s) L : 水路の長さ (m) R : 水路の径深 (m) n : 粗度係数 ($m^{-1/3} \cdot s$) [表 1-2]	火力原子力発電所土 木構造物の設計 p. 788, p. 829
④急拡損失	$h_{se} = f_{se} \cdot \frac{V_1^2}{2g}$ $f_{se} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2$	f_{se} : 急拡損失係数 A_1 : 急拡前の管断面積 (m^2) A_2 : 急拡後の管断面積 (m^2)	火力原子力発電所土 木構造物の設計 p. 829
⑤急縮損失	$h_{sc} = f_{sc} \cdot \frac{V_2^2}{2g}$	f_{sc} : 急縮損失係数 (管路断面積による値 [表 1-3]) V_2 : 急縮後の平均流速 (m/s)	火力原子力発電所土 木構造物の設計 p. 829-830
⑥漸拡損失	$h_{ge} = f_{ge} \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2 \frac{V_1^2}{2g}$	f_{ge} : 漸拡損失係数 (管路断面積による値 [図 1-4]) V_1 : 漸拡前の平均流速 (m/s) A_1 : 漸拡前の管断面積 (m^2) A_2 : 漸拡後の管断面積 (m^2)	火力原子力発電所土 木構造物の設計 p. 830
⑦漸縮損失	$h_{gc} = f_{gc} \cdot \frac{V_2^2}{2g}$	f_{gc} : 漸縮損失係数 (管路断面積による値 [図 1-5]) V_2 : 漸縮後の平均流速 (m/s)	火力原子力発電所土 木構造物の設計 p. 830-831
⑧屈折損失	$h_{be} = f_{be} \frac{V^2}{2g}$ $f_{be} = 0.946 \sin^2 \frac{\theta}{2} + 2.05 \sin^4 \frac{\theta}{2}$	h_{be} : 合流前後の本管動水位 (m) V : 管内平均流速 (m/s) f_{be} : 屈折損失係数 θ : 屈折角	土木学会水理公式集 (平成 11 年版) p. 376-377
⑨曲り損失	$h_b = f_{b1} f_{b2} \frac{V^2}{2g}$	f_{b1} : 曲りの曲率半径 ρ と管径 D と の比より決まる損失係数 f_{b2} : 任意の曲り中心角 θ , 中心角 90° の場合の損失比 V : 管内平均流速 (m/s)	土木学会水理公式集 (平成 11 年版) p. 376

※引用文献を以下に示す。

- ・ 土木学会 (1999) : 土木学会水理公式集 (平成 11 年版)
- ・ 電力土木技術協会 (1995) : 火力原子力発電所土木構造物の設計

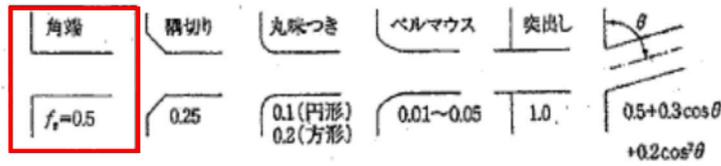


図 1-3 入口形状と損失係数
(土木学会水理公式集(平成 11 年版) p. 375)

表 1-2 貝等の付着代と粗度係数

(火力原子力発電所土木構造物の設計 p. 788 より抜粋)

	貝付着なし	貝付着あり
貝付着厚	0 [cm]	10 [cm]
粗度係数	0.015 [m ^{-1/3} ・s]	0.020[m ^{-1/3} ・s]

表 1-3 急縮損失係数(火力原子力発電所土木構造物の設計 p. 830)

D ₂ /D ₁	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
f _{sc}	0.50	0.50	0.49	0.49	0.46	0.43	0.38	0.29	0.18	0.07	0

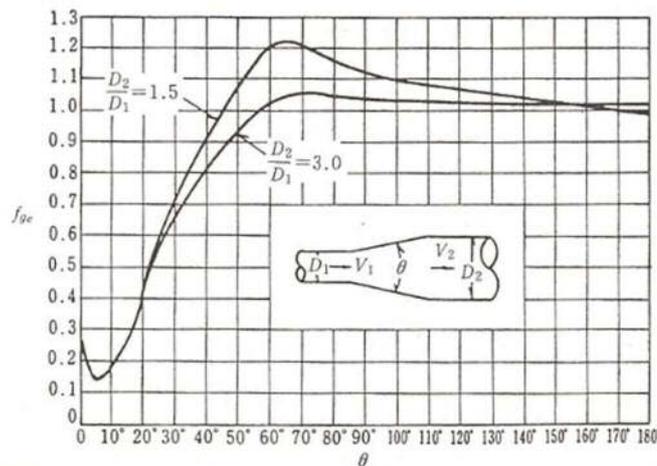


図 1-4 漸拡損失係数(火力原子力発電所土木構造物の設計 p. 830)

D₁, D₂: 漸拡前後の管径(m), V₁, V₂: 漸拡前後の平均流速(m/s), θ: 漸拡部の開き
(※本施設では矩形断面管の漸拡に上記の図による値を適用する。矩形断面と同様の断面積を持つ円管を仮定して、半径 D₁, D₂ を算出した。)

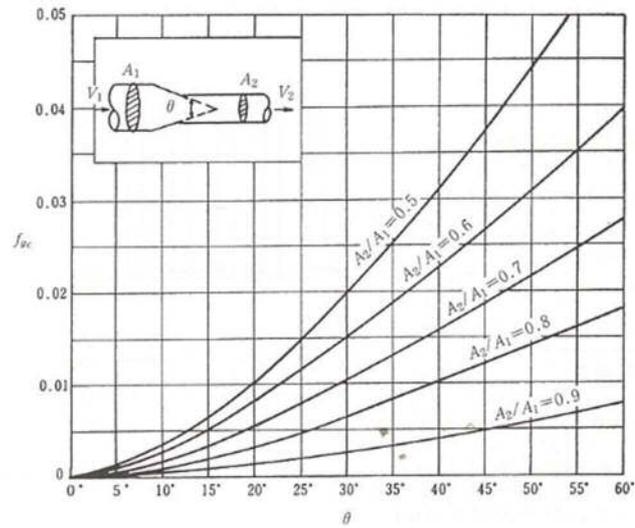


図 1-5 漸縮損失係数(火力原子力発電所土木構造物の設計 p. 831)

D_1, D_2 : 漸縮前後の管径(m), V_1, V_2 : 漸縮前後の平均流速(m/s), θ : 漸縮部の開き
 (※本施設では矩形断面管の漸縮に上記の図による値を適用する。矩形断面と同様の断面積を持つ円管を仮定して、半径 D_1, D_2 を算出した。)

表 1-4 損失水頭計算書（順流・貝代なし，S A用海水ピット内に曲り損失を考慮した場合）

場所	流量 (m ³ /s)	種類	係数		断面積 (m ²)	損失水頭 (m)	モデル化
SA用海水ピット取水塔 (内部配管φ700エルボ)	0.234	流入	F	0.500	0.385	0.00900	節点3
		摩擦	粗度係数 (m ^{-1/3} ・s)	0.015	0.385	0.00100	節点3
			長さ(m)	1.117			
			径深(m)	0.175			
		曲り	F _{b1}	0.286	0.385	0.00500	節点3
			F _{b2}	1.000			
急拡	F	0.435	0.385	0.00800	節点3		
SA用海水ピット取水塔 (内部配管φ1200)	0.701	摩擦	粗度係数 (m ^{-1/3} ・s)	0.015	1.131	0.00500	節点3
			長さ(m)	12.205			
			径深(m)	0.300			
		屈折	F	0.986	1.131	0.01900	節点3
管路1(φ1200)	0.701	摩擦	粗度係数 (m ^{-1/3} ・s)	0.015	1.131	0.06800	管路1
			長さ(m)	157.557			
			径深(m)	0.300			
SA用海水ピット	0.701	流出	F	1.000	1.131	0.02000	節点4
		曲り	F _{b1}	0.132	1.131	(注) 0.00100	節点4
			F _{b2}	1.000			
	0.234	曲り	F _{b1}	0.132	1.131	(注) 0.00010	節点6
			F _{b2}	1.000			
		流入	F	0.500	1.131	0.00100	節点6
管路2,3,4(φ1200)	0.234	摩擦	粗度係数 (m ^{-1/3} ・s)	0.015	1.131	0.00800	管路2,3,4
			長さ(m)	170.923			
			径深(m)	0.300			
		曲り	F _{b1}	0.131	1.131	0.00030	節点7
			F _{b2}	0.931			
緊急用海水ポンプピット	0.234	流出	F	1.000	1.131	0.00200	節点9
合計						0.14740	

(注) 現行モデルからの追加分

- ・渦や流向変化等に伴う影響を管路の「曲り損失」として仮定
- ・上下流2箇所それぞれの流量から算定した「曲り損失水頭」の1/2を設定した値

表 1-5 損失水頭計算書（順流・貝代なし，SA用海水ピット内に屈折損失を考慮した場合）

場所	流量 (m ³ /s)	種類	係数		断面積 (m ²)	損失水頭 (m)	モデル化
SA用海水ピット取水塔 (内部配管φ700エルボ)	0.234	流入	F	0.500	0.385	0.00900	節点3
		摩擦	粗度係数 (m ^{-1/3} ・s)	0.015	0.385	0.00100	節点3
			長さ(m)	1.117			
			径深(m)	0.175			
		曲り	F _{b1}	0.286	0.385	0.00500	節点3
			F _{b2}	1.000			
急拡	F	0.435	0.385	0.00800	節点3		
SA用海水ピット取水塔 (内部配管φ1200)	0.701	摩擦	粗度係数 (m ^{-1/3} ・s)	0.015	1.131	0.00500	節点3
			長さ(m)	12.205			
			径深(m)	0.300			
		屈折	F	0.986	1.131	0.01900	節点3
管路1(φ1200)	0.701	摩擦	粗度係数 (m ^{-1/3} ・s)	0.015	1.131	0.06800	管路1
			長さ(m)	157.557			
			径深(m)	0.300			
SA用海水ピット	0.701	流出	F	1.000	1.131	0.02000	節点4
		屈折	F	0.986	1.131	(注) 0.01000	節点4
	0.234	屈折	F	0.986	1.131	(注) 0.00100	節点6
		流入	F	0.500	1.131	0.00100	節点6
管路2,3,4(φ1200)	0.234	摩擦	粗度係数 (m ^{-1/3} ・s)	0.015	1.131	0.00800	管路2,3,4
			長さ(m)	170.923			
			径深(m)	0.300			
		曲り	F _{b1}	0.131	1.131	0.00030	節点7
			F _{b2}	0.931			
緊急用海水ポンプピット 合計	0.234	流出	F	1.000	1.131	0.00200	節点9
						0.15730	

(注) 現行モデルからの追加分

- ・渦や流向変化等に伴う影響を管路の「屈折損失」として仮定
- ・上下流2箇所それぞれの流量から算定した「屈折損失水頭」の1/2を設定した値

表 1-6 解析ケース及び水位一覧

解析ケース	損失項目	損失水頭倍率	S A用海水ピット		緊急用海水ポンプピット	
			最高水位 (T.P.m)	最低水位 (T.P.m) (参考)	最高水位 (T.P.m)	最低水位 (T.P.m) (参考)
①	追加なし (現行モデル)	—	8.89	-2.30	9.29	-2.30
②-1	曲り	0.5	8.88	-2.29	9.28	-2.30
②-2		1.0	8.87	-2.29	9.27	-2.29
②-3		2.0	8.85	-2.28	9.24	-2.29
③-1	屈折	0.5	8.82	-2.28	9.21	-2.29
③-2		1.0	8.75	-2.26	9.13	-2.28
③-3		2.0	8.62	-2.21	8.97	-2.26

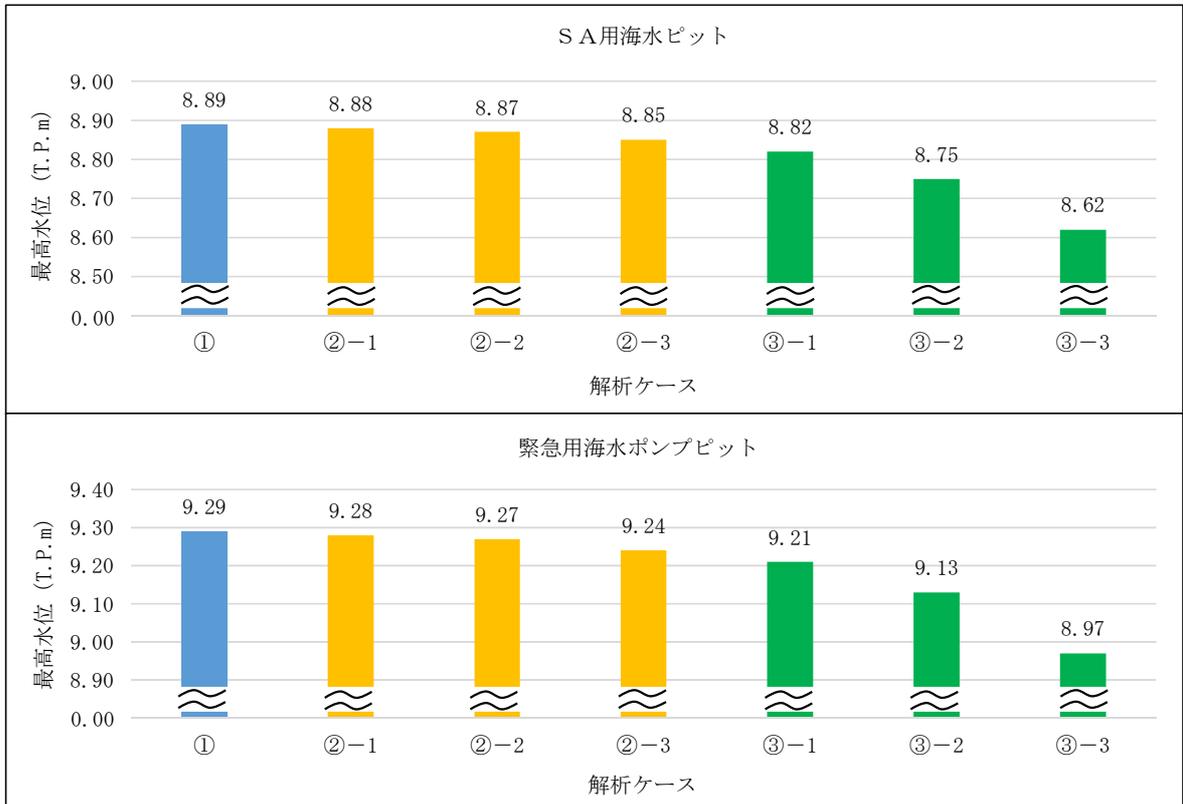


図 1-6 S A用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの最高水位

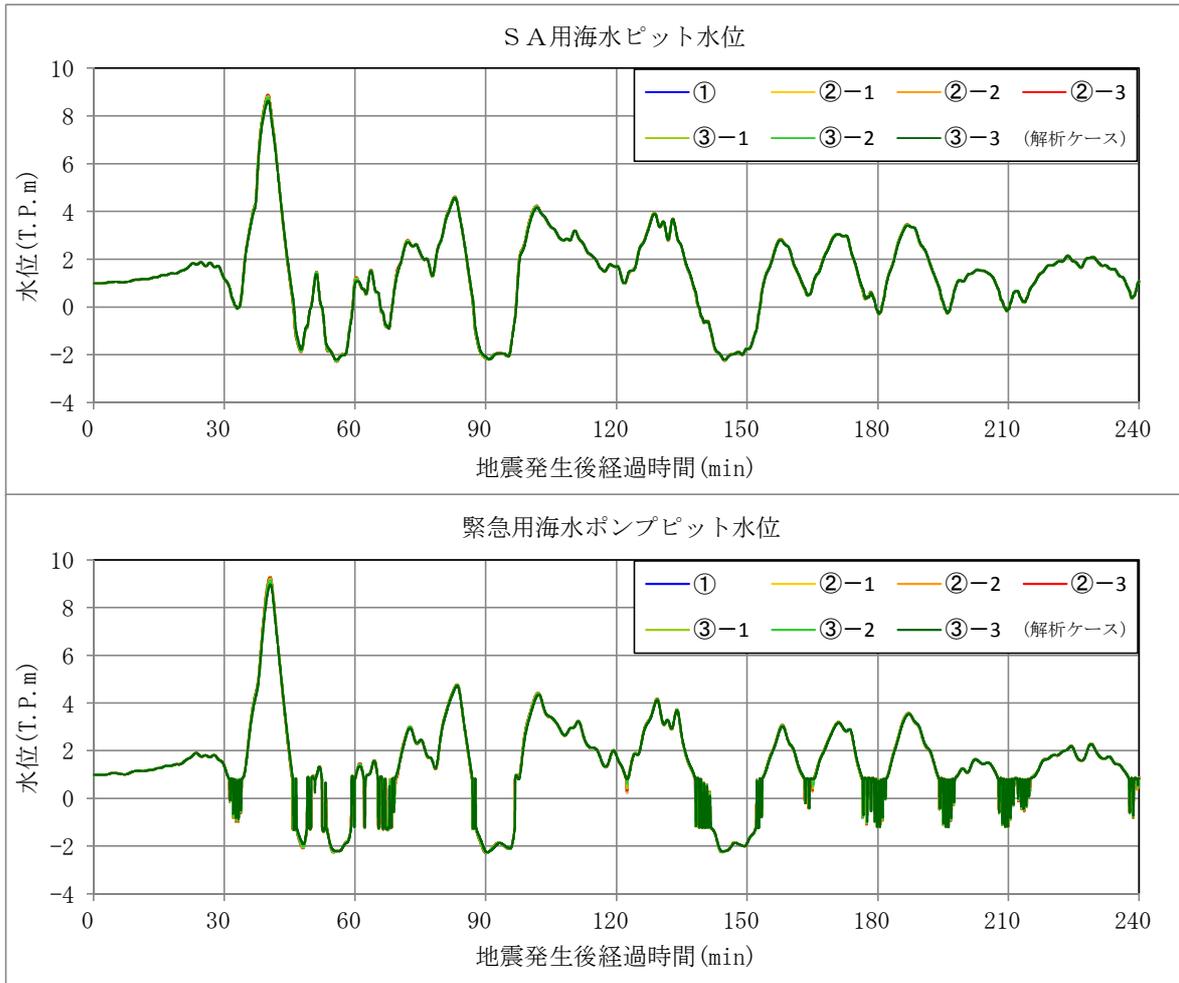


図 1-7 SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの水位の時刻歴波形

(参考：ご説明済資料(耐津波設計方針 5条 添付5))

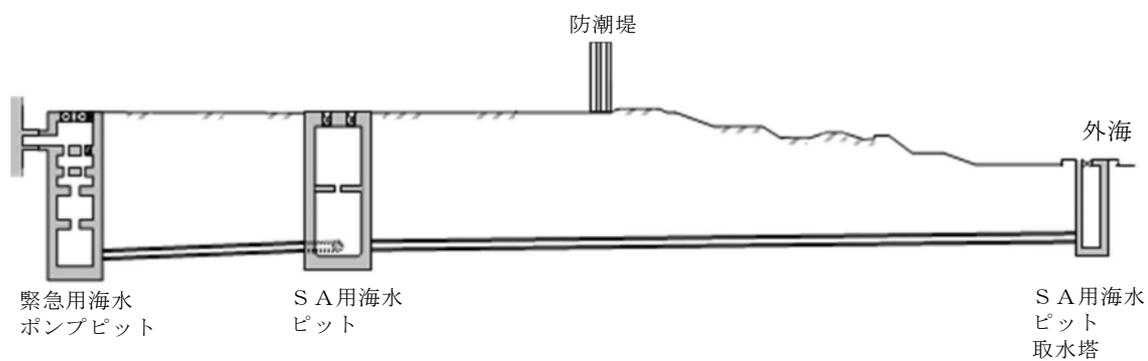
3. SA用海水ピット取水塔～SA用海水ピット～緊急用海水ポンプピット

東海第二発電所の緊急用海水系は、SA用海水ピット取水塔からSA用海水ピットを経て、緊急用海水ポンプピットに至る。第3-1図に緊急用海水系の平面図及び断面図、第3-2図に緊急用海水系の管路解析モデルを示す。

本解析では外海、SA用海水ピット取水塔、SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットを池でモデル化し、管路モデルや節点で結んでいる。損失水頭のうち管路内の摩擦は各管路モデルで、それ以外の損失は各節点で表現するようにモデル化した。第3-1表～第3-3表及び第3-3図～第3-5図に解析に用いた各損失を示す。第3-4表、第3-5表に計算毎の具体的な損失水頭を整理した。なお、解析には解析コード「SURGE」を使用した。

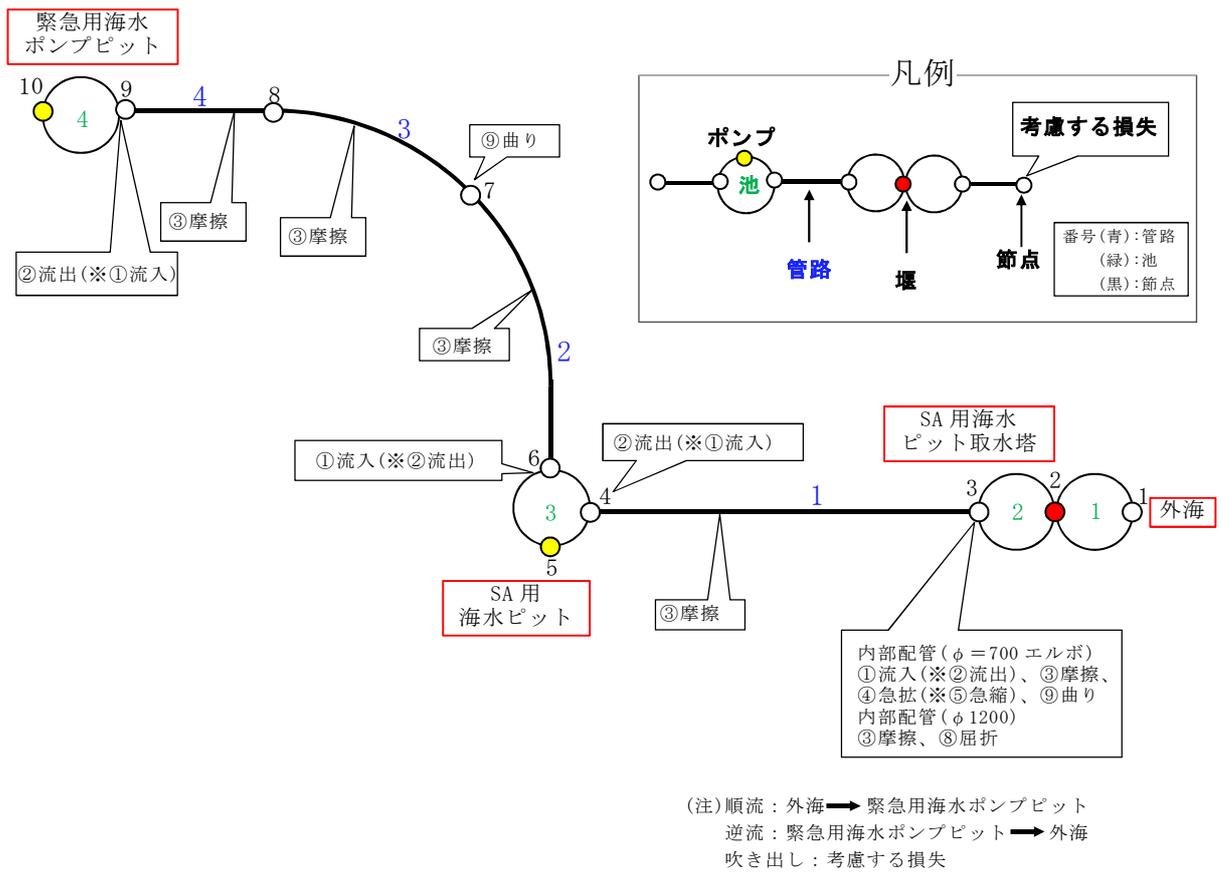


第 3-1 図(1) 緊急用海水系の平面図



第 3-1 図(2) 緊急用海水系の断面図

(S A用海水ピット取水塔～S A用海水ピット～緊急用海水ポンプピット)



管路長さ一覧

管路 No.	管路長さ	管路 No.	管路長さ
1	157.557m	2	76.904m
3	58.111m	4	35.908m

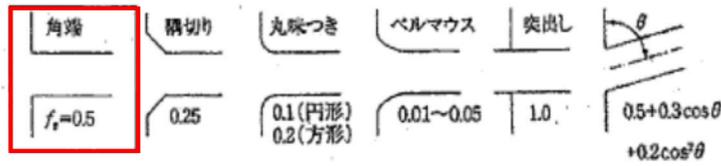
第3-2図 緊急用海水系の管路解析モデル

第 3-1 表 損失水頭算定公式

	公式	係数	根拠
① 流入損失	$h_e = f_e \frac{V^2}{2g}$	h_e : 流入による損失水頭 (m) [第 3-3 図 角端] f_e : 流入損失係数 (0.03) V : 管内流速 (m/s)	土木学会水理公式集 (平成 11 年版) p. 374-375
② 流出損失	$h_o = f_o \frac{V^2}{2g}$	h_o : 流出による損失水頭 (m) V : 管内流速 (m/s) f_o : 流出損失係数 (1.0)	土木学会水理公式集 (平成 11 年版) p. 375
③ 摩擦損失	$h_f = n^2 \cdot V^2 \frac{L}{R^{4/3}}$	V : 平均流速 (m/s) L : 水路の長さ (m) R : 水路の径深 (m) n : 粗度係数 ($m^{-1/3} \cdot s$) [第 3-2 表]	火力原子力発電所土 木構造物の設計 p. 788, p. 829
④ 急拡損失	$h_{se} = f_{se} \cdot \frac{V_1^2}{2g}$ $f_{se} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2$	f_{se} : 急拡損失係数 A_1 : 急拡前の管断面積 (m^2) A_2 : 急拡後の管断面積 (m^2)	火力原子力発電所土 木構造物の設計 p. 829
⑤ 急縮損失	$h_{sc} = f_{sc} \cdot \frac{V_2^2}{2g}$	f_{sc} : 急縮損失係数 (管路断面積による値 [第 3-3 表]) V_2 : 急縮後の平均流速 (m/s)	火力原子力発電所土 木構造物の設計 p. 829-830
⑥ 漸拡損失	$h_{ge} = f_{ge} \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2 \frac{V_1^2}{2g}$	f_{ge} : 漸拡損失係数 (管路断面積による値 [第 3-4 図]) V_1 : 漸拡前の平均流速 (m/s) A_1 : 漸拡前の管断面積 (m^2) A_2 : 漸拡後の管断面積 (m^2)	火力原子力発電所土 木構造物の設計 p. 830
⑦ 漸縮損失	$h_{gc} = f_{gc} \cdot \frac{V_2^2}{2g}$	f_{gc} : 漸縮損失係数 (管路断面積による値 [第 3-5 図]) V_2 : 漸縮後の平均流速 (m/s)	火力原子力発電所土 木構造物の設計 p. 830-831
⑧ 屈折損失	$h_{be} = f_{be} \frac{V^2}{2g}$ $f_{be} = 0.946 \sin^2 \frac{\theta}{2} + 2.05 \sin^4 \frac{\theta}{2}$	h_{be} : 合流前後の本管動水位 (m) V : 管内平均流速 (m/s) f_{be} : 屈折損失係数 θ : 屈折角	土木学会水理公式集 (平成 11 年版) p. 376-377
⑨ 曲り損失	$h_b = f_{b1} f_{b2} \frac{V^2}{2g}$	f_{b1} : 曲りの曲率半径 ρ と管径 D と の比より決まる損失係数 f_{b2} : 任意の曲り中心角 θ , 中心角 90° の場合の損失比 V : 管内平均流速 (m/s)	土木学会水理公式集 (平成 11 年版) p. 376

※引用文献を以下に示す。

- ・ 土木学会 (1999) : 土木学会水理公式集 (平成 11 年版)
- ・ 電力土木技術協会 (1995) : 火力原子力発電所土木構造物の設計



第 3-3 図 入口形状と損失係数
(土木学会水理公式集(平成 11 年版) p. 375)

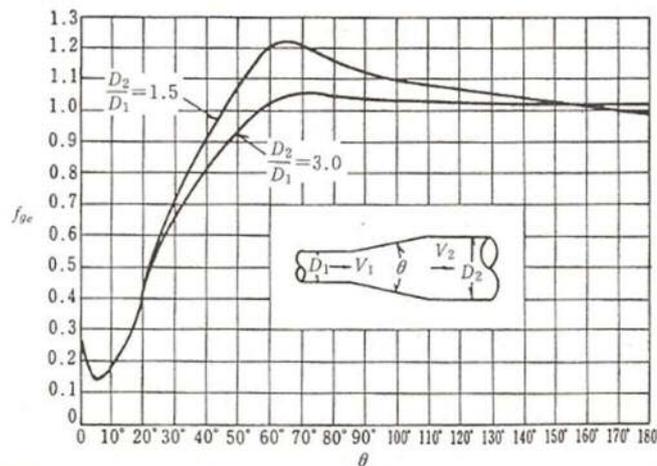
第 3-2 表 貝等の付着代と粗度係数

(火力原子力発電所土木構造物の設計 p. 788 より抜粋)

	貝付着なし	貝付着あり
貝付着厚	0 [cm]	10 [cm]
粗度係数	0.015 [$m^{-1/3} \cdot s$]	0.020 [$m^{-1/3} \cdot s$]

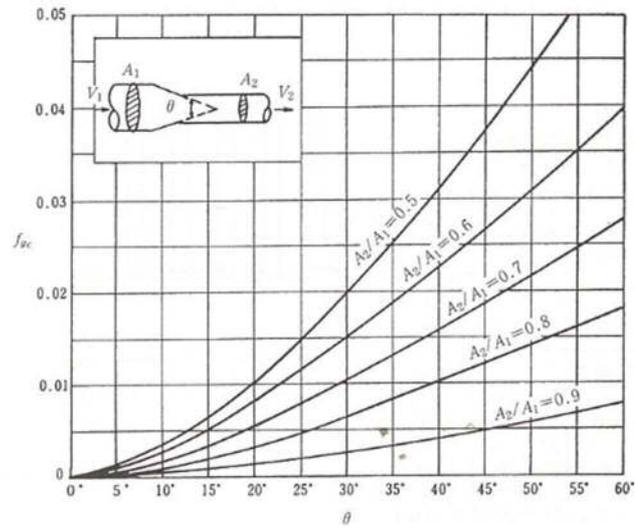
第 3-3 表 急縮損失係数(火力原子力発電所土木構造物の設計 p. 830)

D_2/D_1	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
f_{sc}	0.50	0.50	0.49	0.49	0.46	0.43	0.38	0.29	0.18	0.07	0



第 3-4 図 漸拡損失係数(火力原子力発電所土木構造物の設計 p. 830)

D_1, D_2 : 漸拡前後の管径(m), V_1, V_2 : 漸拡前後の平均流速(m/s), θ : 漸拡部の開き
(※本施設では矩形断面管の漸拡に上記の図による値を適用する。矩形断面と同様の断面積を持つ円管を仮定して、半径 D_1, D_2 を算出した。)



第 3-5 図 漸縮損失係数(火力原子力発電所土木構造物の設計 p. 831)

D_1, D_2 : 漸縮前後の管径(m), V_1, V_2 : 漸縮前後の平均流速(m/s), θ : 漸縮部の開き
 (※本施設では矩形断面管の漸縮に上記の図による値を適用する。矩形断面と同様の断面積を持つ円管を仮定して、半径 D_1, D_2 を算出した。)

第 3-4 表(1) 緊急用海水系の損失水頭表 (貝付着なし, 順流)

場所	流量 (m^3/s)	種類	係数		断面積 (m^2)	損失水頭 (m)	モデル化
SA用海水ピット取水塔 (内部配管 ϕ 700エルボ)	0.234	流入	F	0.500	0.385	0.00900	節点3
		摩擦	粗度係数 ($m^{-1/3} \cdot s$)	0.015	0.385	0.00100	節点3
			長さ(m)	1.117			
			径深(m)	0.175			
		曲り	F_{b1}	0.286	0.385	0.00500	節点3
			F_{b2}	1.000			
急拡	F	0.435	0.385	0.00800	節点3		
SA用海水ピット取水塔 (内部配管 ϕ 1200)	0.701	摩擦	粗度係数 ($m^{-1/3} \cdot s$)	0.015	1.131	0.00500	節点3
			長さ(m)	12.205			
			径深(m)	0.300			
		屈折	F	0.986	1.131	0.01900	節点3
管路1(ϕ 1200)	0.701	摩擦	粗度係数 ($m^{-1/3} \cdot s$)	0.015	1.131	0.06800	管路1
			長さ(m)	157.557			
			径深(m)	0.300			
SA用海水ピット	0.701	流出	F	1.000	1.131	0.02000	節点4
	0.234	流入	F	0.500	1.131	0.00100	節点6
管路2,3,4(ϕ 1200)	0.234	摩擦	粗度係数 ($m^{-1/3} \cdot s$)	0.015	1.131	0.00800	管路2,3,4
			長さ(m)	170.923			
			径深(m)	0.300			
		曲り	F_{b1}	0.131	1.131	0.00030	節点7
			F_{b2}	0.931			
緊急用海水ポンプピット 合計	0.234	流出	F	1.000	1.131	0.00200	節点9
						0.14630	

第 3-4 表 (2) 緊急用海水系の損失水頭表 (貝付着なし, 逆流)

場所	流量 (m ³ /s)	種類	係数		断面積 (m ²)	損失水頭 (m)	モデル化
SA用海水ピット取水塔 (内部配管φ700エルボ)	0.234	流出	F	1.000	0.385	0.01900	節点3
		摩擦	粗度係数 (m ^{-1/3} ・s)	0.015	0.385	0.00100	節点3
			長さ(m)	1.117			
			径深(m)	0.175			
		曲り	F _{b1}	0.286	0.385	0.00500	節点3
			F _{b2}	1.000			
急縮	F	0.389	0.385	0.00700	節点3		
SA用海水ピット取水塔 (内部配管φ1200)	0.701	摩擦	粗度係数 (m ^{-1/3} ・s)	0.015	1.131	0.00500	節点3
			長さ(m)	12.205			
			径深(m)	0.300			
		屈折	F	0.986	1.131	0.01900	節点3
管路1(φ1200)	0.701	摩擦	粗度係数 (m ^{-1/3} ・s)	0.015	1.131	0.06800	管路1
			長さ(m)	157.557			
			径深(m)	0.300			
SA用海水ピット	0.701	流入	F	0.500	1.131	0.01000	節点4
	0.234	流出	F	1.000	1.131	0.00200	節点6
管路2,3,4(φ1200)	0.234	摩擦	粗度係数 (m ^{-1/3} ・s)	0.015	1.131	0.00800	管路2,3,4
			長さ(m)	170.923			
			径深(m)	0.300			
		曲り	F _{b1}	0.131	1.131	0.00030	節点7
			F _{b2}	0.931			
緊急用海水ポンプピット	0.234	流入	F	0.500	1.131	0.00100	節点9
合計						0.14530	

第 3-5 表(1) 緊急用海水系の損失水頭表 (貝付着あり, 順流)

場所	流量 (m^3/s)	種類	係数		断面積 (m^2)	損失水頭 (m)	モデル化
SA用海水ピット取水塔 (内部配管 ϕ 500エルボ)	0.234	流入	F	0.500	0.196	0.03600	節点3
		摩擦	粗度係数 ($m^{-1/3} \cdot s$)	0.020	0.196	0.01000	節点3
			長さ(m)	1.117			
			径深(m)	0.125			
		曲り	F_{b1}	0.179	0.196	0.01300	節点3
			F_{b2}	1.000			
急拡	F	0.563	0.196	0.04100	節点3		
SA用海水ピット取水塔 (内部配管 ϕ 1000)	0.701	摩擦	粗度係数 ($m^{-1/3} \cdot s$)	0.020	0.785	0.02500	節点3
			長さ(m)	12.205			
			径深(m)	0.250			
		屈折	F	0.986	0.785	0.04000	節点3
管路1(ϕ 1000)	0.701	摩擦	粗度係数 ($m^{-1/3} \cdot s$)	0.020	0.785	0.31900	管路1
			長さ(m)	157.557			
			径深(m)	0.250			
SA用海水ピット	0.701	流出	F	1.000	0.785	0.04100	節点4
	0.234	流入	F	0.500	0.785	0.00200	節点6
管路2,3,4(ϕ 1000)	0.234	摩擦	粗度係数 ($m^{-1/3} \cdot s$)	0.020	0.785	0.03900	管路2,3,4
			長さ(m)	170.923			
			径深(m)	0.250			
		曲り	F_{b1}	0.131	0.785	0.00100	節点7
			F_{b2}	0.931			
緊急用海水ポンプピット 合計	0.234	流出	F	1.000	0.785	0.00500	節点9
						0.57200	

第 3-5 表 (2) 緊急用海水系の損失水頭表 (貝付着あり, 逆流)

場所	流量 (m^3/s)	種類	係数		断面積 (m^2)	損失水頭 (m)	モデル化
SA用海水ピット取水塔 (内部配管 ϕ 500エルボ)	0.234	流出	F	1.000	0.196	0.07300	節点3
		摩擦	粗度係数 ($m^{-1/3} \cdot s$)	0.020	0.196	0.01000	節点3
			長さ(m)	1.117			
			径深(m)	0.125			
		曲り	F_{b1}	0.179	0.196	0.01300	節点3
			F_{b2}	1.000			
急縮	F	0.430	0.196	0.03100	節点3		
SA用海水ピット取水塔 (内部配管 ϕ 1000)	0.701	摩擦	粗度係数 ($m^{-1/3} \cdot s$)	0.020	0.785	0.02500	節点3
			長さ(m)	12.205			
			径深(m)	0.250			
		屈折	F	0.986	0.785	0.04000	節点3
管路1(ϕ 1000)	0.701	摩擦	粗度係数 ($m^{-1/3} \cdot s$)	0.020	0.785	0.31900	管路1
			長さ(m)	157.557			
			径深(m)	0.250			
SA用海水ピット	0.701	流入	F	0.500	0.785	0.02000	節点4
	0.234	流出	F	1.000	0.785	0.00500	節点6
管路2,3,4(ϕ 1000)	0.234	摩擦	粗度係数 ($m^{-1/3} \cdot s$)	0.020	0.785	0.03900	管路2,3,4
			長さ(m)	170.923			
			径深(m)	0.250			
		曲り	F_{b1}	0.131	0.785	0.00100	節点7
			F_{b2}	0.931			
緊急用海水ポンプピット 合計	0.234	流入	F	0.500	0.785	0.00200	節点9
						0.57800	

2. 津波防護対象設備

2.1 津波防護対象設備の選定及び配置について

(1) 基準津波に対する津波防護対象設備の選定

基準津波に対する設計基準対象施設及び重大事故等対処施設の津波防護対象設備の選定の考え方及び対象となる範囲を以下に示す。

a. 設計基準対象施設の津波防護対象設備の選定

設置許可基準規則第5条（津波による損傷の防止）において、「設計基準対象施設は、基準津波に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない」となっており、設計基準対象施設のうち、安全機能を有する設備を津波から防護することを要求している。このため、津波から防護を検討する対象となる設備は、設計基準対象施設のうち安全機能を有する設備（クラス1、クラス2及びクラス3設備）である。

また、設置許可基準規則の解釈別記3では、津波から防護する設備として、耐震Sクラスに属する設備（津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。）が要求されている。

以上から、津波から防護を検討する対象となる設備は、クラス1、クラス2及びクラス3設備並びに耐震Sクラスに属する設備（津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。）とする。このうち、クラス3設備については、安全評価上その機能を期待する設備は、津波に対してその機能を維持できる設計とし、その他の設備は損傷した場合を考慮して、代替設備により必要な機能を確保する等の対応を行う設計とする。

これより、津波から防護する設備は、クラス1及びクラス2設備並びに耐震Sクラスに属する設備（津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。）とする。

また、設計基準対象施設の津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）を内包する建屋及び区画として、海水ポンプ室、原子炉建屋、タービン建屋、使用済燃料乾式貯蔵建屋、常設代替高圧電源装置置場（軽油貯蔵タンク、非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ及び東側DB立坑を含む。以下同じ。）、常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部、立坑部及びカルバート部を含む。以下同じ。）、排気筒及び非常用海水系配管を設定する。

b. 重大事故等対処施設の津波防護対象設備の選定

設置許可基準規則第40条（津波による損傷の防止）においては、「重大事故等対処施設は、基準津波に対して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ものでなければならない。」ことを要求している。

設置許可基準規則第43条（重大事故等対処設備）における可搬型重大事故等対処設備の接続口、保管場所及び機能保持に対する要求事項を満足するため、可搬型重大事故等対処設備についても津波防護の対象とする。

これより、津波から防護する設備は、重大事故等対処施設（可搬型重大事故等対処設備を含む。）とする。

また、重大事故等対処施設の津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）を内包する建屋及び区画として、海水ポンプ室、原子炉建屋、常設代替高圧電源装置置場（軽油貯蔵タンク、非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機

燃料移送ポンプ，常設代替高压電源装置燃料移送ポンプ，西側淡水貯水設備，高所東側接続口，高所西側接続口，西側 S A 立坑及び東側 D B 立坑を含む。以下同じ。)，常設代替高压電源装置用カルバート（トンネル部，立坑部及びカルバート部を含む。以下同じ。)，排気筒，非常用海水系配管，緊急時対策所建屋，可搬型重大事故等対処設備保管場所（西側），可搬型重大事故等対処設備保管場所（南側），格納容器圧力逃がし装置格納槽，常設低压代替注水系格納槽（代替淡水貯槽，常設低压代替注水系ポンプ室及び常設低压代替注水系配管カルバートを含む。以下同じ。)，緊急用海水ポンプピット，原子炉建屋東側接続口及び原子炉建屋西側接続口を設定する。

(2) 敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の選定

a. 重大事故等対処施設の津波防護対象設備の選定

設置許可基準規則第 43 条（重大事故等対処設備）第 1 項においては、「想定される重大事故等が発生した場合における温度，放射線，荷重その他の使用条件において，重大事故等に対処するために必要な機能を有効に発揮できるものであること。」が要求されている。このため，設置許可基準規則第 44 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）～第 62 条（通信連絡を行うために必要な設備）に適合するための重大事故等対処施設（可搬型重大事故等対処設備を含む。）について津波防護の対象とする。

また，設置許可基準規則第 43 条（重大事故等対処設備）における可搬型重大事故等対処設備の接続口，保管場所及び機能保持に対する要求事項を満足するため，可搬型重大事故等対処設備についても津波防護の対象とする。

ただし，次の(a)及び(b)に示す施設については，津波防護の対象外とする。

(a) 大津波警報発表時にはあらかじめ原子炉停止操作をすることから，設置許可基準規則第 44 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）のうち，ほう酸水の注入による未臨界維持機能を有する設備については，津波防護の対象外とする。なお，ほう酸水注入系のうち，重大事故等の進展抑制のためにほう酸水貯蔵タンクの保有水を注水する機能を有する設備については，津波防護の対象とする。

(b) 非常用海水ポンプについては，敷地に遡上する津波の浸水により機能喪失することを前提としていることから，津波防護の対象としない。また，非常用海水ポンプの機能喪失の影響を受ける施設のうち，高压炉心スプレイ系及び非常用電源設備については，重大事故等対処施設である高压代替注水系及び常設代替高压電源装置によって代替可能なため，津波防護の対象外とする。

敷地に遡上する津波に対する防護対象設備（非常用取水設備を除く。）を内包する建屋及び区画として，原子炉建屋，常設代替高压電源装置置場，常設代替高压電源装置用カルバート，排気筒，緊急時対策所建屋，可搬型重大事故等対処設備保管場所（西側），可搬型重大事故等対処設備保管場所（南側），格納容器圧力逃がし装置格納槽，常設低压代替注水系格納槽及び緊急用海水ポンプピットを設定する。

(3) 津波防護対象設備の選定結果

「(1) 基準津波に対する津波防護対象設備の選定」及び「(2) 敷地に遡上する津波に対する防護対象設備の選定」において選定した設計基準対象施設の津波防護対象設備，重大事故等対処施設の津波防護対象設備及び敷地に遡上する津波に対する防護対象設備（以下，こ

れらをまとめて「津波防護対象設備」という。)並びに設計基準対象施設の津波防護対象設備(非常用取水設備を除く。)を内包する建屋及び区画, 重大事故等対処施設の津波防護対象設備(非常用取水設備を除く。)を内包する建屋及び区画及び敷地に遡上する津波に対する防護対象設備を内包する建屋及び区画(以下, これらをまとめて「津波防護対象設備を内包する建屋及び区画」という。)を以下に示す。

津波防護対象設備を内包する建屋及び区画の一覧を表 2.1-1, その配置を図 2.1-1 に示す。また, 具体的な津波防護対象設備のリストを表 2.1-2, その配置を図 2.1-2 に示す。

表 2.1-1 津波防護対象設備を内包する建屋及び区画の一覧

津波防護対象設備	基準津波		敷地に遡上する津波
	設計基準対象施設	重大事故等対処施設	重大事故等対処設備
海水ポンプ室	○	○	
原子炉建屋	○	○	○
タービン建屋	○		
使用済燃料乾式貯蔵建屋	○		
常設代替高圧電源装置	○	○	○
常設代替高圧電源装置用カルバート	○	○	○
排気筒	○	○	○
非常用海水系配管	○	○	
緊急時対策所建屋		○	○
可搬型重大事故等対処設備保管場所（西側）		○	○
可搬型重大事故等対処設備保管場所（南側）		○	○
格納容器圧力逃がし装置格納槽		○	○
常設低圧代替注水系格納槽		○	○
非常用取水設備のうち，S A用海水ピット取水塔，海水引込み管，S A用海水ピット，緊急用海水取水管及び緊急用海水ポンプピット		○	○
原子炉建屋東側接続口		○	○
原子炉建屋西側接続口		○	○



図 2.1-1 津波防護対象設備を内包する建屋及び区画の配置

表2.1-2 主な津波防護対象設備リスト (1/14)

機器名称	設置場所	設置フロア (EL.)	図示 番号	基準津波		敷地に遡上 する津波	備考
				設計基準 対象施設	重大事故等 対処施設		
1. 原子炉本体							
原子炉圧力容器	原子炉格納容器	—	1-1	○	○	○	
2. 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設							
(1) 燃料取扱設備							
燃料取替機	原子炉建屋	46.5m	2-1	○			
原子炉建屋クレーン	原子炉建屋	46.5m	2-2	○			
使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーン	使用済燃料乾式 貯蔵建屋	17.8m	2-3	○			
(2) 新燃料貯蔵設備							
新燃料貯蔵設備 (新燃料貯蔵庫)	原子炉建屋	46.5m	2-4	○			
新燃料貯蔵ラック	原子炉建屋	46.5m	2-5	○			
(3) 使用済燃料貯蔵設備							
使用済燃料貯蔵プール	原子炉建屋	46.5m	2-6	○	○	○	
使用済燃料貯蔵ラック	原子炉建屋	46.5m	2-7	○			
使用済燃料乾式貯蔵容器	使用済燃料乾式 貯蔵建屋	8.3m	2-8	○			
(4) 燃料プール冷却浄化系							
代替燃料プール冷却系ポンプ	原子炉建屋	29.0m	2-9		○	○	
代替燃料プール冷却系熱交換器	原子炉建屋	29.0m	2-10		○	○	
燃料プール冷却浄化設備 主配管	原子炉建屋	—	—	○	○	○	燃料プール冷却浄化系
燃料プール冷却浄化設備 主配管	原子炉建屋	—	—		○	○	代替燃料プール冷却系

表2.1-2 主な津波防護対象設備リスト (2/14)

機器名称	設置場所	設置フロア (EL.)	図示 番号	基準津波		敷地に遡上 する津波	備考
				設計基準 対象施設	重大事故等 対処施設		
3. 原子炉冷却系統施設							
(1) 原子炉冷却材の再循環設備							
再循環系ポンプ	原子炉格納容器	20.3m	3-1	○			
原子炉冷却材の再循環設備 主配管	原子炉格納容器	—	—	○	○	○	
(2) 原子炉冷却材の循環設備							
主蒸気逃がし安全弁	原子炉格納容器	20.3m	3-2	○	○	○	
主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ	原子炉格納容器	20.3m	3-3	○			
主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ	原子炉格納容器	20.3m	3-4	○	○	○	
原子炉冷却材の循環設備 主要弁	原子炉格納容器 原子炉建屋	—	—	○	○	○	主蒸気系 復水給水系
原子炉冷却材の循環設備 主配管	原子炉格納容器 原子炉建屋 タービン建屋	—	—	○	○	○	主蒸気系 復水給水系
(3) 残留熱除去設備							
残留熱除去系熱交換器	原子炉建屋	2.0m	3-5	○	○	○	
残留熱除去系ポンプ	原子炉建屋	-4.0m	3-6	○	○	○	
残留熱除去系ストレーナ	原子炉格納容器	-4.0m	3-7	○	○	○	
残留熱除去設備 主要弁	原子炉格納容器 原子炉建屋	—	—	○	○	○	残留熱除去系
残留熱除去設備 主配管	原子炉格納容器 原子炉建屋 屋外	—	—	○	○	○	残留熱除去系

表 2.1-2 主な津波防護対象設備リスト (3/14)

機器名称	設置場所	設置フロア (EL.)	図示 番号	基準津波		敷地に遡上 する津波	備考
				設計基準 対象設備	重大事故等 対処設備		
(4) 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備							
高圧炉心スプレイ系ポンプ	原子炉建屋	-4.0m	3-8	○	○		
高圧炉心スプレイ系ストレーナ	原子炉格納容器	-4.0m	3-9	○	○	○	
常設高圧代替注水ポンプ	原子炉建屋	-4.0m	3-10		○	○	
低圧炉心スプレイ系ポンプ	原子炉建屋	-4.0m	3-11	○	○	○	
低圧炉心スプレイ系ストレーナ	原子炉格納容器	-4.9m	3-12	○	○	○	
常設低圧代替注水系ポンプ	常設低圧代替注 水系格納槽	—	3-13		○	○	
可搬型代替注水中型ポンプ	可搬型重大事故 等対処設備置場	—	3-14		○	○	
可搬型代替注水大型ポンプ	可搬型重大事故 等対処設備置場	—	3-15		○	○	
代替循環冷却系ポンプ	原子炉建屋	-4.0m	3-16		○	○	
代替淡水貯槽	低圧代替注水系 格納槽	—	3-17		○	○	
西側淡水貯水設備	常設代替高圧電 源装置置場	—	3-18		○	○	
非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備 主要弁	原子炉格納容器 原子炉建屋	—	—	○	○	○	高圧炉心スプレイ系 低圧炉心スプレイ系 (低圧炉心注水系)
非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備 主要弁	原子炉建屋 低圧代替注水系 格納槽	—	—		○	○	常設高圧代替注水系 常設低圧代替注水系 代替循環冷却系

表 2.1-2 主な津波防護対象設備リスト (4/14)

機器名称	設置場所	設置フロア (EL.)	図示 番号	基準津波		敷地に遡上 する津波	備考
				設計基準 対象設備	重大事故等 対処設備		
非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備 主配管	原子炉格納容器 原子炉建屋	—	—	○	○	○	高压炉心スプレイ系 低压炉心スプレイ系 (低压炉心注水系)
非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備 主配管	原子炉建屋	—	—		○	○	常設高压代替注水系 常設低压代替注水系 代替循環冷却系
非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備 主配管	屋外	—	3-19		○	○	原子炉建屋東側接続口
非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備 主配管	屋外	—	3-20		○	○	原子炉建屋西側接続口
非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備 主配管	常設代替高压電 源装置置場	—	3-21		○	○	高所東側接続口
非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備 主配管	常設代替高压電 源装置置場	—	3-22		○	○	高所西側接続口
(5) 原子炉冷却材補給設備							
原子炉隔離時冷却系ポンプ (蒸気タービン含む)	原子炉建屋	-4.0m	3-23	○	○	○	
原子炉隔離時冷却系ストレーナ	原子炉格納容器	-4.0m	3-24	○	○	○	
原子炉冷却材補給設備 主要弁	原子炉格納容器 原子炉建屋	—	—	○	○	○	原子炉隔離時冷却系
原子炉冷却材補給設備 主配管	原子炉格納容器 原子炉建屋	—	—	○	○	○	原子炉隔離時冷却系
(6) 原子炉補機冷却設備							
残留熱除去系海水系ポンプ	海水ポンプ室	0.8m	3-25	○	○		
残留熱除去系海水系ストレーナ	海水ポンプ室	0.8m	3-26	○	○		
緊急用海水ポンプ	緊急用海水ポン プピット	—	3-27		○	○	

表 2.1-2 主な津波防護対象設備リスト (5/14)

機器名称	設置場所	設置フロア (EL.)	図示 番号	基準津波		敷地に遡上 する津波	備考
				設計基準 対象設備	重大事故等 対処設備		
緊急用海水系ストレーナ	緊急用海水ポン プピット	—	3-28		○	○	
原子炉補機冷却設備 主要弁	原子炉建屋	—	—	○	○	○	原子炉補機冷却系
原子炉補機冷却設備 主要弁	緊急用海水ポン プピット 原子炉建屋	—	—		○	○	緊急用海水系
原子炉補機冷却設備 主配管	原子炉格納容器 原子炉建屋	—	—	○	○	○	原子炉補機冷却系
原子炉補機冷却設備 主配管	屋外 海水ポンプ室	—	—	○	○		残留熱除去系海水系
原子炉補機冷却設備 主配管	原子炉建屋	—	—	○	○	○	残留熱除去系海水系
原子炉補機冷却設備 主配管	緊急用海水ポン プピット 原子炉建屋	—	—		○	○	緊急用海水系
(7) 原子炉冷却材浄化設備							
原子炉冷却材浄化系再生熱交換器	原子炉建屋	29.0m	3-29	○			
原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器	原子炉建屋	29.0m	3-30	○			
原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器	原子炉建屋	38.8m	3-31	○			
原子炉冷却材浄化系循環ポンプ	原子炉建屋	14.0m	3-32	○			
原子炉冷却材浄化設備 主要弁	原子炉格納容器 原子炉建屋	—	—	○	○	○	原子炉冷却材浄化系
原子炉冷却材浄化設備 主配管	原子炉格納容器 原子炉建屋	—	—	○	○	○	

表 2.1-2 主な津波防護対象設備リスト (6/14)

機器名称	設置場所	設置フロア (EL.)	図示 番号	基準津波		敷地に遡上 する津波	備考
				設計基準 対象施設	重大事故等 対処施設		
4. 計測制御系統施設							
(1) 制御材							
制御棒	原子炉格納容器	—	—	○	○	○	
(2) 制御材駆動装置							
制御棒駆動機構	原子炉格納容器	14.0m	4-1	○	○	○	
制御棒駆動水圧系制御ユニット	原子炉建屋	20.3m	4-2	○	○	○	
制御材駆動装置 主要弁	原子炉建屋	—	—	○	○	○	制御棒駆動水圧系
制御材駆動装置 主配管	原子炉格納容器 原子炉建屋	—	—	○	○	○	制御棒駆動水圧系
(3) ほう酸水注入設備							
ほう酸水注入ポンプ	原子炉建屋	38.8m	4-3	○	○	○	
ほう酸水貯蔵タンク	原子炉建屋	38.8m	4-4	○	○	○	
ほう酸水注入設備 主要弁	原子炉格納容器 原子炉建屋	—	—	○	○	○	ほう酸水注水系
ほう酸水注入設備 主配管	原子炉格納容器 原子炉建屋	—	—	○	○	○	ほう酸水注水系
(4) 計測装置							
起動領域計装	原子炉格納容器	—	—	○	○	○	
平均出力領域計装	原子炉格納容器	—	—	○	○	○	
水平方向地震加速度検出器 鉛直方向地震加速度検出器	原子炉建屋	-4.0m 29.0m 46.5m	4-5	○			

表 2.1-2 主な津波防護対象設備リスト (7/14)

機器名称	設置場所	設置フロア (EL.)	図示 番号	基準津波		敷地に遡上 する津波	備考
				設計基準 対象施設	重大事故等 対処施設		
緊急時炉心冷却系操作盤	原子炉建屋	18.0m	4-6	○	○	○	
原子炉制御操作盤	原子炉建屋	18.0m	4-7	○	○	○	
移動式炉内計装操作盤	原子炉建屋	18.0m	4-8	○			
出力領域モニタ計装盤	原子炉建屋	18.0m	4-9	○	○	○	
プロセス計装盤	原子炉建屋	18.0m	4-10	○			
漏えい検出系操作盤	原子炉建屋	18.0m	4-11	○			
プロセス放射線モニタ, 起動時領域モニタ操作盤	原子炉建屋	18.0m	4-12	○	○	○	
格納容器雰囲気監視系操作盤	原子炉建屋	18.0m	4-13	○	○	○	
サブプレッションプール温度記録計盤	原子炉建屋	18.0m	4-14	○	○	○	
原子炉保護系トリップユニット盤	原子炉建屋	18.0m	4-15	○	○	○	
緊急時炉心冷却系トリップユニット盤	原子炉建屋	18.0m	4-16	○	○	○	
高圧炉心スプレイ系トリップユニット盤	原子炉建屋	18.0m	4-17	○	○		
所内電気操作盤	原子炉建屋	18.0m	4-18	○			
窒素置換-空調換気制御盤	原子炉建屋	18.0m	4-19	○			
非常用ガス処理系, 非常用ガス循環系操作盤	原子炉建屋	18.0m	4-20	○	○	○	
可燃性ガス濃度制御盤	原子炉建屋	18.0m	4-21	○			
原子炉遠隔停止操作盤	原子炉建屋	2.0m	4-22	○	○	○	
非常用ディーゼル発電機操作盤	原子炉建屋	2.0m	4-23	○	○		
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機操作盤	原子炉建屋	2.0m	4-24	○	○		

表 2.1-2 主な津波防護対象設備リスト (8/14)

機器名称	設置場所	設置フロア (EL.)	図示 番号	基準津波		敷地に遡上 する津波	備考
				設計基準 対象施設	重大事故等 対処施設		
原子炉隔離時冷却系タービン制御盤	原子炉建屋	2.0m	4-25	○	○	○	
ほう酸水注入ポンプ操作盤	原子炉建屋	38.8m	4-26	○	○	○	
原子炉保護系M-Gセット制御盤	原子炉建屋	8.2m	4-27	○			
原子炉水位, 圧力計装ラック	原子炉建屋	20.3m	4-28	○	○	○	
ジェットポンプループ計装ラック	原子炉建屋	14.0m	4-29	○			
原子炉再循環系計装ラック	原子炉建屋	14.0m	4-30	○			
主蒸気流量計装ラック	原子炉建屋	14.0m	4-31	○			
残留熱除去系DIV-I計装ラック	原子炉建屋	2.0m	4-32	○	○	○	
残留熱除去系DIV-II計装ラック	原子炉建屋	2.0m	4-33	○	○	○	
高圧炉心スプレイ系DIV-III計装ラック	原子炉建屋	2.0m	4-34	○	○		
低圧炉心スプレイ系計装ラック	原子炉建屋	2.0m	4-35	○	○		
原子炉隔離時冷却系DIV-I計装ラック	原子炉建屋	2.0m	4-36	○	○	○	
原子炉隔離時冷却系DIV-II計装ラック	原子炉建屋	2.0m	4-37	○	○	○	
非常用ガス再循環処理系計装ラック	原子炉建屋	38.8m	4-38	○	○	○	
非常用ガス処理系計装ラック	原子炉建屋	38.8m	4-39	○	○	○	
格納容器雰囲気監視系モニタラック	原子炉建屋	20.3m 29.0m	4-40	○	○	○	
非常用ディーゼル発電機・機関計装ラック	原子炉建屋	2.0m	4-41	○	○		
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機・機関計装ラック	原子炉建屋	2.0m	4-42	○	○		

表 2.1-2 主な津波防護対象設備リスト (9/14)

機器名称	設置場所	設置フロア (EL.)	図示 番号	基準津波		敷地に遡上 する津波	備考
				設計基準 対象施設	重大事故等 対処施設		
スクラム・ディスチャージ・ボリューム水位	原子炉建屋	—	—	○			
サブプレッションプール水温度	原子炉格納容器	—	—	○	○	○	
A TWS 緩和設備	原子炉建屋	—	—		○	○	
使用済燃料プール水位・温度 (SA広域)	原子炉建屋	—	—		○	○	
使用済燃料プール温度	原子炉建屋	—	—	○	○	○	
(5) 制御用空気設備							
非常用窒素供給系高圧窒素ポンペ	原子炉建屋	20.3m	4-43		○	○	
制御用空気設備 主配管	原子炉格納容器 原子炉建屋	—	—		○	○	
5. 放射性廃棄物の廃棄施設							
主排気筒	屋外	8.0m	5-1	○	○	○	
非常用ガス処理系排気筒	屋外	8.0m	5-2	○	○	○	
排ガス活性炭ベッド	原子炉建屋	20.3m	5-3	○			
放射性廃棄物の廃棄設備 主要弁	原子炉建屋	—	—	○	○	○	液体廃棄物処理系
放射性廃棄物の廃棄設備 主配管	原子炉建屋	—	—	○	○	○	液体廃棄物処理系
6. 放射線管理施設							
(1) 放射線管理用計測装置							
主蒸気管放射線モニタ	原子炉建屋	14.0m	6-1	○			
格納容器雰囲気放射線モニタ	原子炉建屋	2.0m 20.3m	6-2	○	○	○	

表 2.1-2 主な津波防護対象設備リスト (10/14)

機器名称	設置場所	設置フロア (EL.)	図示 番号	基準津波		敷地に遡上 する津波	備考
				設計基準 対象施設	重大事故等 対処施設		
原子炉建屋換気系燃料取替床排気ダクト放射線モニタ	原子炉建屋	46.5m	6-3	○			
原子炉建屋換気系排気ダクト放射線モニタ	原子炉建屋	20.3m	6-4	○			
使用済燃料プールエリア放射線モニタ	原子炉建屋	46.5m	6-5		○	○	
フィルタ装置出口放射線モニタ	原子炉建屋	8.2m	6-6		○	○	
耐圧強化ベント系放射線モニタ	原子炉建屋 (外)	36m	6-7		○	○	
可搬型モニタリング・ポスト	緊急時対策所	—	6-8		○	○	
(2) 換気設備							
中央制御室換気系送風機	原子炉建屋	23.0m	6-9	○			
中央制御室換気系排風機	原子炉建屋	23.0m	6-10	○			
中央制御室換気系フィルタユニット	原子炉建屋	23.0m	6-11	○	○	○	
非常用ガス処理系排風機	原子炉建屋	38.8m	6-12	○	○	○	
非常用ガス再循環系排風機	原子炉建屋	38.8m	6-13	○	○	○	
非常用ガス処理系フィルタトレイン	原子炉建屋	38.8m	6-14	○	○	○	
非常用ガス再循環系フィルタトレイン	原子炉建屋	38.8m	6-15	○	○	○	
換気設備 主配管	原子炉建屋	—	—	○	○	○	非常用ガス処理系 非常用ガス再循環系
(3) 生体遮蔽装置							
1次遮蔽壁	原子炉建屋	—	6-16	○			
2次遮蔽壁	原子炉建屋	—	6-17	○			

表 2.1-2 主な津波防護対象設備リスト (11/14)

機器名称	設置場所	設置フロア (EL.)	図示 番号	基準津波		敷地に遡上 する津波	備考
				設計基準 対象施設	重大事故等 対処施設		
中央制御室遮蔽	原子炉建屋	—	6-18	○	○	○	
中央制御室待避室遮蔽	原子炉建屋	—	6-19		○	○	
緊急時対策所遮蔽	緊急時対策所建屋	—	6-20		○	○	
7. 原子炉格納施設							
(1) 原子炉格納容器							
原子炉格納容器	原子炉格納容器	—	—	○	○	○	
機器搬入用ハッチ	原子炉格納容器	2.0m 14.0m	7-1	○	○	○	
所員用エアロック	原子炉格納容器	14.0m	7-2	○	○	○	
配管貫通部	原子炉格納容器	—	—	○	○	○	
電気配線貫通部	原子炉格納容器	—	—	○	○	○	
(2) 原子炉建屋							
原子炉建屋 (原子炉棟)	原子炉建屋	—	—	○	○	○	
機器搬入用ハッチ	原子炉建屋	8.2m	7-3	○	○	○	
所員用エアロック	原子炉建屋	8.2m	7-4	○	○	○	
(3) 圧力低減設備その他の安全設備							
格納容器スプレイヘッダ (ドライウェル側)	原子炉格納容器	14.0m 29.0m	7-5	○	○	○	
格納容器スプレイヘッダ (サブプレッション・チェンバ側)	原子炉格納容器	8.2m	7-6	○	○	○	

表 2.1-2 主な津波防護対象設備リスト (12/14)

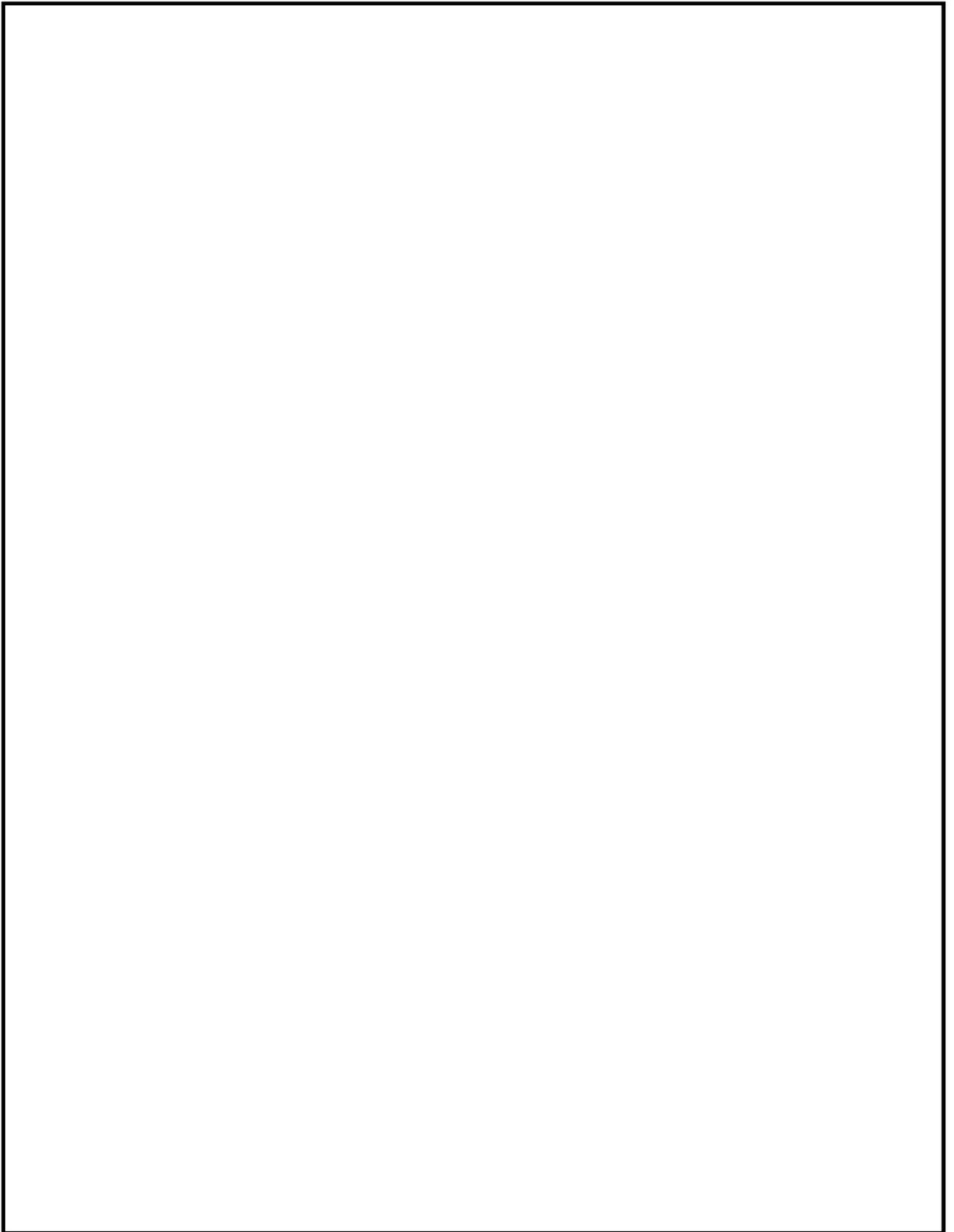
機器名称	設置場所	設置フロア (EL.)	図示 番号	基準津波		敷地に遡上 する津波	備考
				設計基準 対象施設	重大事故等 対処施設		
ダイヤフラムフロア	原子炉格納容器	14.0m	7-7	○			
ベント管	原子炉格納容器	—	—	○			
真空破壊装置	原子炉格納容器	2.0m	7-8	○			
格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置	格納容器圧力逃がし装置格納槽	—	7-9		○	○	
圧力低減設備その他の安全設備 主要弁	原子炉建屋	—	—	○	○	○	(格納容器スプレイ系)
圧力低減設備その他の安全設備 主要弁	格納容器圧力逃がし装置格納槽 原子炉格納容器 原子炉建屋	—	—		○	○	格納容器圧力逃がし装置
圧力低減設備その他の安全設備 主配管	原子炉格納容器 原子炉建屋	—	—	○	○	○	(格納容器スプレイ系)
圧力低減設備その他の安全設備 主配管	格納容器圧力逃がし装置格納槽 原子炉格納容器 原子炉建屋	—	—		○	○	格納容器圧力逃がし装置
(4) 可燃性ガス濃度制御系							
可燃性ガス濃度制御系再結合器	原子炉建屋	20.3m	7-10	○			
可燃性ガス濃度制御系プロア	原子炉建屋	20.3m	7-11	○			
可燃性ガス濃度制御系加熱器	原子炉建屋	20.3m	7-12	○			
可燃性ガス濃度制御系冷却器	原子炉建屋	20.3m	7-13	○			
可燃性ガス濃度制御系 主要弁	原子炉建屋	—	—	○			可燃性ガス濃度制御系 不活性ガス系

表 2.1-2 主な津波防護対象設備リスト (13/14)

機器名称	設置場所	設置フロア (EL.)	図示 番号	基準津波		敷地に遡上 する津波	備考
				設計基準 対象施設	重大事故等 対処施設		
可燃性ガス濃度制御系 主配管	原子炉建屋	—	—	○			可燃性ガス濃度制御系 不活性ガス系
8. その他発電用原子炉の附属施設							
(1) 非常用電源設備							
非常用ディーゼル発電装置発電機	原子炉建屋	2.0m	8-1	○	○		
非常用ディーゼル発電装置内燃機関	原子炉建屋	2.0m	8-2	○	○		
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電装置発電機	原子炉建屋	2.0m	8-3	○	○		
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電装置内燃機関	原子炉建屋	2.0m	8-4	○	○		
軽油貯蔵タンク	屋外	11.0m	8-5	○	○		
非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ	屋外	0.8m	8-6	○	○		
非常用ディーゼル発電機用海水ストレーナ	屋外	0.8m	8-7	○	○		
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ	屋外	0.8m	8-8	○	○		
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水用ストレーナ	屋外	0.8m	8-9	○	○		
常設代替高圧電源装置	常設代替高圧電 源装置置場	—	8-10		○	○	
メタルクラッド開閉装置 (非常用)	原子炉建屋	-4.0m 2.0m	8-11	○	○	○	
緊急用メタルクラッド開閉装置	常設代替高圧電 源装置置場	-4.0m	8-12		○	○	
高圧炉心スプレイ系メタルクラッド開閉装置	原子炉建屋	2.0m	8-13	○	○	○	

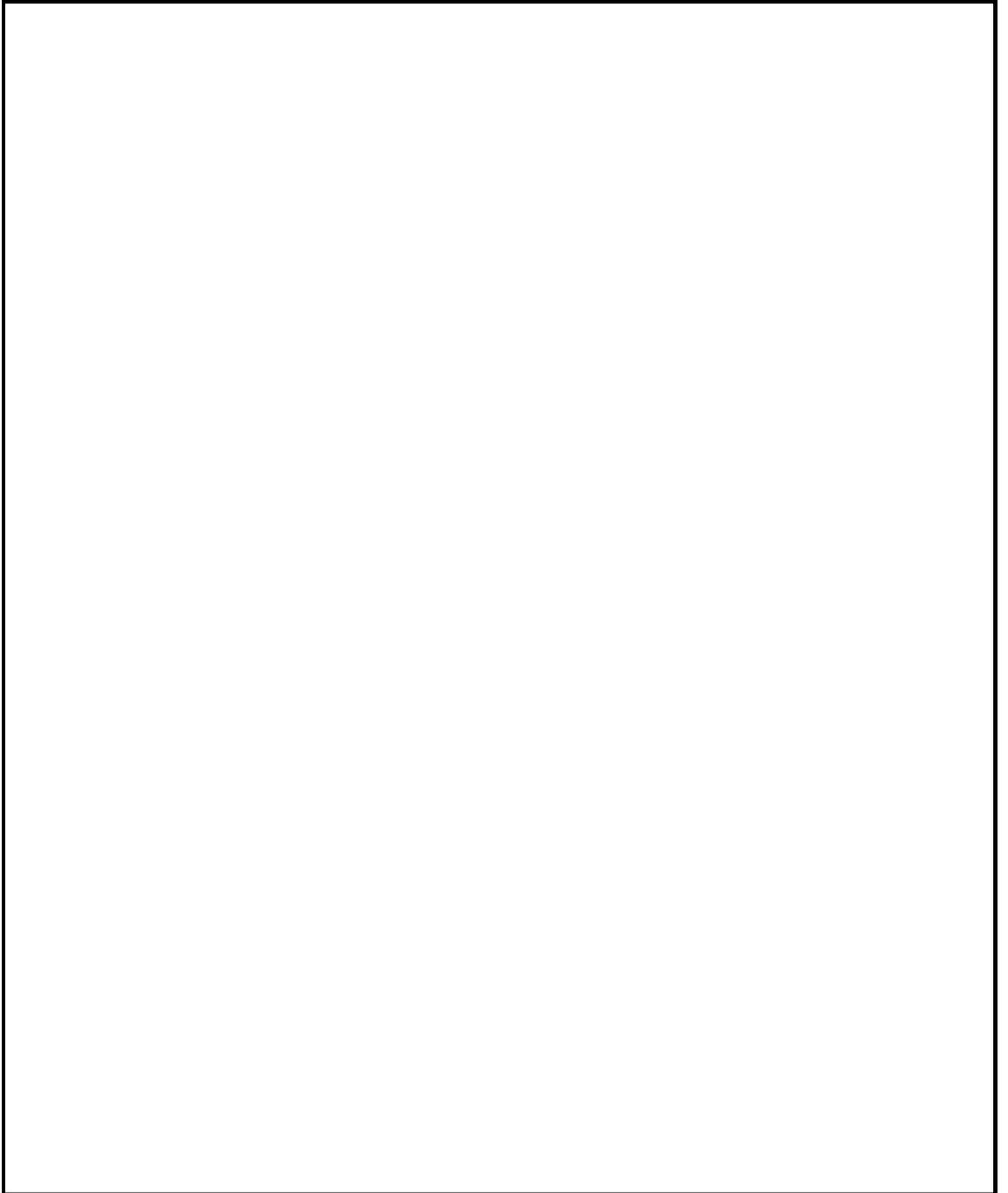
表 2.1-2 主な津波防護対象設備リスト (14/14)

機器名称	設置場所	設置フロア (EL.)	図示 番号	基準津波		敷地に遡上 する津波	備考
				設計基準 対象施設	重大事故等 対処施設		
パワーセンタ (非常用)	原子炉建屋	-4.0m 2.0m	8-14	○	○	○	
緊急用パワーセンタ	常設代替高压電 源装置置場	—	8-15		○	○	
直流125V蓄電池	原子炉建屋	8.2m	8-16	○	○	○	
直流高压炉心スプレイ系用蓄電池	原子炉建屋	10.3m	8-17	○	○		
±24V中性子モニタ用蓄電池	原子炉建屋	8.2m	8-18	○	○	○	
可搬型整流器	可搬型重大事故 等対処設備保管 場所	—	8-19		○	○	
緊急用125V系蓄電池	原子炉建屋	8.2m	8-20		○	○	
タンクローリ	可搬型重大事故 等対処設備保管 場所	—	8-21		○	○	
非常用発電設備 主配管	原子炉建屋 屋外	—	—	○	○		非常用ディーゼル発電機用海水系 高压炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水系



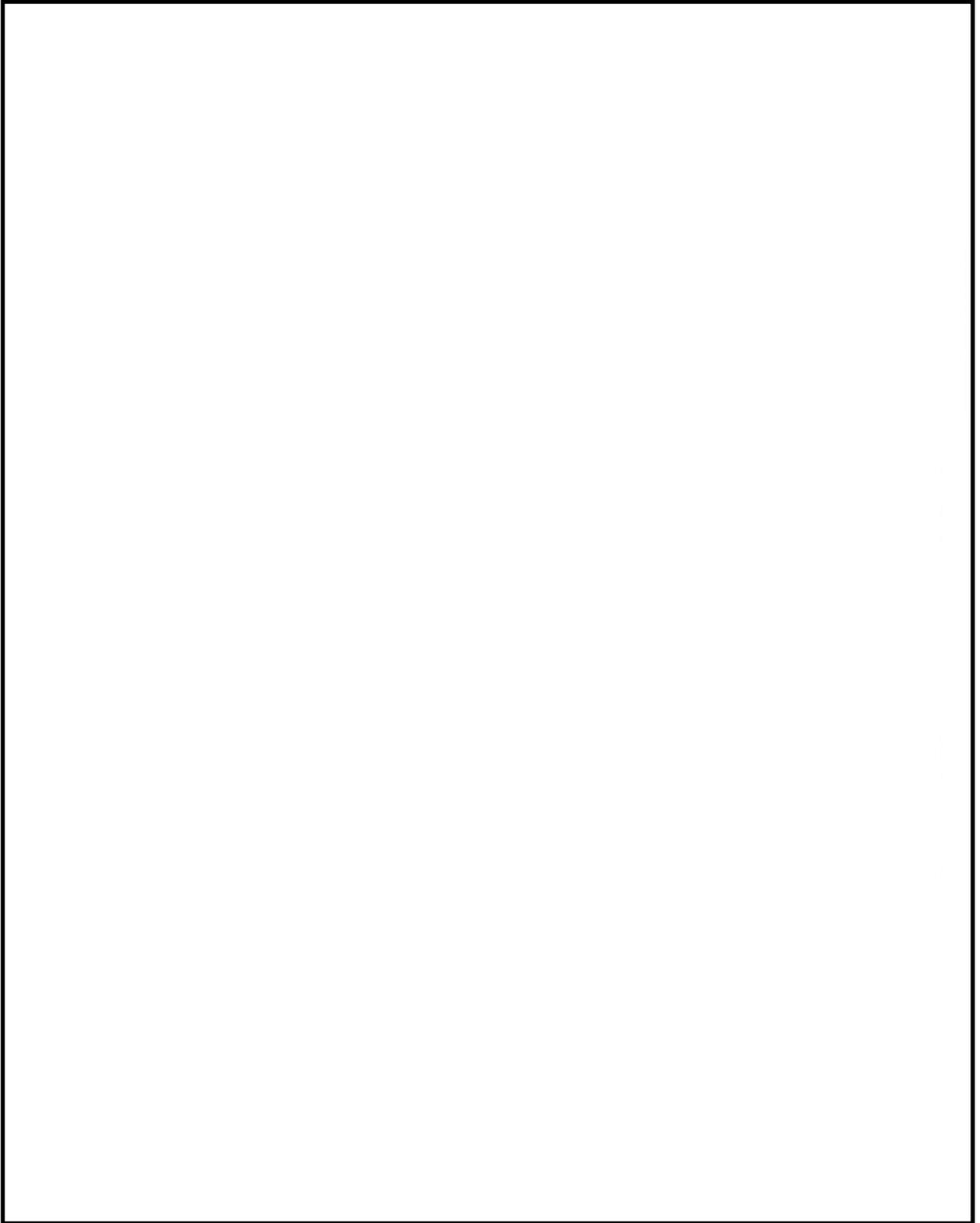
(原子炉建屋 EL. -4.0m)

図 2.1-2 主な津波防護対象設備の配置図 (1/9)



(原子炉建屋 EL. +2.0m)

図 2.1-2 主な津波防護対象設備の配置図 (2/9)



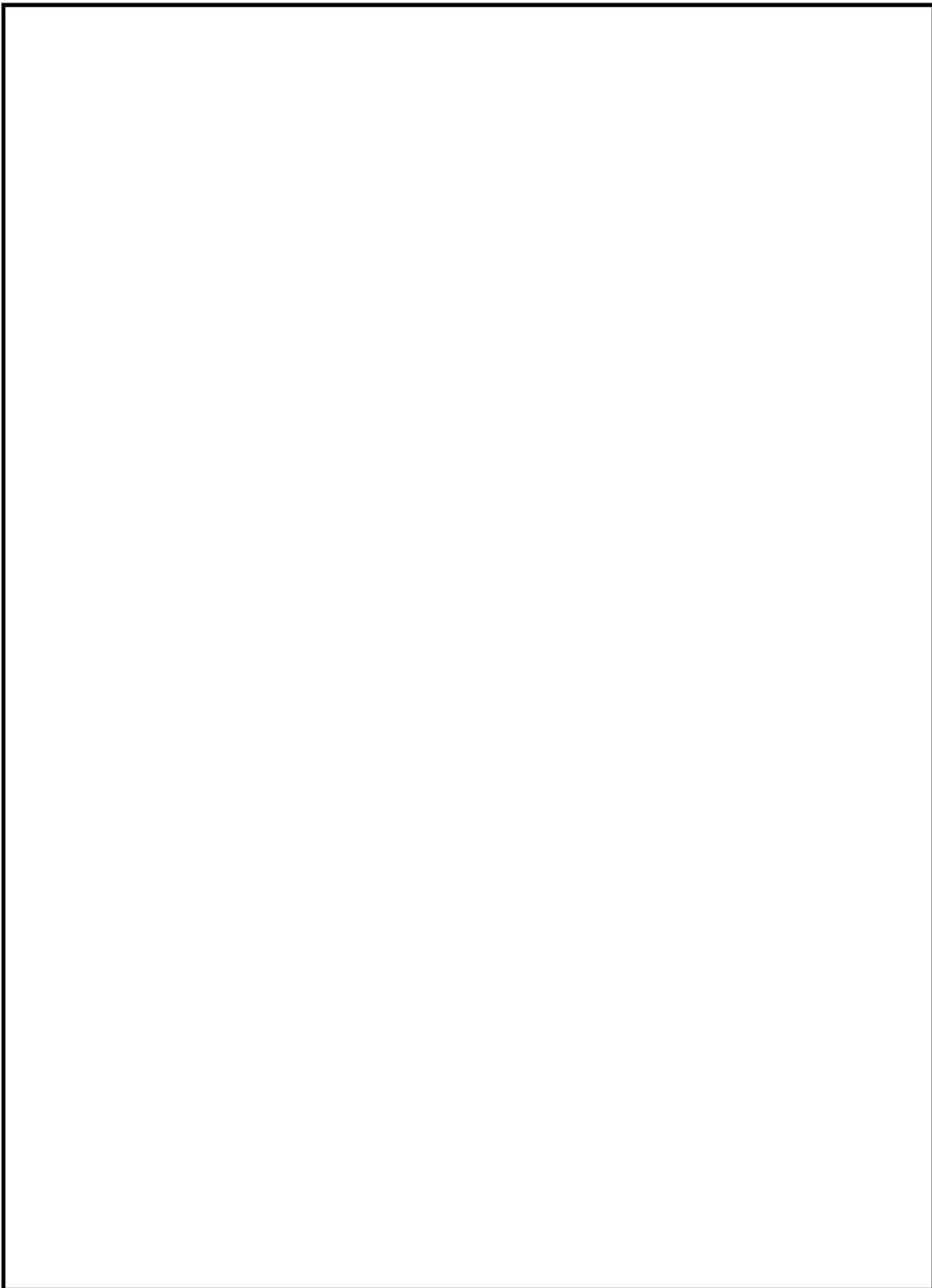
(原子炉建屋 EL. +8. 2m, EL. +10. 3m)

図 2.1-2 主な津波防護対象設備の配置図 (3/9)



(原子炉建屋 EL. +14.0m)

図 2.1-2 主な津波防護対象設備の配置図 (4/9)



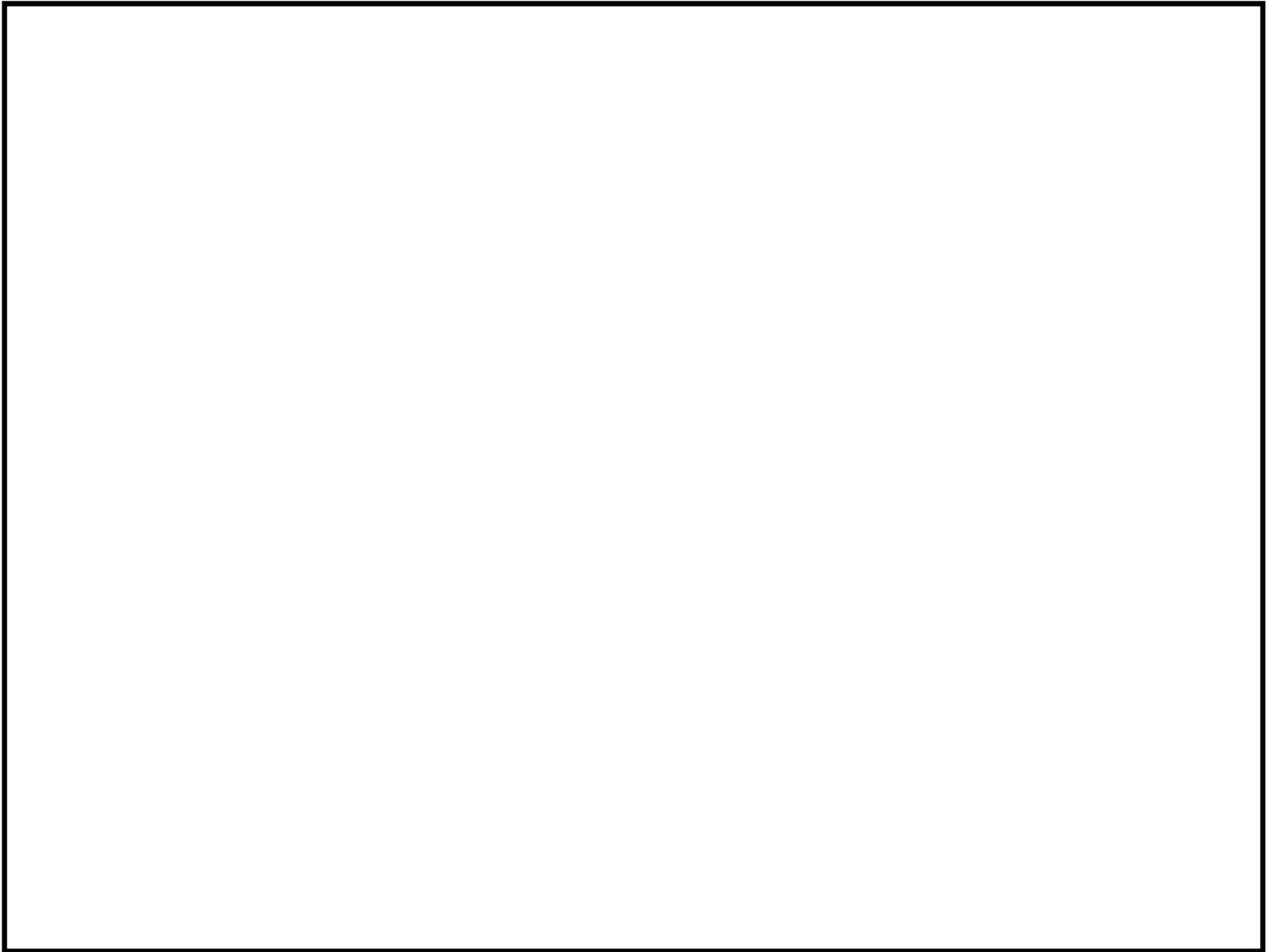
(原子炉建屋 EL. +18.0m, EL. +20.3m, EL. +23.0m)

図 2.1-2 主な津波防護対象設備の配置図 (5/9)



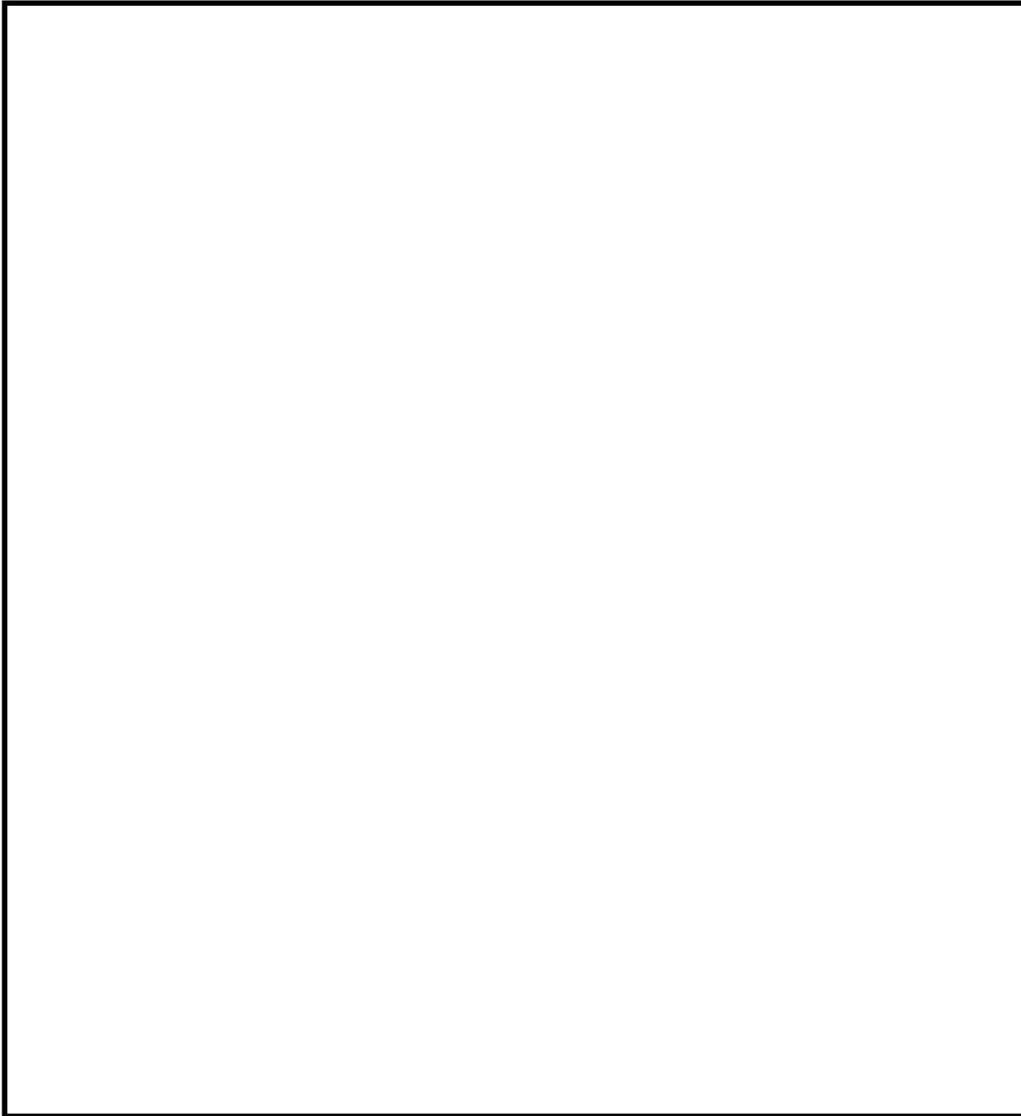
(原子炉建屋 EL. +29.0m)

図 2.1-2 主な津波防護対象設備の配置図 (6/9)



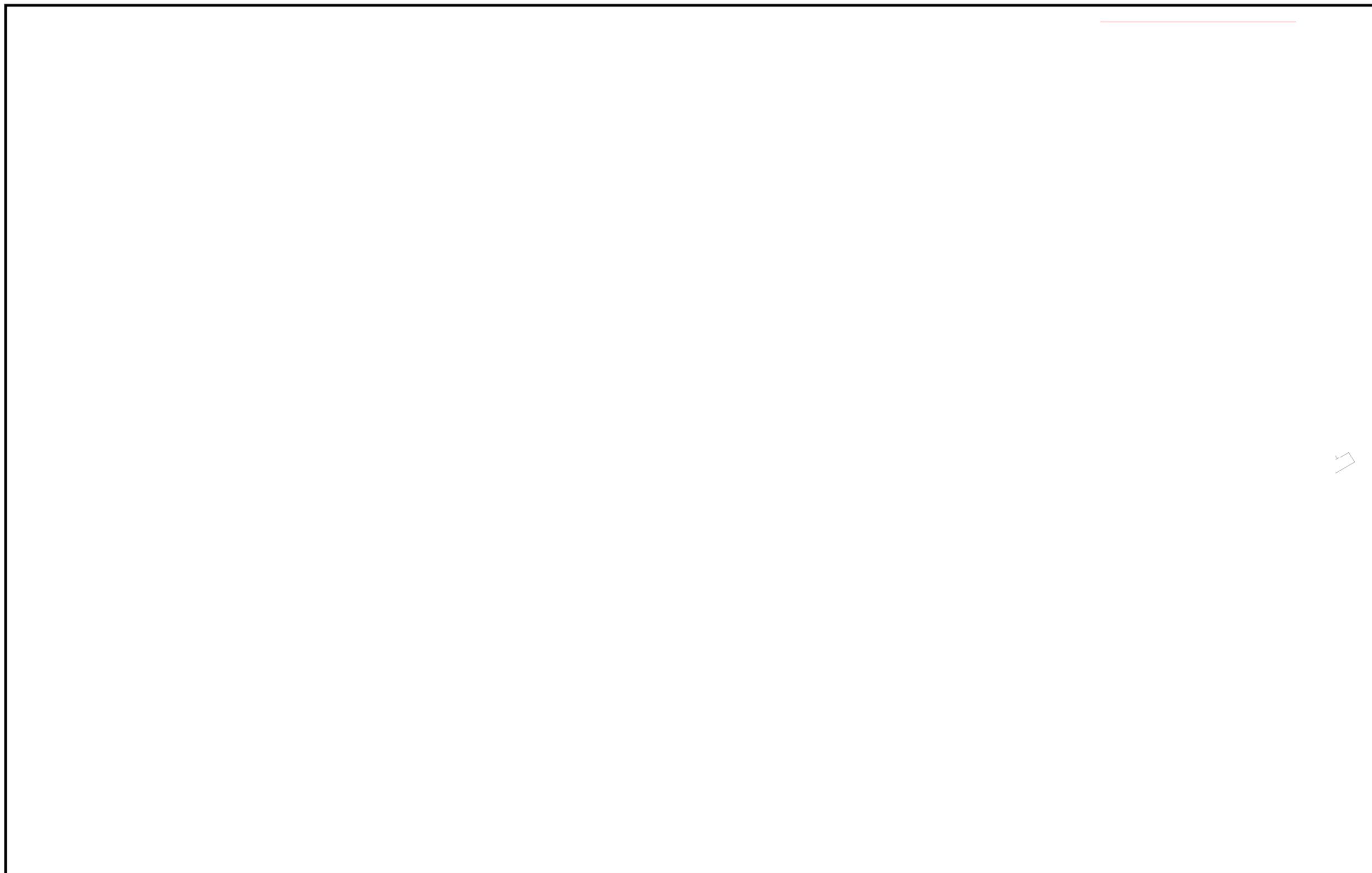
(原子炉建屋 EL. +38.8m)

図 2.1-2 主な津波防護対象設備の配置図 (7/9)



(原子炉建屋 EL. +46.5m)

図 2.1-2 主な津波防護対象設備の配置図 (8/9)



(屋外)

図 2.1-2 主な津波防護対象設備の配置図 (9/9)

3. 取水性に関する考慮事項

3.1 砂移動による影響評価

津波の二次的な影響による非常用海水冷却系の機能保持確認として、津波に伴う砂移動により、非常用海水冷却系の通水性が確保できること、浮遊砂の混入に対して海水ポンプが機能保持できることを確認する。

具体的には、残留熱除去系海水ポンプ、非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ（以下「非常用海水ポンプ」という。）を対象に、基準津波による砂移動に対して、取水口及び取水路の通水性が確保できること、非常用海水ポンプ及び非常用海水系が浮遊砂の混入に対して機能保持できること、非常用海水ポンプ軸受の浮遊砂に対する耐性を確認する。また、緊急用海水ポンプを対象に、敷地に遡上する津波に対して、SA用海水取水塔から緊急用海水ポンプピットまでの通水性が確保できること、緊急用海水ポンプ及び緊急用海水系が浮遊砂の混入に対して機能保持できること、緊急用海水ポンプ軸受の浮遊砂に対する耐性を確認する。

以下、3.1.1において非常用海水ポンプの砂移動による影響評価、3.1.2において緊急用海水ポンプの砂移動による影響評価を示す。

3.1.1 非常用海水ポンプの砂移動による影響評価

(1) 基準津波による砂移動評価における解析条件

砂移動評価における解析条件（粒径の違い、防波堤の有無、防潮堤設置ルートの変更）について、以下の影響評価を実施した。

- a. 防潮堤設置ルート変更前のモデルを用いた砂移動評価における粒径の違いによる堆積厚さへの影響評価
- b. 防潮堤設置ルート変更前のモデルを用いた防波堤をモデル化しない状態での堆積厚さへの影響評価
- c. a., b. の影響評価において堆積厚さが最大となった解析条件を用いた防潮堤設置ルート変更に伴う砂移動評価結果への影響評価

c. の影響評価の結果、取水口前面における砂の堆積厚さに変化はなく、また、堆積侵食分布図に有意な差異がないことを確認した。

よって、防潮堤設置ルート変更に伴う砂移動評価結果への影響はないことから、防潮堤設置ルート変更前のモデルで評価した結果（a. 及び b. の影響評価結果）を用いることは問題ないと考える。

影響評価結果を踏まえて設定した解析条件として、平均粒径、防波堤なし、防潮堤設置ルート変更後の砂移動評価を実施した結果、基準津波による取水口前面における砂の堆積厚さは、最大で 0.36m となった。

取水口の呑口下端高さは T.P. -6.04m である。これに対して、呑口前面の海底面高さは T.P. -6.89m であり、呑口下端高さは海底面高さより約 0.8m 高い位置にある。

以上のことから、基準津波による水位変動に伴う海底の砂の移動が取水口及び取水路の通水性に影響がないことを確認した。

また、上記の評価のほか、以下に示す評価を実施した。

d. 平均粒径よりも大きな粒径を有する砂の浮遊可能性評価

この結果、平均粒径よりも粒径が大きい砂ほど浮遊しにくいことを確認した。

以下に、a. ～d. の評価結果を示す。

a. 砂移動評価における粒径の違いによる堆積厚さへの影響評価

砂移動評価における粒径の違いによる堆積厚さへの影響を確認するため、粒径のパラメータスタディを実施した。

検討は、基本ケースである敷地周辺海域の平均粒径 0.15mm (D_{50}) に加えて、10%粒径 (D_{10}) 及び 90%粒径 (D_{90}) を粒径としたケースを追加した。検討ケースを表 3.1.1-1 に示す。各試料採取地点の粒径加積曲線から D_{10} 相当及び D_{90} 相当の粒径を求め、平均した結果、 D_{10} 相当は 0.10mm、 D_{90} 相当は 1.8mm に設定した。試料採取地点を図 3.1.1-1、各試料採取地点の粒径加積曲線を図 3.1.1-2 に示す。

砂移動評価は、基本ケースにおいて、堆積厚さが厚く評価された高橋他 (1999) の方法を用いた。取水口前面の砂の堆積厚さの評価結果を表 3.1.1-2、堆積侵食分布図を図 3.1.1-3 に示す。

図 3.1.1-3 から、粒径を変えることにより敷地周辺海域の砂の堆積厚さに変動はあるものの、いずれも取水口前面においては、基本ケースより最大堆積厚さが薄くなっており、粒径の違いによる取水口前面における堆積厚さへの影響は小さいことを確認した。

表 3.1.1-1 検討ケース

粒径	備考
0.15mm	D ₅₀ , 基本ケース
0.10mm	D ₁₀ 相当
1.8mm	D ₉₀ 相当

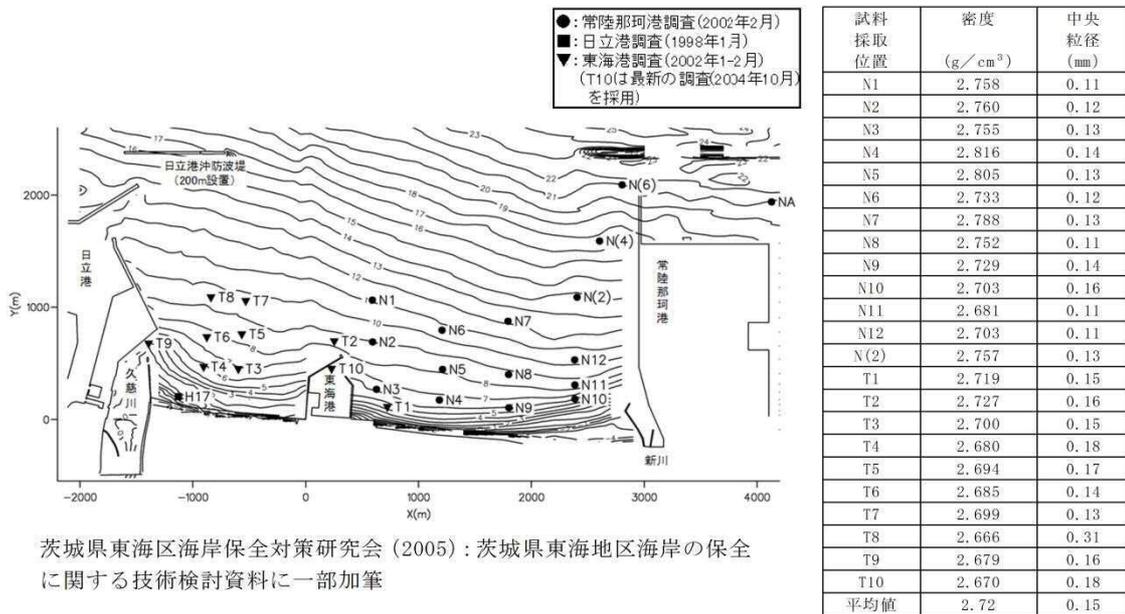


図 3.1.1-1 試料採取地点

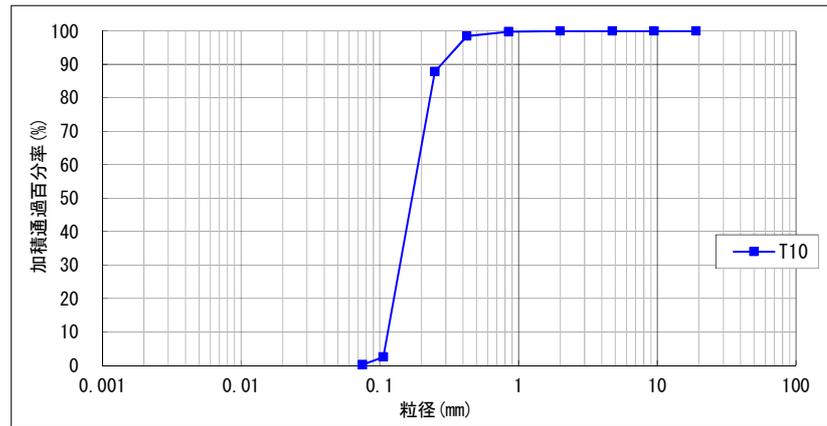


図 3.1.1-2(1) 粒径加積曲線 (2004年10月調査, T10)

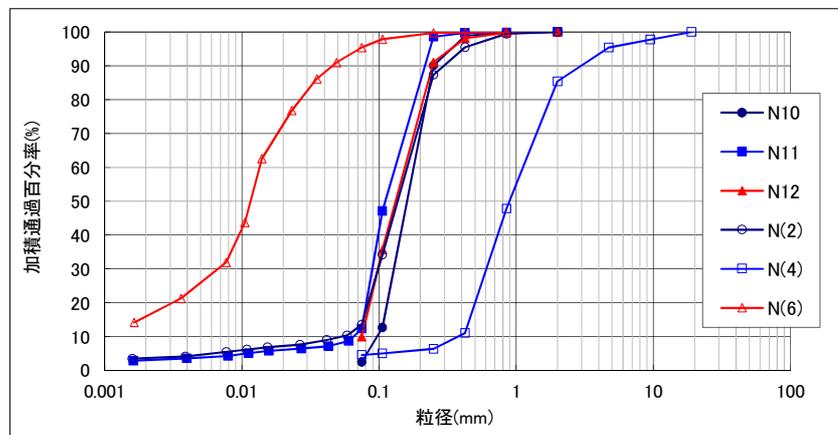


図 3.1.1-2(2) 粒径加積曲線 (2002年2月調査, N10/N11/N12/N(2)/N(4)/N(6))

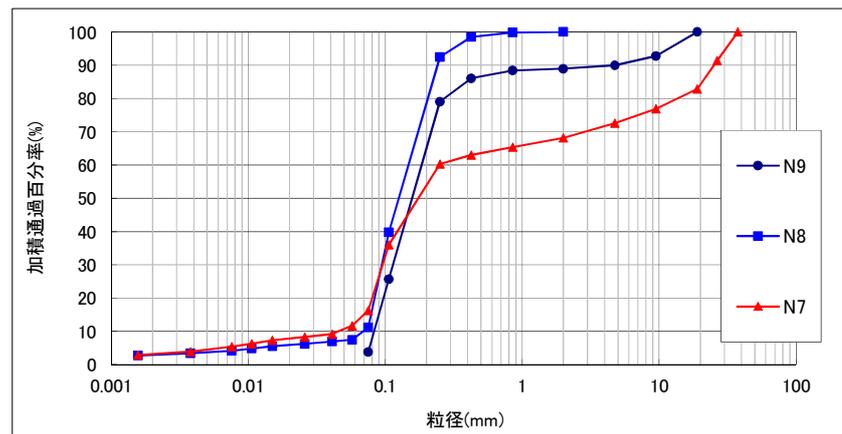


図 3.1.1-2(3) 粒径加積曲線 (2002年2月調査, N7/N8/N9)

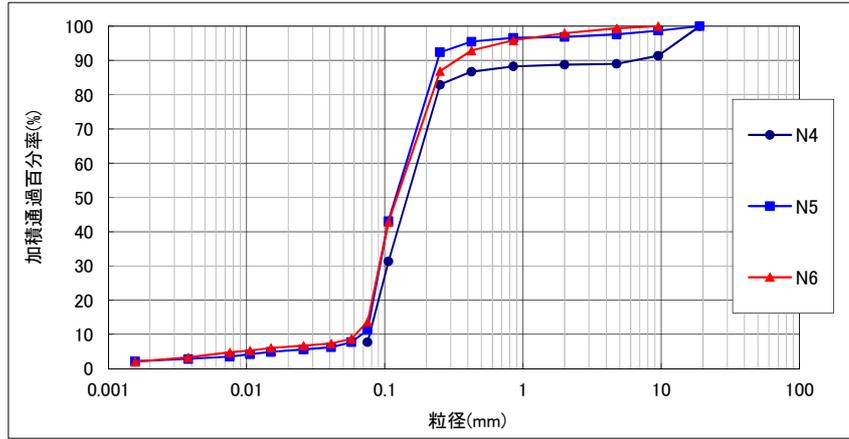


图 3.1.1-2 (4) 粒径加積曲線 (2002 年 2 月調查, N4/N5/N6)

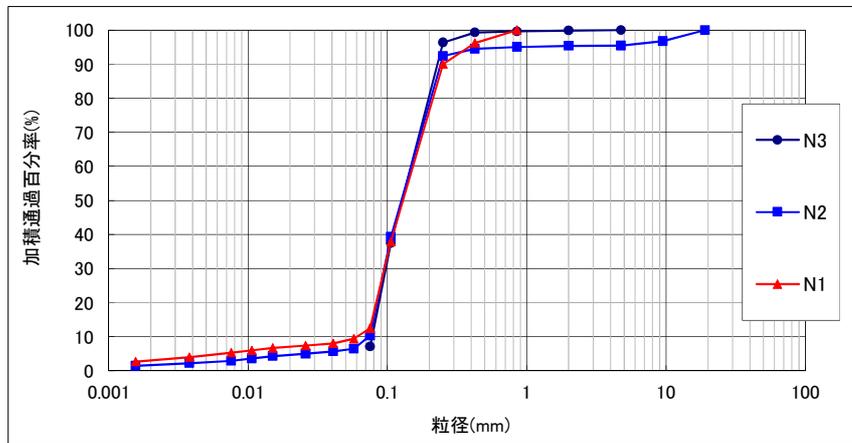


图 3.1.1-2 (5) 粒径加積曲線 (2002 年 2 月調查, N1/N2/N3)

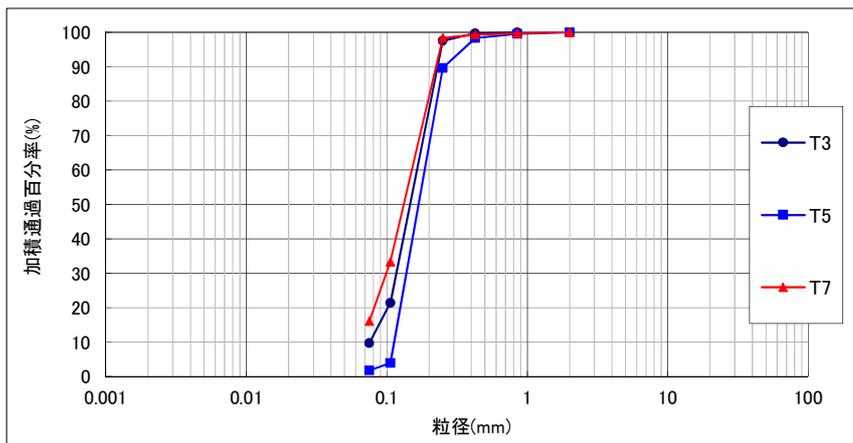


图 3.1.1-2 (6) 粒径加積曲線 (2002 年 1-2 月調查, T3/T5/T7)

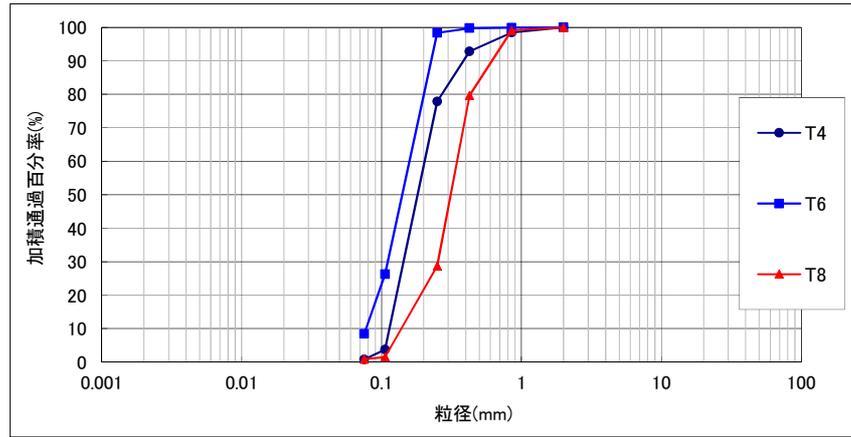


图 3.1.1-2 (7) 粒径加積曲線 (2002 年 1-2 月調查, T4/T6/T8)

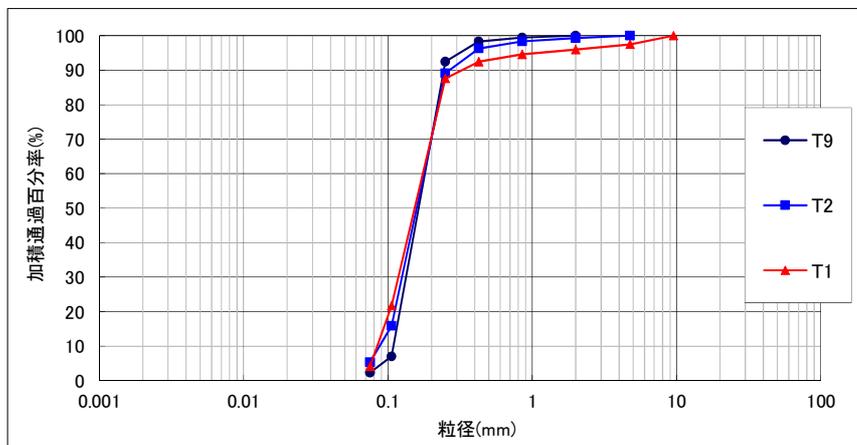


图 3.1.1-2 (8) 粒径加積曲線 (2002 年 1-2 月調查, T1/T2/T9)

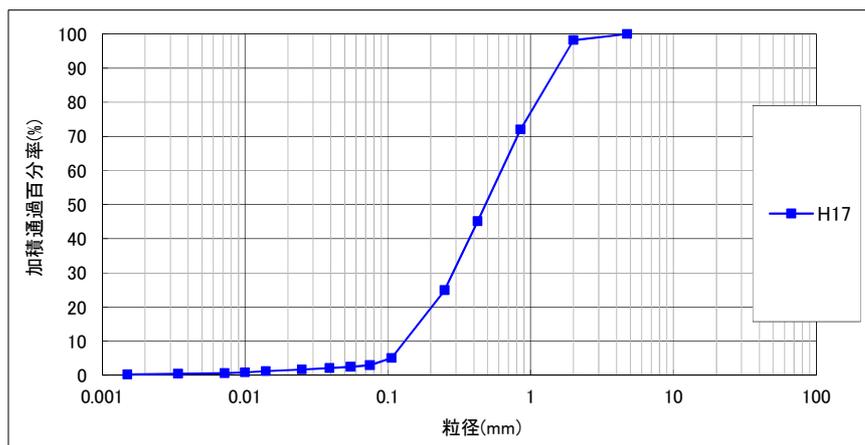


图 3.1.1-2 (9) 粒径加積曲線 (1998 年 1 月調查, H17)

表 3.1.1-2 取水口前面の砂の堆積厚さ

基準津波	粒径	取水口前面
上昇側	D ₅₀ 相当 (0.15mm)	0.33m
	D ₁₀ 相当 (0.10mm)	0.31m
	D ₉₀ 相当 (1.8mm)	0.13m
下降側	D ₅₀ 相当 (0.15mm)	0.19m
	D ₁₀ 相当 (0.10mm)	0.18m
	D ₉₀ 相当 (1.8mm)	0.02m

※高橋他 (1999), 浮遊砂上限濃度 1%

水位上昇側

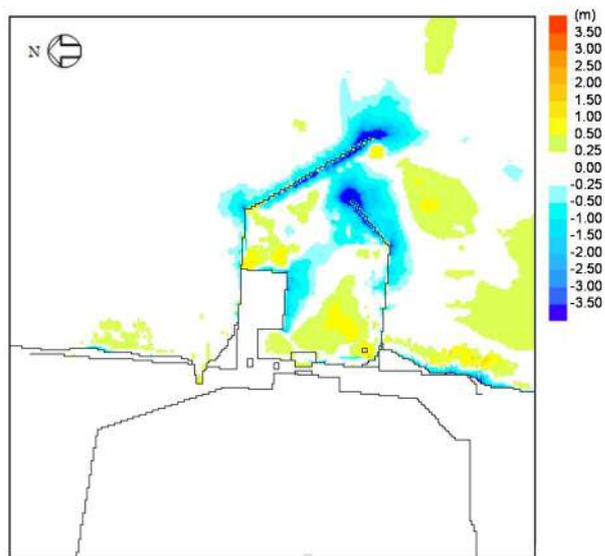


図 3.1.1-3 (1) 堆積侵食分布図 D₅₀ 相当 (0.15mm)

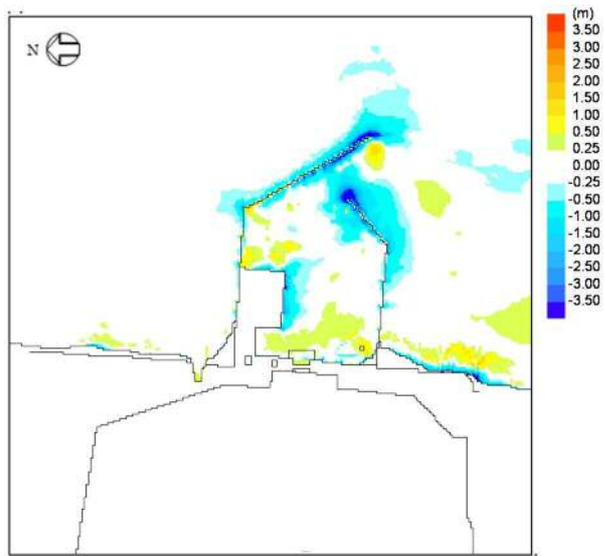


图 3.1.1-3 (2) 堆積侵食分布図 D_{10} 相当 (0.10mm)

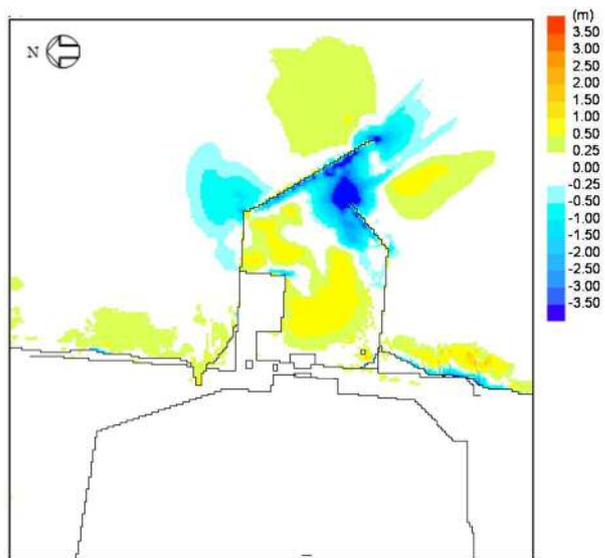


图 3.1.1-3 (3) 堆積侵食分布図 D_{90} 相当 (1.8mm)

水位下降側

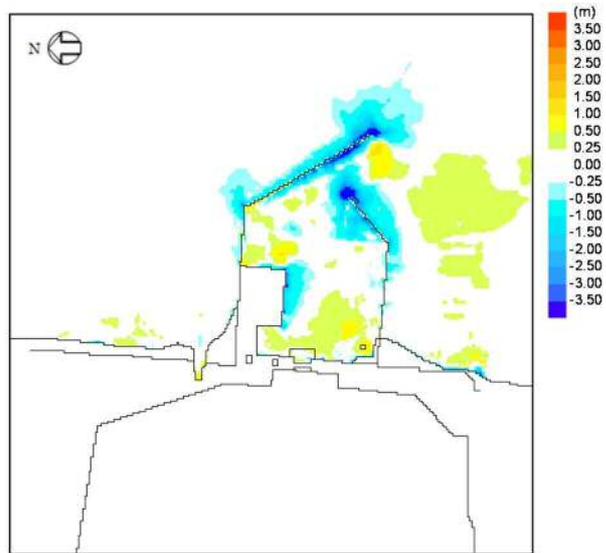


图 3.1.1-3 (4) 堆積侵食分布図 D_{50} 相当 (0.15mm)

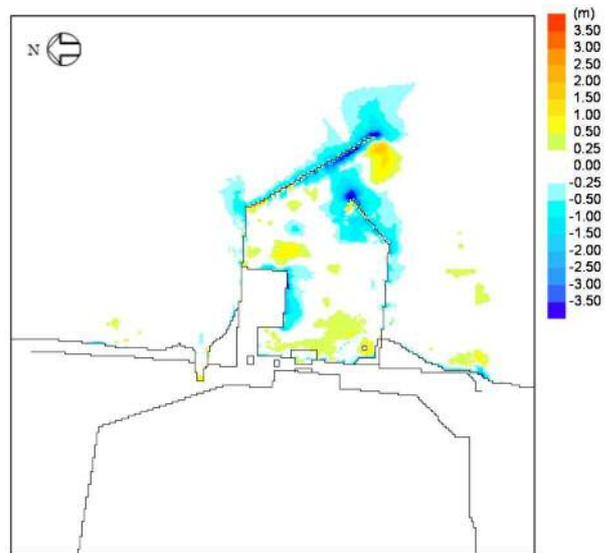


图 3.1.1-3 (5) 堆積侵食分布図 D_{10} 相当 (0.10mm)

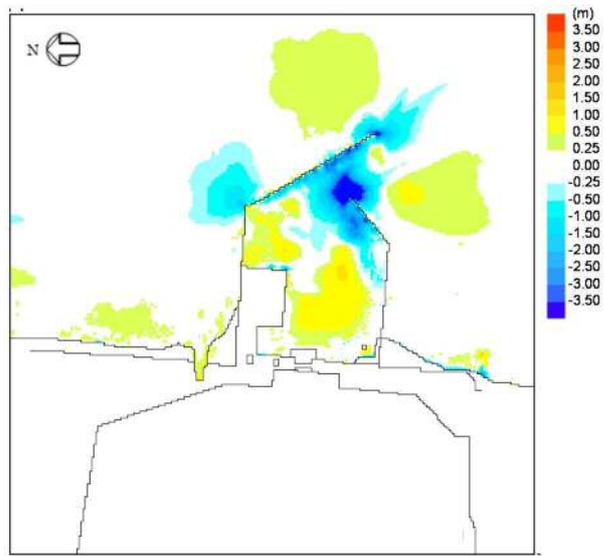


图 3.1.1-3 (6) 堆積侵食分布図 D_{90} 相当 (1.8mm)

b. 防波堤をモデル化しない状態での堆積厚さへの影響評価

砂移動評価においては、防波堤は健全な状態と仮定して解析を実施している。ここでは、影響評価として、地震時における防波堤の損傷を考慮して、保守的に防波堤をモデル化しない状態とした砂移動解析を実施し、取水口前面における堆積厚さへの影響を検討した。なお、解析条件は「a. 砂移動評価における粒径の違いによる堆積厚さへの影響評価」と同様に、高橋他(1999)、浮遊砂上限濃度 1%とし、平均粒径を用いて実施した。

取水口前面における堆積厚さの評価結果を表 3.1.1-3、防波堤の有無による堆積侵食分布図を図 3.1.1-4 に示す。図 3.1.1-4 から、防波堤の有無による敷地周辺海域の砂の堆積厚さの分布に変化があるものの、最大堆積厚さについては大差はなかった。しかし、取水口前面の最大堆積厚さについては防波堤の有無による影響は小さいものの、防波堤なし条件の最大堆積厚さは大きくなった。

表 3.1.1-3 防波堤の有無による取水口前面の堆積厚さ

基準津波	防波堤	取水口前面
上昇側	あり	0.33m
	なし	0.36m
下降側	あり	0.19m
	なし	0.23m

※解析条件（防波堤なし，高橋他（1999），浮遊砂上限濃度 1%，平均粒径）

水位上昇側

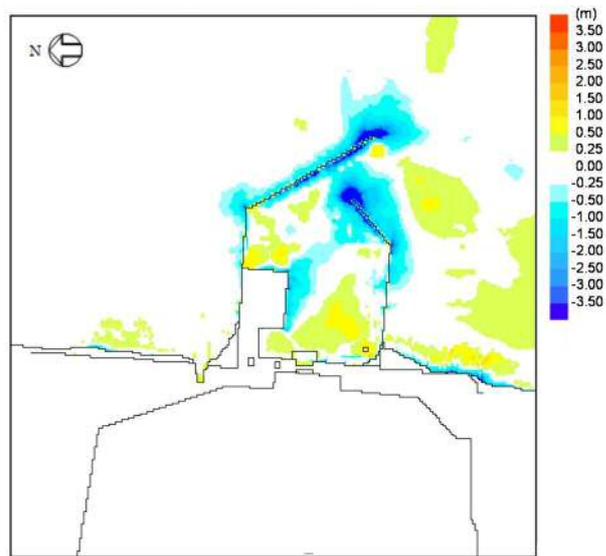


図 3.1.1-4 (1) 堆積侵食分布図 防波堤あり

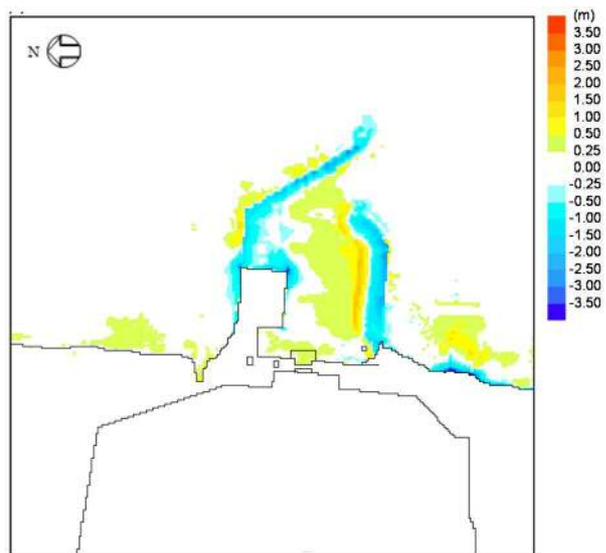


図 3.1.1-4 (2) 堆積侵食分布図 防波堤なし

水位下降側

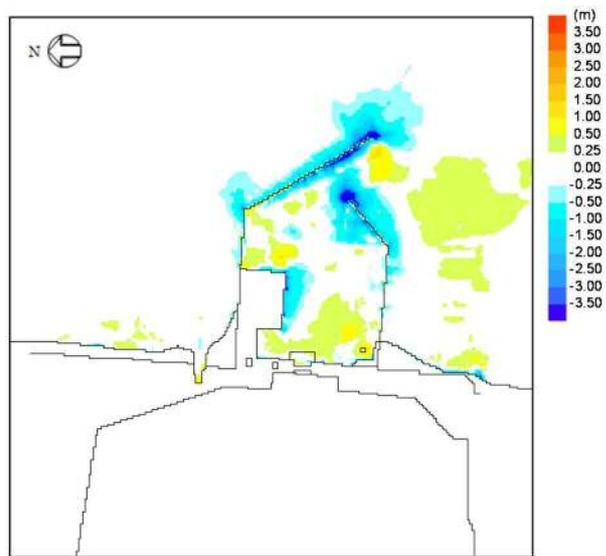


図 3.1.1-4 (3) 堆積侵食分布図 防波堤あり

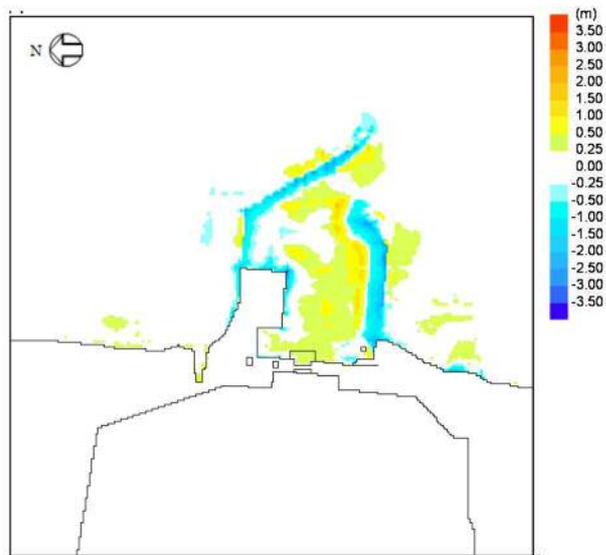


図 3.1.1-4 (4) 堆積侵食分布図 防波堤なし

c. 防潮堤設置ルート変更に伴う砂移動評価結果への影響評価

a., b. の影響評価の結果から、砂の堆積厚さが最も大きい解析条件（防波堤なし，高橋他（1999），浮遊砂上限濃度 1%，平均粒径）と同様の条件にて防潮堤設置ルートを変更したモデルにより，取水口前面における砂の堆積厚さについて評価を実施した。

取水口前面における砂の堆積厚さの評価結果を表 3. 1. 1-4，防潮堤設置ルート変更前後による取水口前面における堆積侵食分布図を図 3. 1. 1-5 に示す。

防潮堤設置ルート変更前後における砂の堆積厚さに変化はなく、堆積侵食分布図にも有意な差異がないことを確認した。

よって，防潮堤設置ルート変更に伴う砂移動評価結果への影響はないことから，防潮堤設置ルート変更前のモデルで評価した結果（砂移動評価における粒径の違いによる堆積厚さへの影響及び防波堤をモデル化しない状態での堆積厚さへの影響）を用いることは問題ないと考える。

表 3. 1. 1-4 防潮堤設置ルート変更前後における取水口前面の堆積厚さ

基準津波	取水口前面における砂の堆積厚さ	
	防潮堤設置ルート変更前	防潮堤設置ルート変更後
上昇側	0. 36m	0. 36m
下降側	0. 23m	0. 23m

※解析条件（防波堤なし，高橋他（1999），浮遊砂上限濃度 1%，平均粒径）

水位上昇側

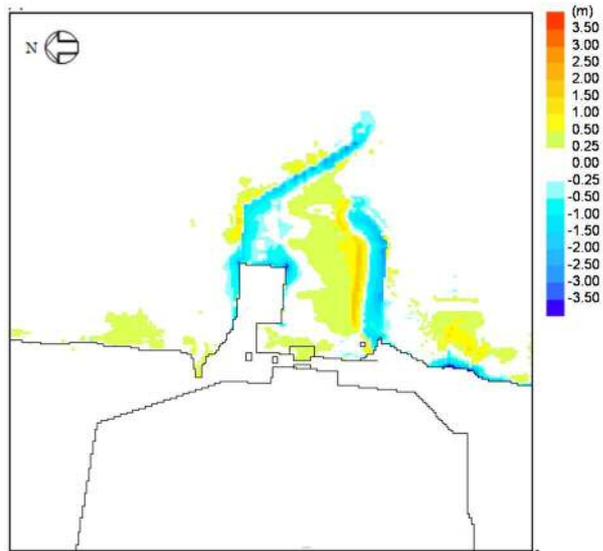


図 3.1.1-5 (1) 堆積侵食分布図 防潮堤設置ルート変更前

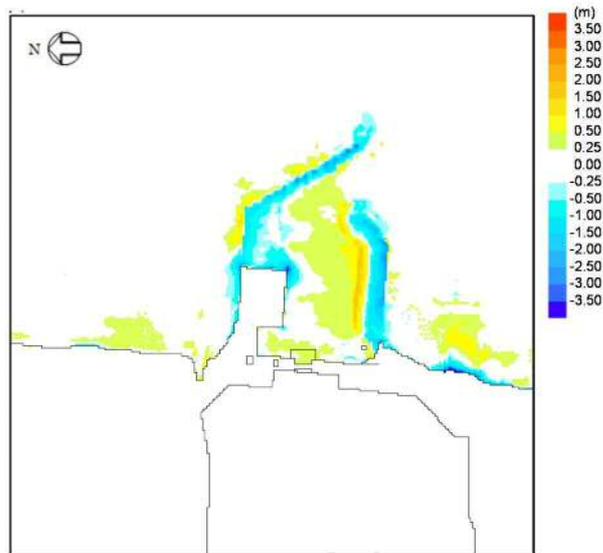


図 3.1.1-5 (2) 堆積侵食分布図 防潮堤設置ルート変更後

水位下降側

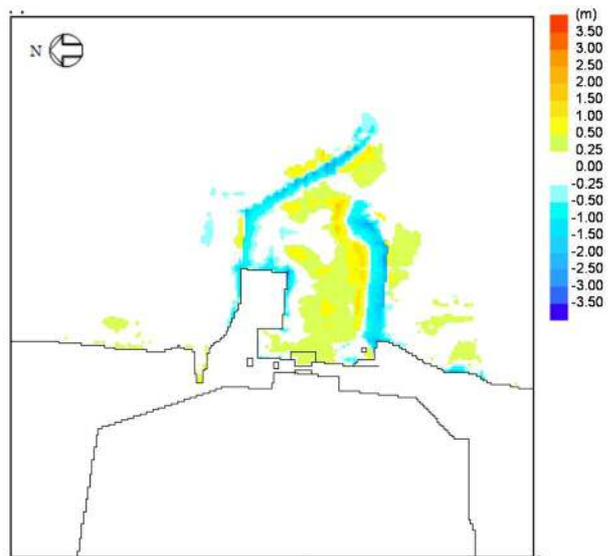


図 3.1.1-5 (3) 堆積侵食分布図 防潮堤設置ルート変更前

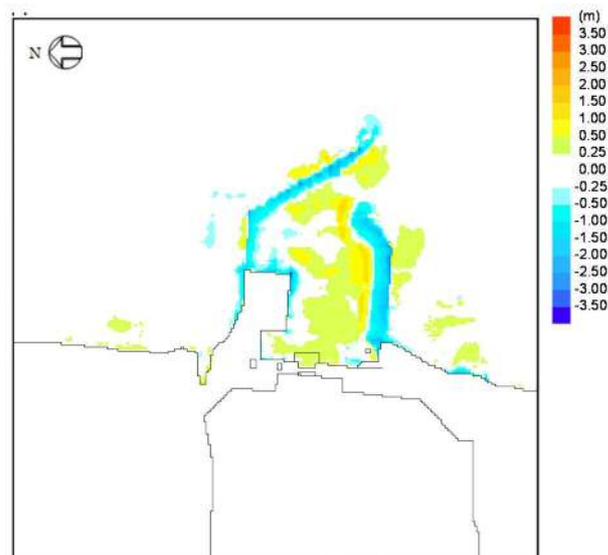


図 3.1.1-5 (4) 堆積侵食分布図 防潮堤設置ルート変更後

d. 平均粒径よりも大きな粒径を有する砂の浮遊可能性評価

非常用海水ポンプによる取水とともに海水系に混入する微小な浮遊砂は、ポンプ出口の海水ストレーナを通過した後、海水系の各機器に供給され、最終的に放水ピットから放水される。大きな粒径を有する砂が供給される場合は、非常用海水ポンプの軸固着又は、海水系機器の閉塞が懸念されることから、ここでは平均粒径よりも大きな粒径を有する砂の浮遊可能性について、一般的な技術知見を用いて評価を実施した。

砂移動に関する技術知見としては、①沈降速度、②移動形態、③底面摩擦速度の関係がある。

①沈降速度 (Rubey 式 (河川・海岸の砂移動で一般的に使用))

$$\frac{w_f}{\sqrt{sgd}} = \sqrt{\frac{2}{3} + \frac{36v^2}{sgd^3}} - \sqrt{\frac{36v^2}{sgd^3}}$$

wf : 土砂の沈降速度, s : 土砂の水中比重, g : 重力加速度 (=9.8), d : 土砂の粒径

v : 水の動粘性係数 ($\approx 1.0 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$)

②移動形態※ (荒井・清水「現場のための水理学3」)

掃流卓越領域..... $\frac{u^*}{wf} < 1.08$

掃流・浮遊の混在領域..... $1.08 < \frac{u^*}{wf} < 1.67$

浮遊卓越領域..... $1.67 < \frac{u^*}{wf}$

※ 土砂粒子の浮遊速度と沈降速度の関係から導出した理論式。

③底面摩擦速度 (岩垣式 (河川・海岸の砂移動で一般的に使用))

$d \geq 0.303 \text{ cm}; u_{*c}^2 = 80.9d$

$0.118 \leq d \leq 0.303 \text{ cm}; = 134.6d^{31/32}$

$0.0565 \leq d \leq 0.118 \text{ cm}; = 55.0d$

$0.0065 \leq d \leq 0.0565 \text{ cm}; = 8.41d^{11/32}$

$d \leq 0.0065 \text{ cm}; = 226d$

①～③を摩擦速度と粒径の関係で整理すると図 3.1.1-6 となり、平均粒径よりも大きな粒径を有する砂は浮遊しにくい。

東海第二発電所のサイト条件を踏まえた上で、平均粒径よりも大きな粒径を有する砂の浮遊可能性について考察した。対象地点については、海水ポンプ室の閉塞性への影響を踏まえ、取水口前面とした。

まず、浮遊可能性の検討に必要な摩擦速度を算出した。摩擦速度の算出に当たっては、砂移動による砂の堆積量が大きい上昇側の基準津波における取水口前面の流速と全水深を用いた。

$$u_* = \sqrt{gn^2U|U|/D^{1/3}} \quad (\text{マニング則})$$

摩擦速度は u^* で表される。ここで、 n はマンニングの粗度係数、 U は流速、 D は全水深である。マンニングの粗度係数は $n : 0.03\text{m}^{-1/3} \cdot \text{s}$ (土木学会 2016) を用いた。流速 U 及び全水深 D については、最大流速時における流速 (1.5m/s) と全水深 (17.8m)、最高水位時における流速 (0.9m/s) と全水深 (21.6m) 及び最低水位時における流速 (0.01m/s) と全水深 (2.1m) とした。

計算の結果、最大流速時の摩擦速度は 8.7cm/s、最高水位時の摩擦速度は 5.0cm/s、最低水位時の摩擦速度は 0.1cm/s となった。これらを考慮すると、取水口前面の摩擦速度は主に 0.1～8.7cm/s の範囲内となると考えられる。

粒径については粒径加積曲線の結果から、東海第二発電所前面における平均粒径 (D_{50}) は 0.15mm であり、 D_{90} 相当は 1.8mm である。

摩擦速度と粒径の関係から、最大流速時及び最高水位の場合、平均粒径 (D_{50}) では浮遊卓越となるが D_{90} 相当では掃流卓越となる。よって、東海第二発電所のサイト条件を踏まえても、粒径が大きい砂ほど浮遊しにくいと考えられる。

なお、非常用海水ポンプの軸受には、異物混入による軸受の損傷を防止するため、異物逃し溝 (最小約 3.7mm) が設けられている。砂の粒径の 90% を占める D_{90} 相当でも粒径は 1.8mm であり、最小約 3.7mm を大きく下回る。このため、非常用海水ポンプの取水時に浮遊砂の一部がポンプ軸受に混入したとしても、異物の逃し溝から排出される構造となっている。

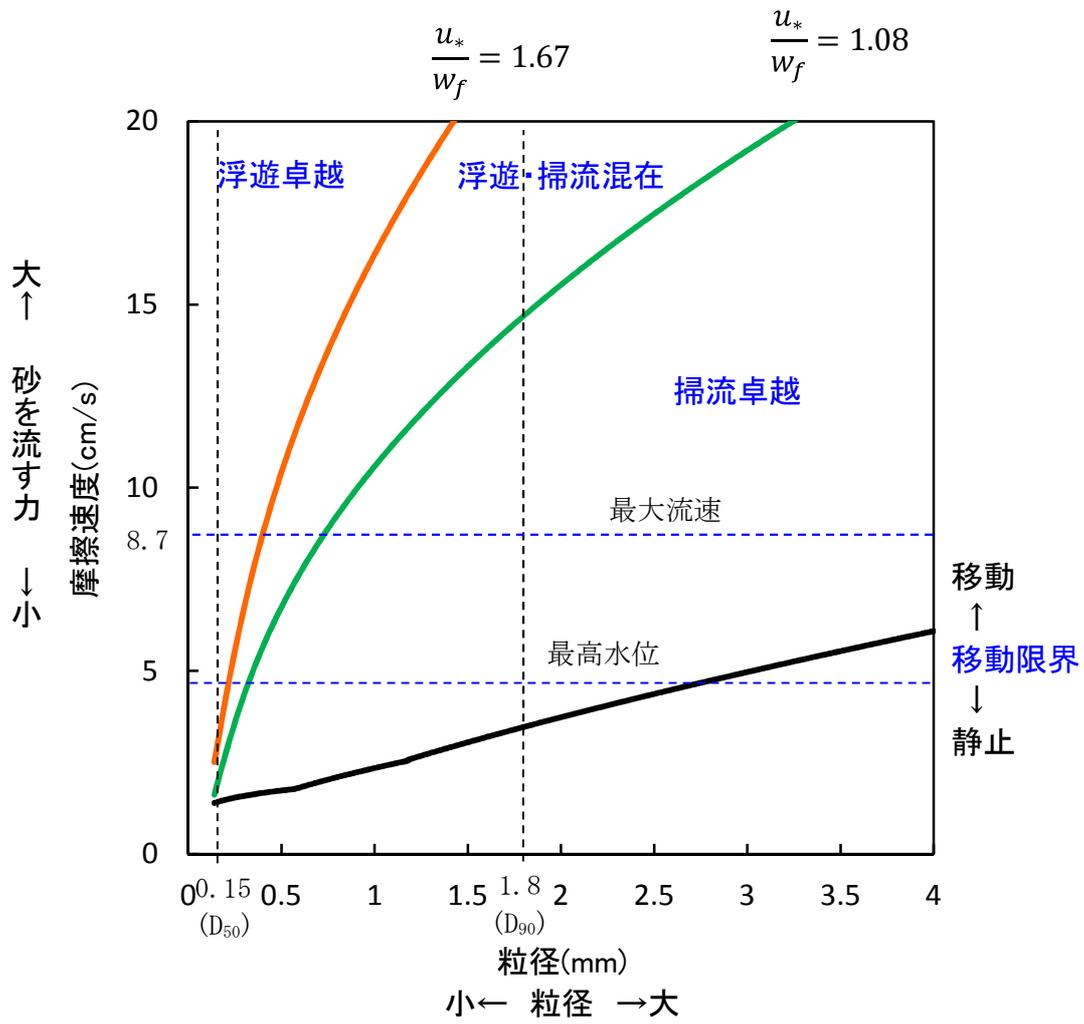


図 3.1.1-6 摩擦速度と粒径の関係

(2) 砂混入時の非常用海水ポンプへの影響評価

a. 砂混入時の非常用海水ポンプ取水機能維持の確認

基準津波による浮遊砂については、除塵装置で除去することが困難であることから、非常用海水ポンプそのものが運転時の砂の混入に対して、軸固着することなく機能保持できる設計であることを以下のとおり確認した。

非常用海水ポンプの軸受には、異物混入による軸受の損傷を防止するため、異物逃し溝（最小約 3.7mm）が設けられている。このため、非常用海水ポンプの取水時に浮遊砂の一部がポンプ軸受に混入したとしても、異物の逃し溝から排出される構造となっている。残留熱除去系海水系ポンプの軸受配置図を図 3. 1. 1-7、非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ及び高压炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプの軸受配置図を図 3. 1. 1-8 に示す。

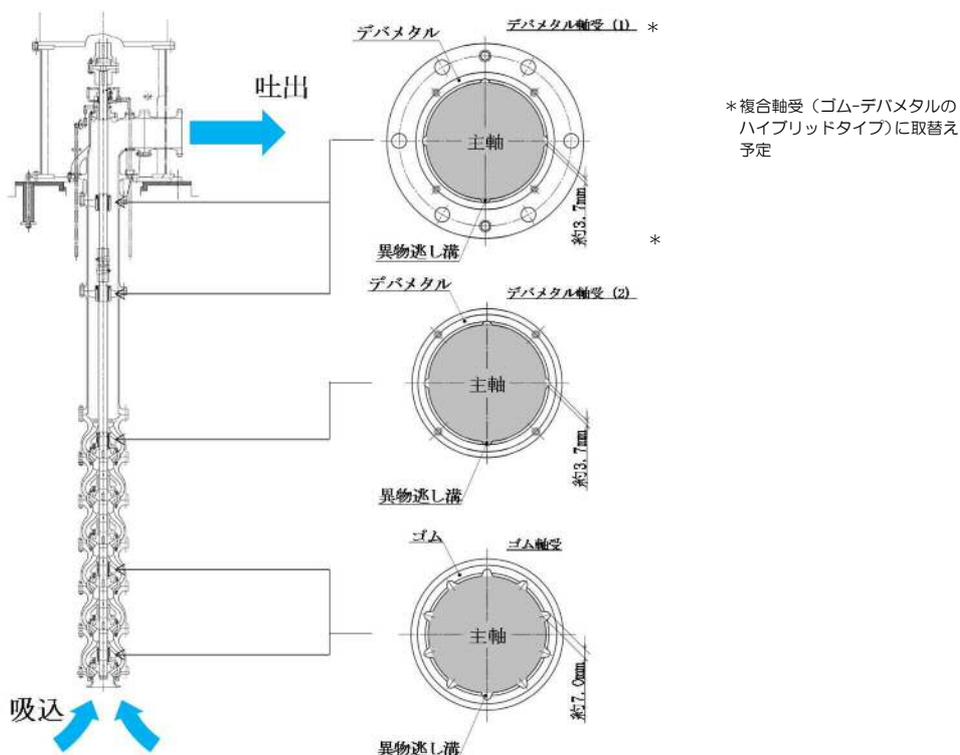


図 3. 1. 1-7 残留熱除去系海水系ポンプ軸受配置図

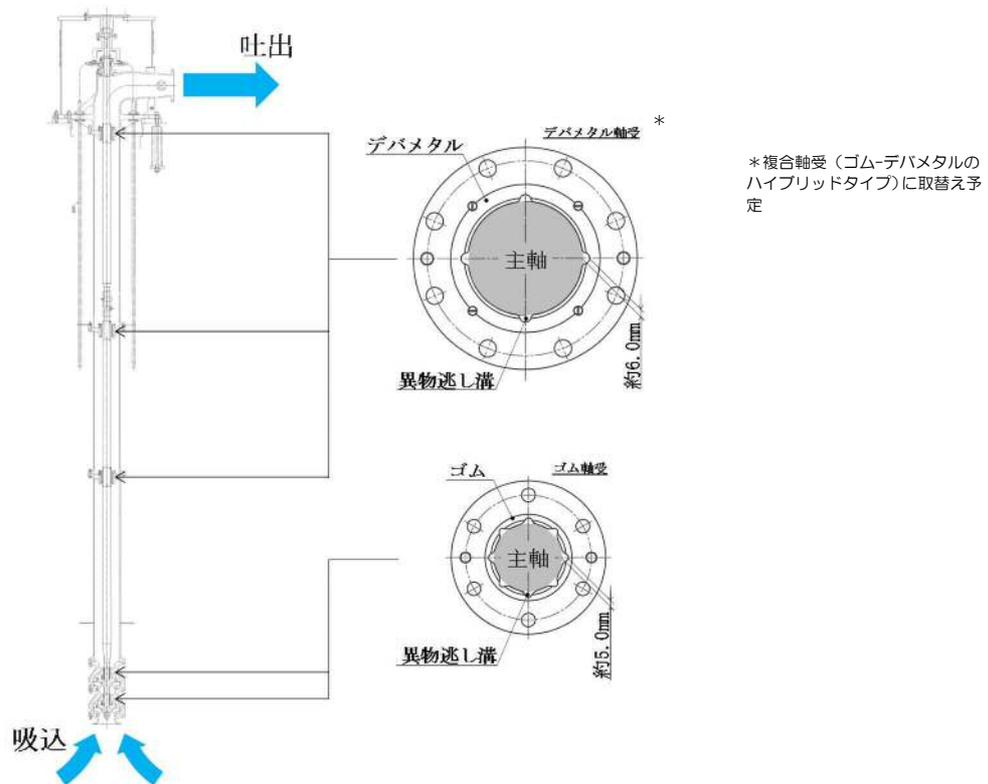


図 3. 1. 1-8 非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ系
ディーゼル発電機用海水ポンプ軸受配置図

これに対して、「(1)a. 砂移動評価における粒径の違いによる堆積厚さへの影響評価」に示したとおり発電所前面の海域を含む周辺の砂の平均粒径は約 0.15mm で、数ミリ以上の粒子はごくわずかである。また、「(1)d. 平均粒径よりも大きな粒径を有する砂の浮遊可能性評価」に示したとおり、そもそも粒径数ミリの砂は浮遊し難いものであることを踏まえると、大きな粒径の砂はほとんど混入しないと考えられる。このため、非常用海水ポンプは、砂の混入に対して軸固着することはなく取水機能は維持できる。

また、砂の混入による軸受摩耗の評価として、後述のとおり、非常用海水ポンプの軸受を模擬した供試材を用いた軸受摩耗試験を実施し、ゴム軸受及び複合軸受に十分な浮遊砂耐性があることを確認している。

b. 混入した浮遊砂に対する取水性確保（系統の評価）

非常用海水ポンプによる取水とともに海水系に混入する微小な浮遊砂は、ポンプ出口の海水ストレーナを通過した後、海水系の各機器に供給され、最終的に放水ピットから放水される。

海水系の各機器の最小流路幅は、残留熱除去系海水系ポンプから供給される低圧炉心スプレイ系ポンプメカニカルシール冷却器及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプから供給される高圧炉心スプレイ系ポンプメカニカルシール冷却器の約 4.8 mm であり、発電所前面の海域を含む周辺の砂の平均粒径である約 0.15mm に対して十分大きい。このため、海水系の各機器の閉塞の可能性はないものと考えられ、海水ポンプの取水機能は維持できる。

図 3.1.1-9～図 3.1.1-11 に非常用海水ポンプの概略系統図，表 3.1.1-5～表 3.1.1-7 に非常用海水系の各機器の最小流路幅を示す。

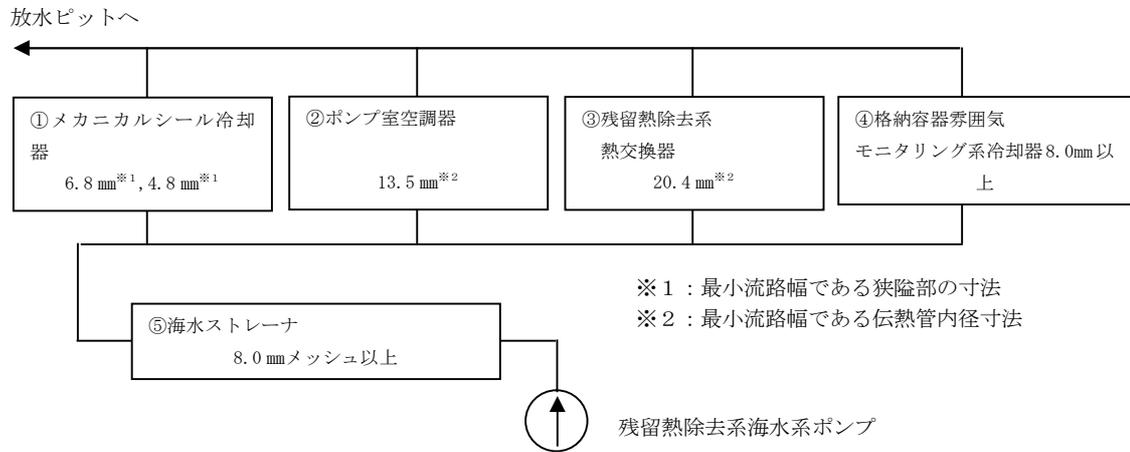


図 3.1.1-9 非常用海水ポンプの概略系統図（残留熱除去系のうち海水ライン）

表 3.1.1-5 非常用海水系の各機器の最小流路幅（残留熱除去系のうち海水ライン）

海水供給機器		最小流路幅 (mm)	砂粒径 (mm)
①メカニカルシール冷却器	残留熱除去系ポンプ メカニカルシール冷却器	6.8	約 0.15
	低圧炉心スプレイ系ポンプ メカニカルシール冷却器	4.8	
②ポンプ室空調器	残留熱除去系ポンプ室空調器	13.5	
	低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調器	13.5	
	原子炉隔離時冷却系ポンプ室空調器	13.5	
③残留熱除去系熱交換器	残留熱除去系熱交換器	20.4	
④格納容器雰囲気モニタリング系冷却器	格納容器雰囲気モニタリング系冷却器	8.0mm 以上	
⑤海水ストレーナ	残留熱除去系海水系ストレーナ	8.0mm メッシュ以上	

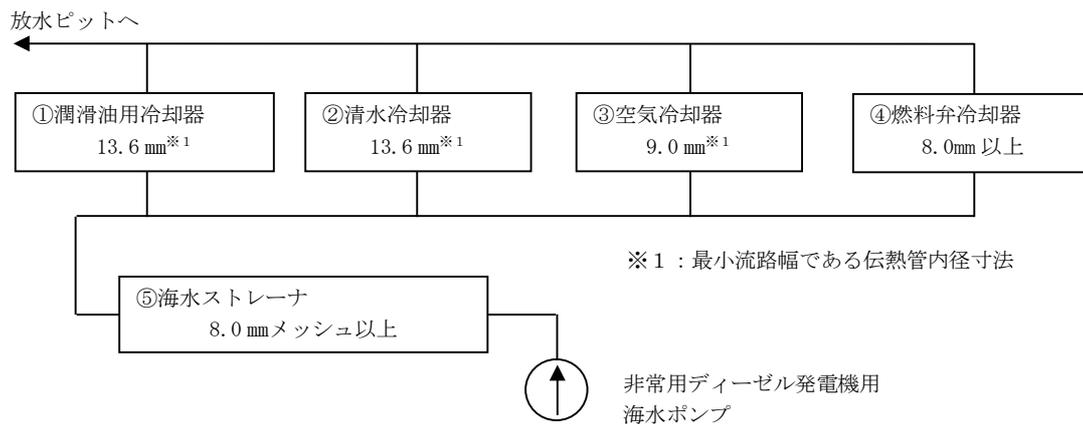


図 3. 1. 1-10 非常用海水ポンプの概略系統図（非常用ディーゼル発電機のうち海水ライン）

表 3. 1. 1-6 非常用海水系の各機器の最小流路幅（非常用ディーゼル発電機のうち海水ライン）

海水供給機器	最小流路幅 (mm)	砂粒径 (mm)
①非常用ディーゼル発電機用潤滑油用冷却器	13.6	約 0.15
②非常用ディーゼル発電機用清水冷却器	13.6	
③非常用ディーゼル発電機用空気冷却器	8.0mm 以上	
④非常用ディーゼル発電機燃料弁冷却器	13.6	
⑤非常用ディーゼル発電機用海水ストレーナ	8.0mm メッシュ 以上	

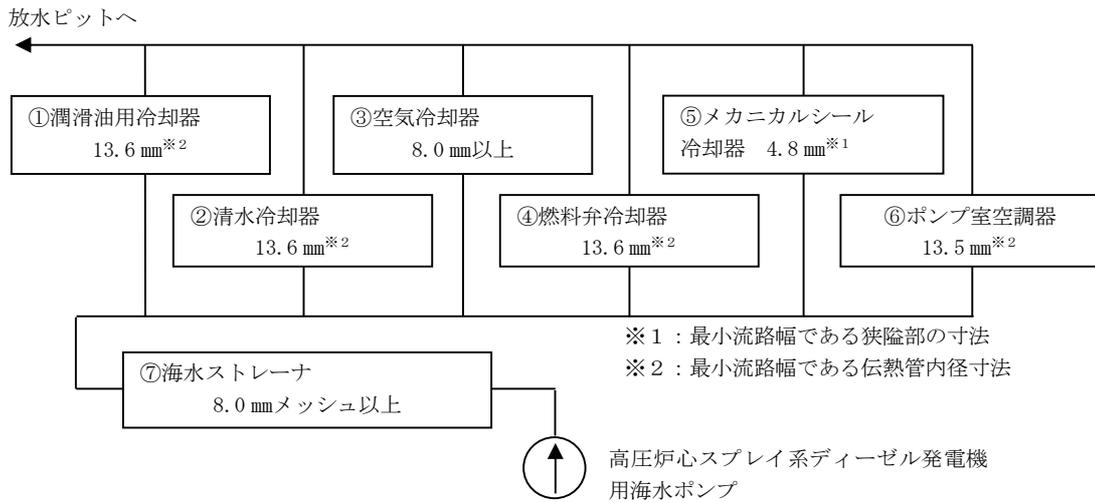


図 3. 1. 1-11 非常用海水ポンプの概略系統図
 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機のうち海水ライン)

表 3. 1. 1-7 非常用海水系の各機器の最小流路幅
 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機のうち海水ライン)

海水供給機器	最小流路幅 (mm)	砂粒径 (mm)
①高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機 潤滑油用冷却器	13.6	約 0.15
②高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用 清水冷却器	13.6	
③高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用 空気冷却器	8.0mm 以上	
④高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用 燃料弁冷却器	13.6	
⑤高圧炉心スプレイ系ポンプ メカニカルシール冷却器	4.8	
⑥高圧炉心スプレイ系ポンプ室空調器	13.5	
⑦高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用 海水ストレーナ	8.0mm メッシュ 以上	

c. 非常用海水ポンプ軸受の浮遊砂耐性

非常用海水ポンプは、海水取水時に海水中に含まれる浮遊砂を吸い込み、軸受隙間に入り込む可能性を考慮し、砂が混入してもこれを排出することで機能維持可能な設計としている（図 3.1.1-12）。また、これまでの運転実績から、浮遊砂混入によるトラブルは発生していない。

しかしながら、津波発生時は、津波により海底の砂が巻き上げられ、通常よりも浮遊砂環境が厳しくなる可能性があることから、既設のデバメタル軸受については、浮遊砂に対する耐性の高い複合軸受に取り替える計画とし、試験装置を用い、高濃度の浮遊砂濃度を模擬した試験を実施し、非常用海水ポンプ軸受の耐性を評価した。

評価の結果、評価濃度である 0.48[wt%]が継続した状態においても、非常用海水ポンプは約 27 時間運転可能であるため、非常用海水ポンプ軸受の浮遊砂耐性に問題ない。以下に非常用海水ポンプ軸受の浮遊砂耐性の評価結果を示す。

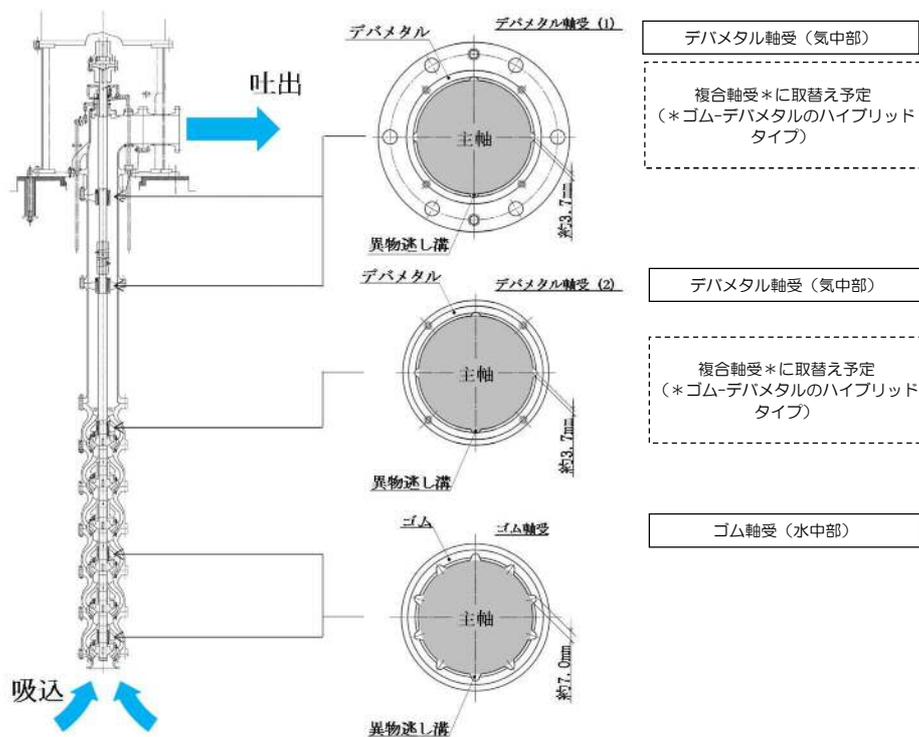


図 3.1.1-12 非常用海水ポンプ断面図，軸受図

(a) 軸受摩耗試験

試験装置に、軸受供試材を取り付けて一定時間運転し、運転前後の供試材寸法測定により摩耗量を求めた。試験溶液の砂濃度は、通常運転時模擬濃度 0.02[wt%]及び高濃度 3[wt%]を設定し、試験時間を通して、連続的にこの濃度の溶液が軸受に供給される試験系統とした。試験装置の概略構成図を図 3.1.1-13 に示す。

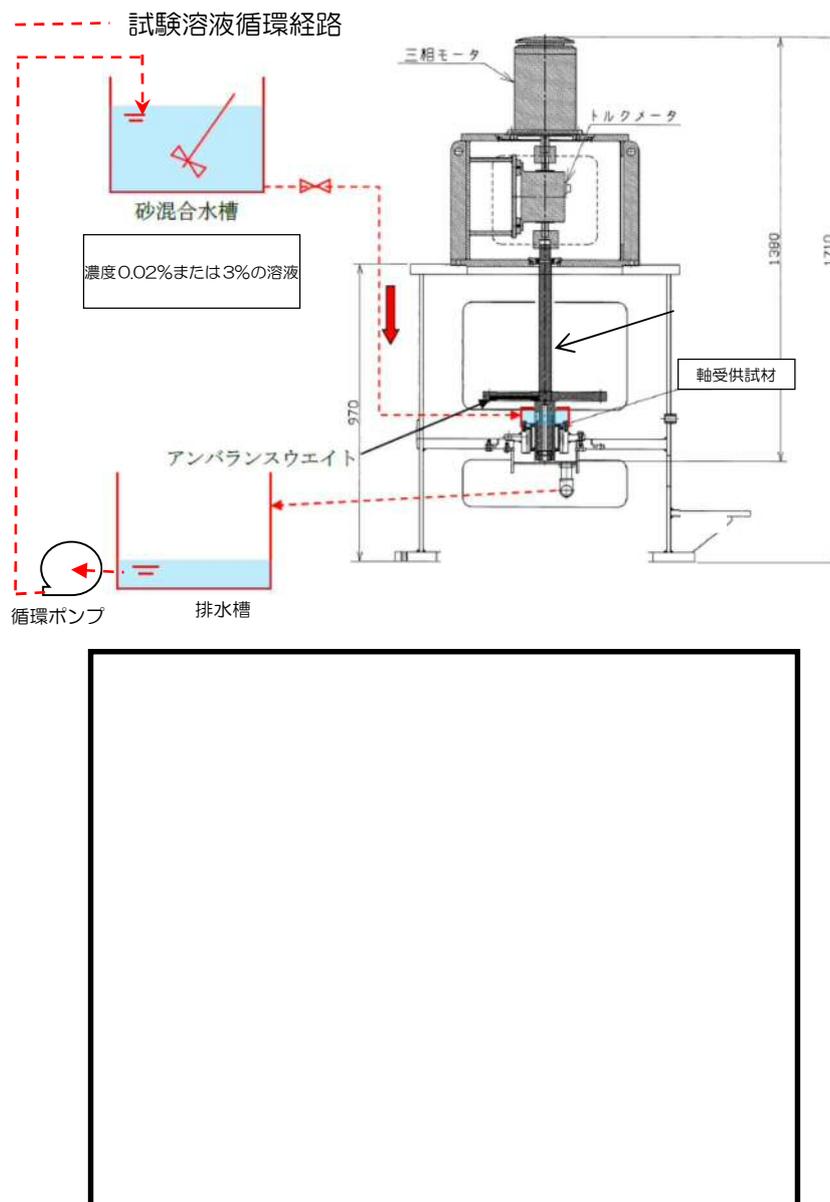


図 3.1.1-13 試験装置概略構成図

軸受供試材は、既設のゴム軸受（水中部）と、複合軸受（デバメタル軸受（気中部）から取替を計画している軸受※）の供試材を用いた。軸受摩耗試験条件を表 3. 1. 1-8 に示す。

※以下のとおり東海第二発電所と類似環境で運用される同型式の海水ポンプに採用実績がある。また、良好な運転実績（軸受に起因する不具合なし）がある。

- A原子力発電所 a 号炉
- A原子力発電所 b 号炉
- B原子力発電所 a 号炉
- B原子力発電所 b 号炉
- B原子力発電所 c 号炉
- B原子力発電所 d 号炉
- C原子力発電所 a 号炉

表3. 1. 1-8 軸受摩耗試験条件

項目	試験条件
周速度 [m/s]	試験装置：5(実機：9.4* ¹)
面圧 [kPa]	3.7* ²
砂粒径 [mm]	0.15
軸受供試材材料	ゴム，複合型
試験時間[hr]	5

*1：試験時摩耗量に9.4/5を乗じて実機周速に補正

*2：回転体アンバランスによる実機の振れ回りを再現した荷重

軸受摩耗試験結果から、寿命評価式（①式）を用いて比摩耗量 K_1 を算出した結果を以下に示す。

$$T_1 = \frac{\sigma}{PVK_1} \dots \textcircled{1} \quad (\text{機械工学便覧参照})$$

- K_1 : 比摩耗量[mm²/kgf]
- σ : 摩耗量[mm]
- P : 軸受面圧[kgf/mm²]
- V : 周速[mm/s]
- T_1 : 摩耗量 σ に至るまでの時間[s]

【ゴム軸受】

- 砂濃度 0.02[wt%]時の比摩耗量 K_1 (ω_0) 2.74×10⁻⁷[mm²/kgf]
- 砂濃度 3[wt%]時の比摩耗量 K_1 (ω) 4.65×10⁻⁶[mm²/kgf]

【複合軸受】

砂濃度 0.02[wt%]時の比摩耗量 $K_1 (\omega_0)$ $9.41 \times 10^{-7} [\text{mm}^2 / \text{kgf}]$

砂濃度 3[wt%]時の比摩耗量 $K_1 (\omega)$ $5.76 \times 10^{-6} [\text{mm}^2 / \text{kgf}]$

(b) 軸受寿命評価 (0.02[wt%], 3[wt%])

試験時、基準津波時の浮遊砂濃度（評価点）が未知であったことから、通常時を模擬した浮遊砂濃度 0.02[wt%]と、基準津波時に予想される高濃度を包絡すると予想される濃度 3[wt%]で摩耗量を実測し、比摩耗量及び軸受寿命を算出した結果を表 3.1.1-9 に示す。

表3.1.1-9 比摩耗量と軸受寿命(0.02[wt%], 3[wt%])

0.02wt%試験実測値							
軸受/濃度	摩耗量(平均)	面圧[kgf/mm2]	周速[mm/s]	比摩耗量	許容隙間	軸受寿命(sec)	軸受寿命(hr)
ゴム軸受/ 0.02%	0.0171	0.00037	9400	2.73145E-07	1.012	1065263.158	295.9064327
複合軸受/ 0.02%	0.0589	0.00037	9400	9.40834E-07	1.012	309269.9491	85.90831919
3wt%試験実測値							
軸受/濃度	摩耗量(平均)	面圧[kgf/mm2]	周速[mm/s]	比摩耗量	許容隙間	軸受寿命(sec)	軸受寿命(hr)
ゴム軸受/ 3%	0.5814	0.00037	9400	4.64347E-06	1.012	62662.5387	17.40626075
複合軸受/ 3%	0.7201	0.00037	9400	5.75123E-06	1.012	50592.9732	14.05360367

(c) 軸受寿命評価(0.48[wt%])

基準津波時の砂移動解析結果から、非常用系海水ポンプ室近傍の浮遊砂濃度は、0.18[vol%]との結果が得られたことから、砂の密度 $2.72 [\text{g} / \text{cm}^3]$ を乗じて重量濃度 0.48[wt%]に換算した上で、比摩耗量の式 (2) を参考に、0.02 [wt%] と 3 [wt%] の試験結果から、浮遊砂濃度 0.48[wt%]における比摩耗量を算出した。

なお、比摩耗量の式 (2) は公開文献「立軸ポンプセラミックス軸受に関する研究」*から引用している。この公開文献では、200~3000ppmのスラリー濃度の軸受摩耗量を測定しており、比摩耗量とスラリー濃度との間には相関関係があると結論づけられており、この知見を参考とした。

$$\frac{\omega}{\omega_0} = \left[\frac{C_\omega}{C_0} \right]^{0.9} \dots \textcircled{2}$$

*出典：立軸ポンプセラミックス軸受に関する研究，湧川ほか(日本機械学会論文集(B編)53巻491号(昭62-7)、pp.2094~2098)

②式を参考とし、0.02[wt%]の比摩耗量と3[wt%]の比摩耗量の2点間が線形近似できると評価し、以下の式にて0.48[wt%]におけるゴム軸受と複合軸受の比摩耗量を算出した。

【ゴム軸受】



【複合軸受】



③及び④を元に寿命評価した結果、隙間許容値に至るまでの運転時間は、表 3.1.1-10 のとおり、ゴム軸受で約 49 時間、複合軸受で約 27 時間と評価した。

表3.1.1-10 比摩耗量と軸受寿命(0.48wt%)

0.48wt%(評価濃度)における寿命評価							
軸受/濃度	摩耗量(平均)	面圧[kgf/mm2]	周速[mm/s2]	比摩耗量	許容隙間	軸受寿命(sec)	軸受寿命(hr)
ゴム軸受/ 0.48	—	0.00037	9400	1.64748E-06	1.012	176616.1197	49.06003324
複合軸受/ 0.48	—	0.00037	9400	2.9662E-06	1.012	98095.94829	27.24887453

浮遊砂濃度と比摩耗量との相関関係を図 3.1.1-14 及び図 3.1.1-15 に示す。



図3.1.1-14 浮遊砂濃度と比摩耗量との相関図（ゴム軸受）



図3.1.1-15 浮遊砂濃度と比摩耗量との相関図（複合軸受）

(d) 浮遊砂濃度のピーク時間の評価

基準津波時の砂移動計算結果から得られた浮遊砂濃度の時刻歴グラフを図 3.1.1-16, 取水口及び取水構造物（取水路及び取水ピット）の配置を図 3.1.1-17 に示す。また, 砂移動計算の諸条件を表 3.1.1-11, その他の解析条件を表 3.1.1-12 に示す。

非常用海水ポンプが設置される全水路の計算結果から, 最も高い砂濃度を示す E 水路のケースを想定しても, 基準津波時の浮遊砂濃度のピークは数分で収束し, 軸受摩耗試験で設定したような連続 5 時間の高濃度の状態は認められない。

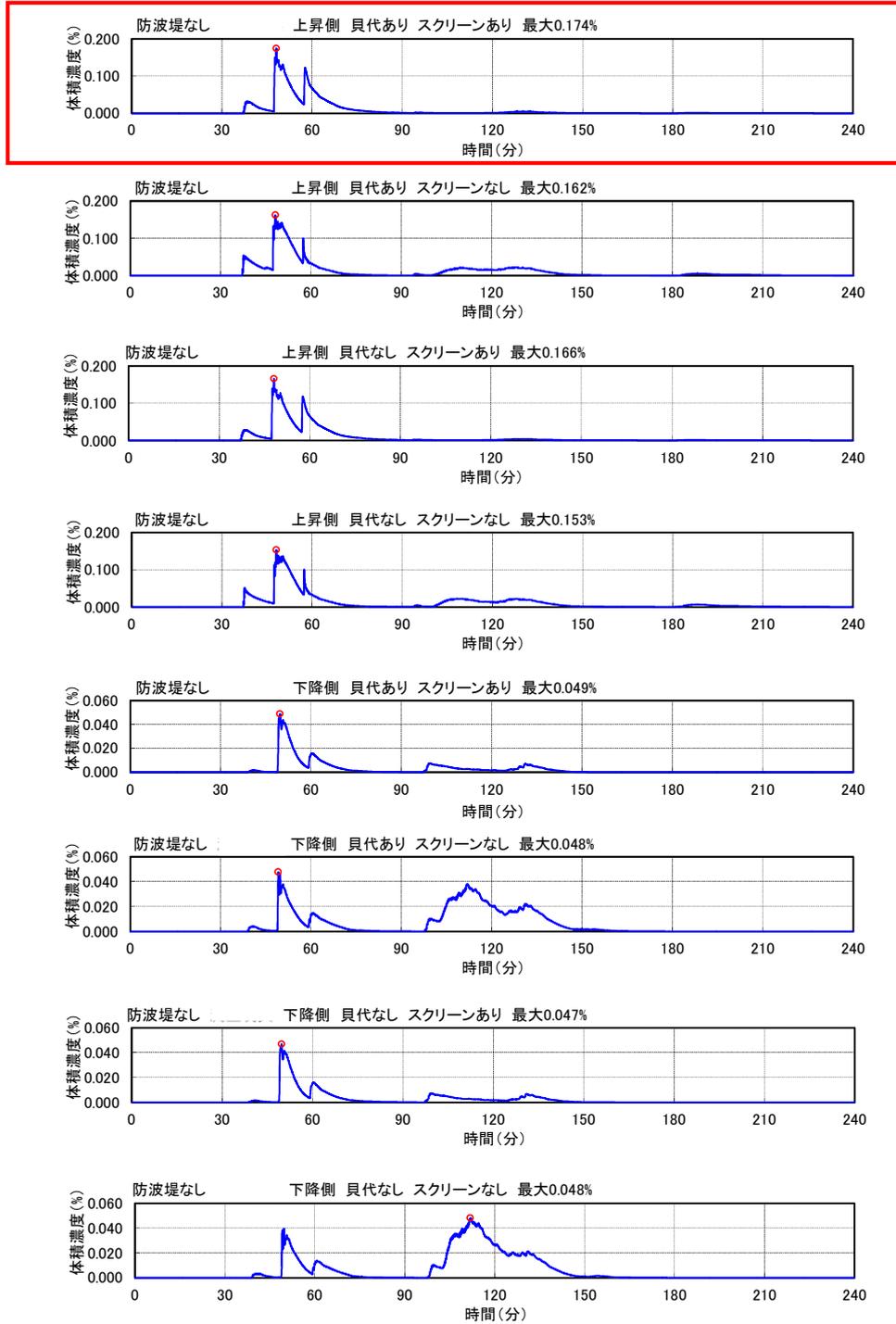


図3.1.1-16 浮遊砂濃度時刻歴グラフ

(E水路水位上昇時(防波堤なし, 貝代考慮, スクリーンあり))

は最大濃度を示す時刻歴を示す。

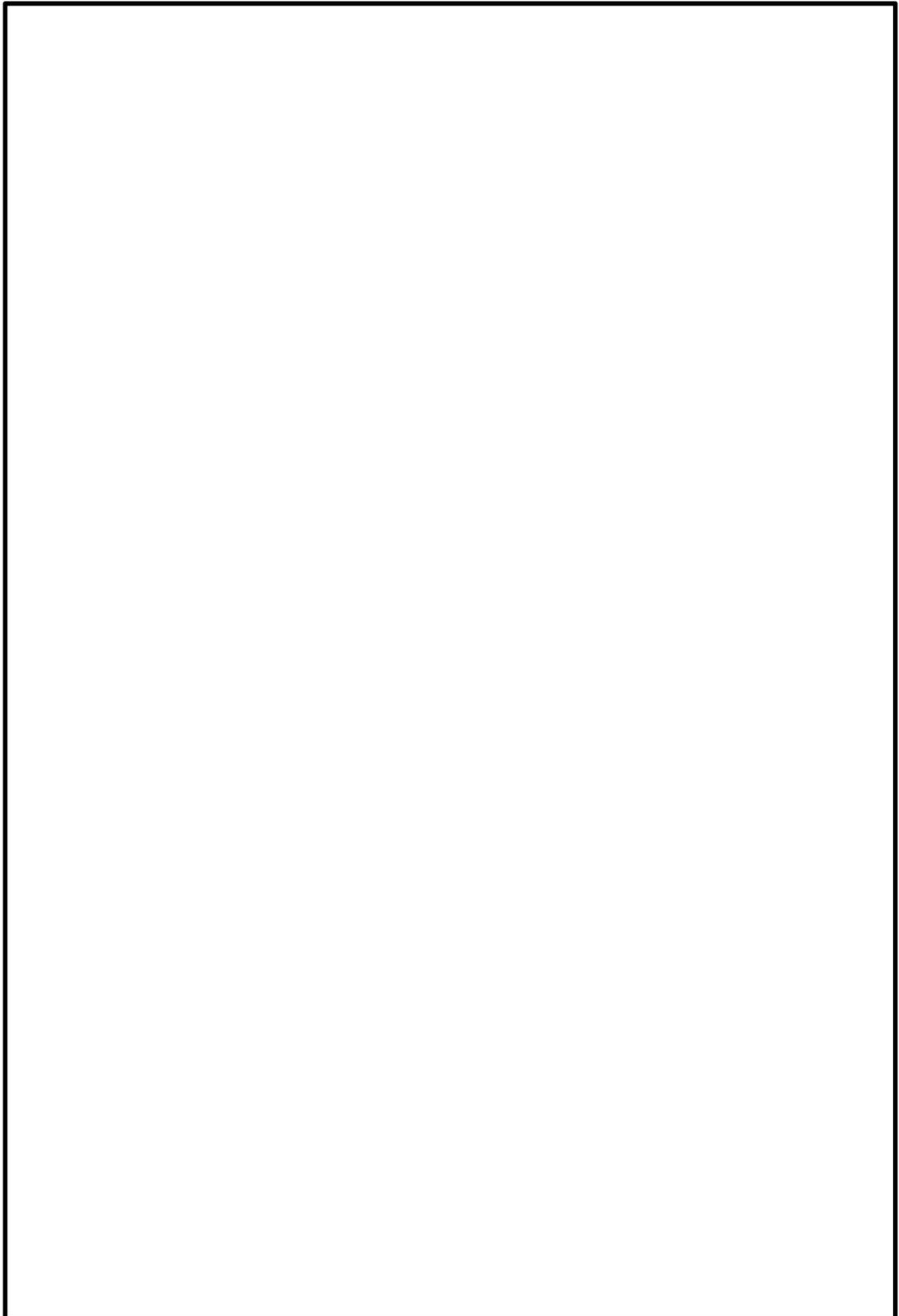


図3.1.1-17 取水口及び取水構造物（取水路及び取水ピット）配置図

表3.1.1-11 砂移動計算の諸条件

	設定値	備考
解析対象範囲	取水口～取水路～取水ピット	
砂移動モデル	高橋ほか(1999)によるモデル	
マンニングの粗度係数	0.03[m ^{-1/3} ・s]	土木学会(2002)より
浮遊砂体積濃度上限値	1, 3, 5[vol%] うち, 1[vol%]が最もよく砂移動を再現していると確認できたことから, 上限濃度1%時の解析結果を採用	
砂の粒径	0.15[mm]	底質調査より設定
砂粒の密度	2.72[g/cm ³]	底質調査より設定

表3.1.1-12 その他の解析条件

項目	評価条件
海水取水流量[m ³ /hr]	2549.4*
その他の考慮事項	防波堤の有無, スクリーンの有無, 貝代の有無

* 非常用海水ポンプ全台運転, 循環水ポンプ及び補機冷却系海水ポンプ停止時の流量

3.1.2 緊急用海水ポンプの砂移動による影響評価

(1) 敷地に遡上する津波による砂移動評価における解析条件

「3.1.1 (1) 基準津波による砂移動評価における解析条件」に示したとおり、基準津波による砂移動評価においては、平均粒径、防波堤なし、防潮堤設置ルート変更後の解析条件における取水口前面の砂の堆積厚さが最大となった。このため、敷地に遡上する津波による砂移動評価においても、基準津波による砂移動評価の解析条件と同条件のもと、緊急用海水ポンプの砂移動による影響評価を実施する。

a. 緊急用海水系流路の浮遊砂の移動・堆積評価

敷地に遡上する津波による緊急用海水系の流路であるSA用海水ピット取水塔、SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの砂の移動・堆積による緊急用海水ポンプの取水性への影響について評価した。

評価の結果、緊急用海水系の流路の砂の移動・堆積による影響はなく、緊急用海水ポンプの通水性に影響がないことを確認した。以下にSA用海水ピット取水塔、SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットにおける砂の移動・堆積評価結果を示す。また、緊急用海水系概略構造と砂の堆積評価結果を図3.1.2-1、緊急用海水系流路の砂の堆積高さの評価結果を表3.1.2-1を示す。

(a) SA用海水ピット取水塔

SA用海水ピット取水塔の砂の堆積量は、上限浮遊砂上限濃度1%時において約1mの砂の堆積が想定されるが、海水取水吸込み位置は10m以上上方にあることから取水性に影響はない。

(b) SA用海水ピット

SA用海水ピットの砂の堆積量は、上限浮遊砂上限濃度1%時において約30cm程度であり、ピット底部より約1.8m上方に取り付けられる緊急用海水取水管を閉塞させることはない。

(c) 緊急用海水ポンプピット

緊急用海水ポンプピットの砂の堆積量は、敷地に遡上する津波による砂移動に関する数値シミュレーションの結果、浮遊砂の上限濃度1%時において約1cm程度であり、緊急用海水ポンプ吸込み位置はポンプピット底面より20m以上高い位置にあることから、吸込み口に達することはない。

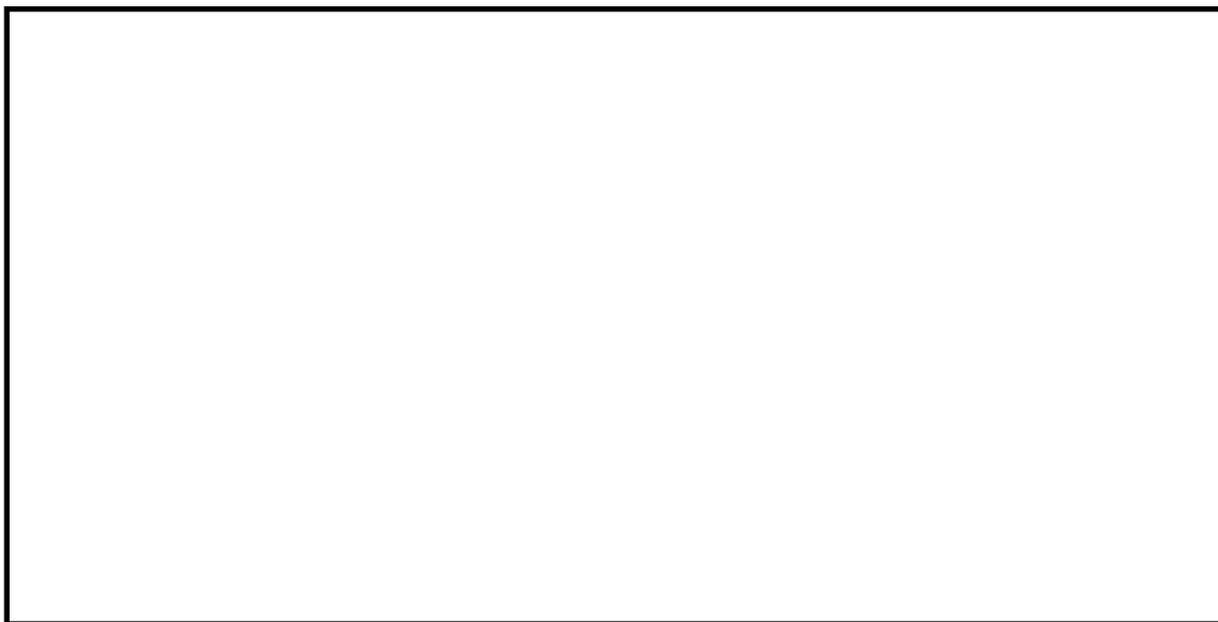


図 3.1.2-1 緊急用海水系流路の概略構造と砂の堆積評価

表 3.1.2-1 緊急用海水系流路の砂の堆積高さの評価

上限浮遊砂体積濃度[%]	出力	SA 用海水 ピット取水塔 [m]	SA 用海水 ピット [m]	緊急用海水 ポンプピット [m]	備考
1	終了時	1.020	0.263	0.014	
	最大値	1.020	0.263	0.014	
3	終了時	2.474	0.699	0.041	
	最大値	2.474	0.699	0.041	
5	終了時	3.618	1.093	0.066	
	最大値	3.618	1.093	0.066	

(2) 砂混入時の緊急用海水ポンプへの影響評価

a. 砂混入時の緊急用海水ポンプ取水機能維持の確認

敷地に遡上する津波による浮遊砂については、SA用海水ピット取水塔から海水とともに取り込まれ、海水引込み管、SA用海水ピット、緊急用海水取水管を通じて緊急用海水ポンプピットまで移動する可能性がある。当該流路には、SA用海水ピット取水塔内に下向きのノズルを有する取水管を設置することで砂の持ち込みを抑制する設計である。また、一連の閉回路であることから、SA用海水ピット取水塔以外からの砂の持ち込みがない設計である。

緊急用海水ポンプは、定期試験等での運転を除き待機停止状態であり、海水の緊急用海水系への混入量自体が少ないが、敷地に遡上する津波への対応においては、通常より砂濃度が高い状態で連続運転する可能性があることから、緊急用海水ポンプそのものが運転時の砂の混入に対して、軸固着することなく機能保持できる設計であることを以下のとおり確認した。

非常用海水ポンプ同様、緊急用海水ポンプの軸受には、異物混入による軸受の損傷を防止するため、異物逃し溝（最小約 3.7mm）を設ける設計としている。このため、緊急用海水ポンプの取水時に浮遊砂の一部がポンプ軸受に混入したとしても、異物の逃し溝から排出される構造となっている。図 3.1.2-2 に緊急用海水ポンプの軸受配置図を示す。

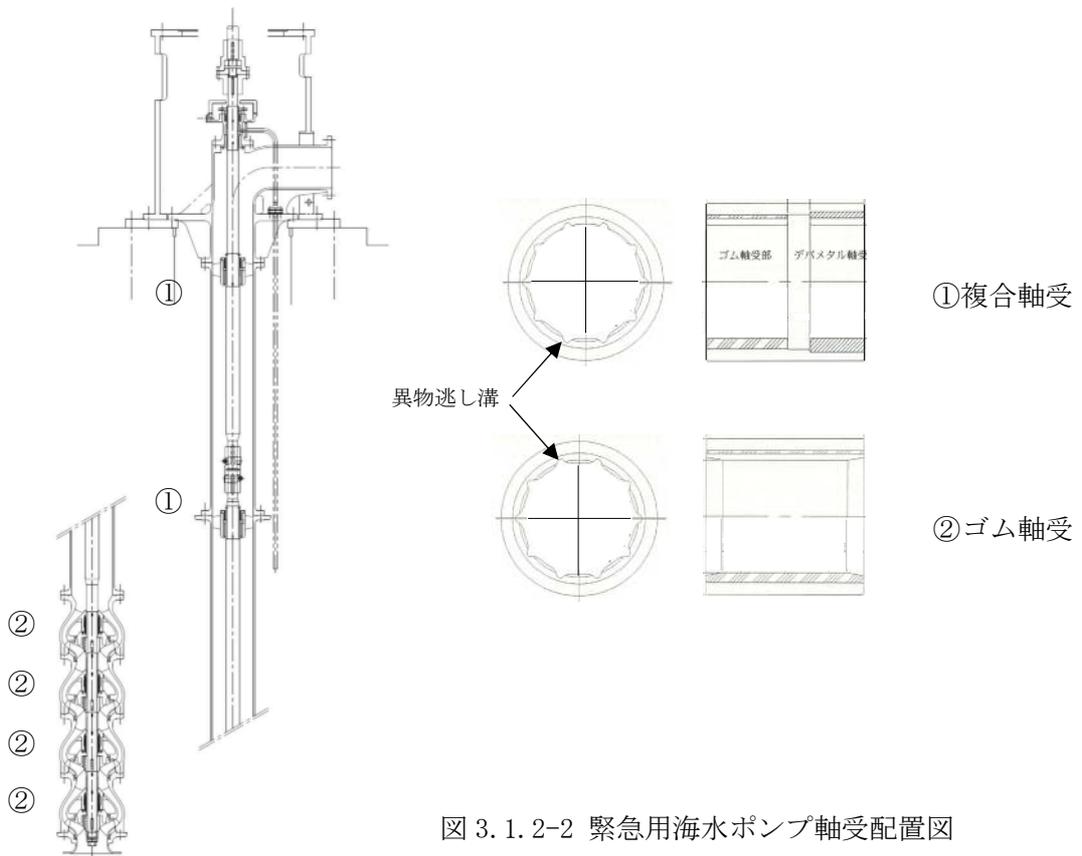


図 3.1.2-2 緊急用海水ポンプ軸受配置図

これに対して、発電所前面の海域を含む周辺の砂の平均粒径は約 0.15mm で、数ミリ以上の粒子はごくわずかであり、そもそも粒径数ミリの砂は浮遊し難いものであることを踏まえると、大きな粒径の砂はほとんど混入しないと考えられる。このため、緊急用海水ポンプは、砂の混入に対して軸固着することなく取水機能は維持できる。

また、砂の混入による軸受摩耗の評価としては、緊急用海水ポンプの軸受は、非常用海水ポンプの軸受と同仕様であるため、非常用海水ポンプの軸受を模擬した供試材を用いた軸受摩耗試験結果が適用できることから、十分な浮遊砂耐性がある。詳細は「c. 緊急用海水ポンプ軸受の浮遊砂耐性」参照。

b. 混入した浮遊砂に対する取水性確保（系統の評価）

緊急用海水ポンプによる取水とともに海水系に混入する微小な浮遊砂は、ポンプ出口の海水ストレーナを通過した後、海水系の各機器に供給され、最終的に放水ピットから放水される。なお、敷地に遡上する津波においては、非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプは機能喪失を想定することから、緊急用海水ポンプは、残留熱除去系海水系の負荷に海水を供給し、上記の非常用海水ポンプの負荷である非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機には海水を供給しない。

緊急用海水系が海水を供給する残留熱除去系の各機器の最小流路幅は、残留熱除去系海水系ポンプから供給される低圧炉心スプレイ系ポンプメカニカルシール冷却器及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプから供給される高圧炉心スプレイ系ポンプメカニカルシール冷却器の約 4.8 mm であり、発電所前面の海域を含む周辺の砂の平均粒径である約 0.15mm に対して十分大きい。このため、海水系の各機器の閉塞の可能性はないものと考えられ、海水ポンプの取水機能は維持できる。

図 3. 1. 2-3 に残留熱除去系の概略系統を示す。表 3. 1. 2-2 に残留熱除去系の各機器の最小流路幅を示す。

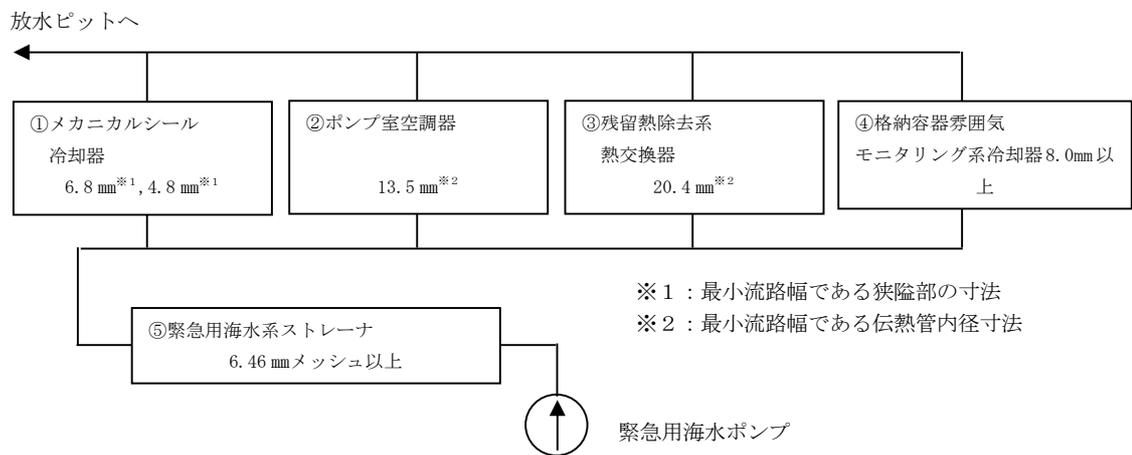


図 3. 1. 2-3 緊急用海水ポンプで海水を供給する残留熱除去系の概略系統図

表 3.1.2-2 残留熱除去系の各機器の最小流路幅（残留熱除去系のうち海水ライン）

海水供給機器		最小流路幅 (mm)	砂粒径 (mm)
①メカニカル シール冷却器	残留熱除去系ポンプ メカニカルシール冷却器	6.8	約 0.15
	低圧炉心スプレイ系ポンプ メカニカルシール冷却器	4.8	
②ポンプ室 空調器	残留熱除去系ポンプ室空調器	13.5	
	低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調器	13.5	
	原子炉隔離時冷却系ポンプ室空調器	13.5	
③残留熱除去系 熱交換器	残留熱除去系熱交換器	20.4	
④格納容器雰囲気 モニタリング系 冷却器	格納容器雰囲気 モニタリング系冷却器	8.0mm 以上	
⑤緊急用海水系 ストレーナ	緊急用海水系ストレーナ	6.46mm メッシュ	

c. 緊急用海水ポンプ軸受の浮遊砂耐性

緊急用海水ポンプ軸受は、図3.1.2-1に示したとおり、浮遊砂が混入しても、軸受に設けた異物逃し溝から排出することで、ポンプの運転に影響のない設計である。また、浮遊砂濃度上昇に対して、気中部の軸受として、より高い耐性を有する軸受（複合軸受）を使用する設計とする。

S A用海水ピット取水塔から緊急用海水ポンプピットまでの敷地に遡上する津波による砂移動に関する数値シミュレーションの結果、緊急用海水ポンプピット部の浮遊砂濃度の最大値は、最大で約0.03 [wt%] である。この値は、非常用海水ポンプの取水ピット部の最大濃度0.48 [wt%] に対し十分低い。残留熱除去系海水系の取水路の概略図を図3.1.2-4、緊急用海水系の非常用取水路の概略図を図3.1.2-5、敷地に遡上する津波の緊急用海水系流路各部の浮遊砂濃度の時刻歴波形を図3.1.2-6、砂移動計算の諸条件を表3.1.2-3に示す。



図 3.1.2-4 残留熱除去系海水系 取水路概略図

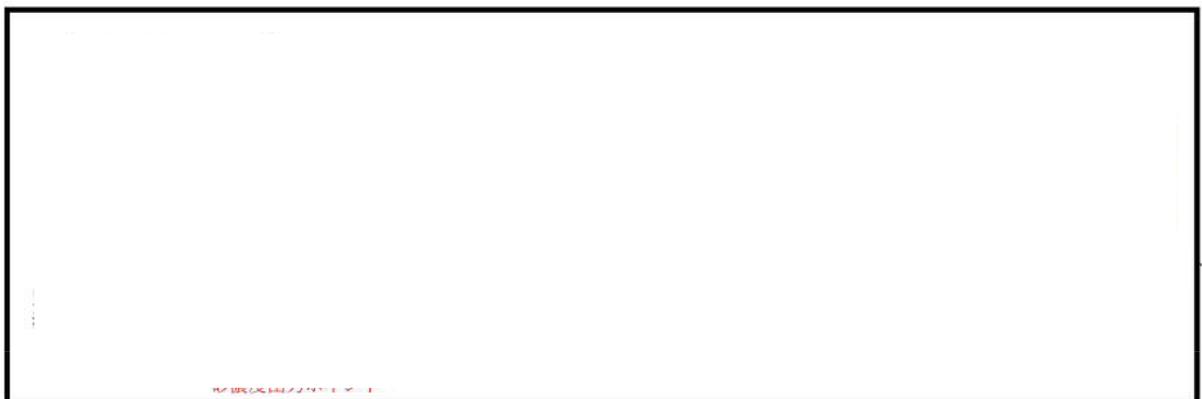


図 3.1.2-5 緊急用海水系 非常用取水路概略図

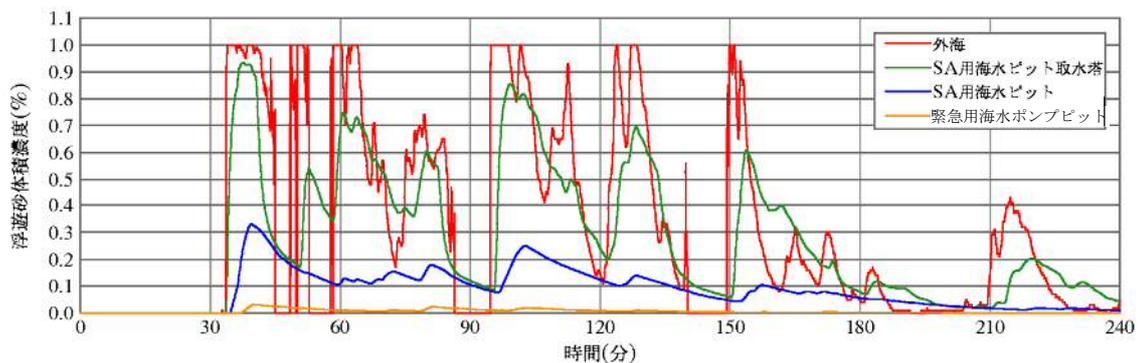


図 3.1.2-6 緊急用海水系流路各部の浮遊砂濃度時刻歴

表 3.1.2-3 砂移動計算の諸条件

	設定値	備考
解析対象範囲	S A用海水取水ピット～S A用海水ピット ～緊急用海水ポンプピット	
砂移動モデル	高橋ほか(1999)によるモデル	
マンニングの粗度 係数	0.03[m ^{-1/3} ・s]	土木学会(2002)より
浮遊砂体積濃度 上限値	1, 3, 5[vol%] うち, 1[vol%]が最もよく砂移動を再現して いると確認できたことから, 上限濃度1%時 の解析結果を採用	
砂の粒径	0.15[mm]	底質調査より設定
砂粒の密度	2.72[g/cm ³]	底質調査より設定

非常用海水ポンプの軸受に浮遊砂が混入した場合のポンプの運転可能時間については、「3.1.1(2)c.(c) 軸受寿命評価 (0.48[wt%])」に示したとおり、評価濃度である 0.48 [wt%] が継続した状態でも約 27 時間運転可能である。このため、敷地に遡上する津波時の浮遊砂濃度が低い緊急用海水ポンプは、非常用海水ポンプと同等以上の継続運転が可能と評価する。

表 3.1.3-1 に浮遊砂濃度とポンプ運転可能時間の関係を示す。

なお、事故シーケンスグループ「津波浸水による最終ヒートシンク喪失」の有効性評価では、24 時間の全交流動力電源喪失を想定していることから、緊急用海水ポンプが事象発生後約 24 時間後の起動となる場合、水位変動に伴う取水性への影響はない。また、これよりも早いタイミングでの起動を想定しても、上述のとおり、非常用海水ポンプと同等以上の継続運転が可能と評価する。

3.1.3 まとめ

非常用海水ポンプの基準津波時の砂移動及び緊急用海水ポンプの敷地に遡上する津波時の砂移動による影響評価を実施した結果、砂の移動・堆積に対して取水経路の通水性が確保でき、浮遊砂の混入に対して機能保持できることを確認した。以下に評価の結果を整理して示す。

(1) 非常用海水ポンプ

- a. 高橋他（1999）、浮遊砂濃度 1%条件における砂移動解析の結果、取水口前面の砂の堆積厚さは、防波堤なしモデル、平均粒径（0.15mm）で 0.36m であり、非常用海水ポンプの取水経路である取水口及び取水路を閉塞させることがなく、非常用海水ポンプの通水性に影響がないことを確認した。
- b. 浮遊砂が非常用海水ポンプ軸受に混入したとしても、軸受には異物逃し溝（最小約 3.7mm）が設けられており、軸受に混入した浮遊砂は逃し溝から排出できる構造になっている。
- c. 非常用海水ポンプによる取水とともに海水系に浮遊砂が混入したとしても、系統の各機器の最小流路幅は砂の平均粒径に対して十分大きく、各機器の閉塞の可能性は小さい。
- d. 非常用海水ポンプ軸受の浮遊砂に対する軸受摩耗試験の結果、想定する砂濃度においても、軸受寿命は約 27 時間と評価され、十分な耐性を有していることを確認した（表 3.1.3-1）。

(2) 緊急用海水ポンプ

- a. 高橋他（1999）、浮遊砂濃度 1%条件における砂移動解析の結果、緊急用海水系の流路である S A 用海水取水ピット～緊急用海水ポンプピットの砂の移動・堆積による影響はなく、緊急用海水ポンプの通水性に影響がないことを確認した。
- b. 浮遊砂が緊急用海水ポンプ軸受に混入したとしても、軸受には異物逃し溝（最小約 3.7mm）が設けられており、軸受に混入した浮遊砂は逃し溝から排出できる構造になっている。
- c. 緊急用海水ポンプによる取水とともに海水系に浮遊砂が混入したとしても、系統の各機器の最小流路幅は砂の平均粒径に対して十分大きく、各機器の閉塞の可能性は小さい。
- d. 緊急用海水ポンプ軸受は、非常用海水ポンプ軸受と同仕様のものを採用することから、十分な耐性を有している（表 3.1.3-1）。

表 3.1.3-1 非常用海水ポンプ及び緊急用海水ポンプの浮遊砂に対する運転時間評価結果

設備名称	ポンプピット近傍 浮遊砂濃度	運転可能 時間 [hr]	備考
非常用海水ポンプ	0.48%（解析値）	27（複合軸受）	基準津波
緊急用海水ポンプ	0.03%	同等以上	敷地に遡上 する津波

3.2 非常用海水ポンプの波力に対する強度評価について

津波発生時の押し波を受けた際の非常用海水ポンプの健全性を評価する。

(1) 評価条件

- a. 基準津波のうち、取水ピットの管路解析により算出された中央部の取水ピット前の流速 2.7m/s を基に、安全側に丸めて 3.0m/s と設定し、非常用海水ポンプに作用する流体力（抗力）を算出する際に用いる。
- b. 非常用海水ポンプに作用する流体力は、定常的な流れがポンプに作用すると仮定して、発生荷重を評価する。
- c. 流木、がれき等の影響は想定しないものとする。
- d. 非常用海水ポンプの地上部（据付部より上の部分）は津波防護対象設備を内包する建屋及び区画として津波から防護されているため、ポンプの中で流体力を受ける範囲として、据付フランジ下端～吸込みベルマウス下端に流体力を受けるものとして評価を実施する。

(2) 評価部位

ポンプ取付ボルト、防振サポート取付ボルト及びポンプ本体（揚水管）に発生する荷重及び応力を評価する。

(3) 押し波によりポンプに発生する流体力

据付フランジより下部に津波が影響することを想定し、流体力を検討した。非常用海水ポンプのベルマウス及び揚水管を円筒形状と仮定し、流速を抑制する構造物（コンクリート躯体等）は無視して評価する。

流体力は流体中の円柱に働く抗力を求める式により、以下のとおり評価できる。

$$F = \frac{1}{2} C_D \cdot \rho \cdot u^2 \cdot A$$

C_D : 抗力係数 (2.0)

F : 抗力 (揚水管に作用する荷重)

ρ : 密度 (1030kg/m³)

u : 流速

A : 流れに垂直な投影面積

本来ピット内構造物により全面に対して流れが作用することはないが、図 3.2-1 に示すように据付フランジ下端から吸込みベルマウス下端までの範囲全体に作用するとして評価する。

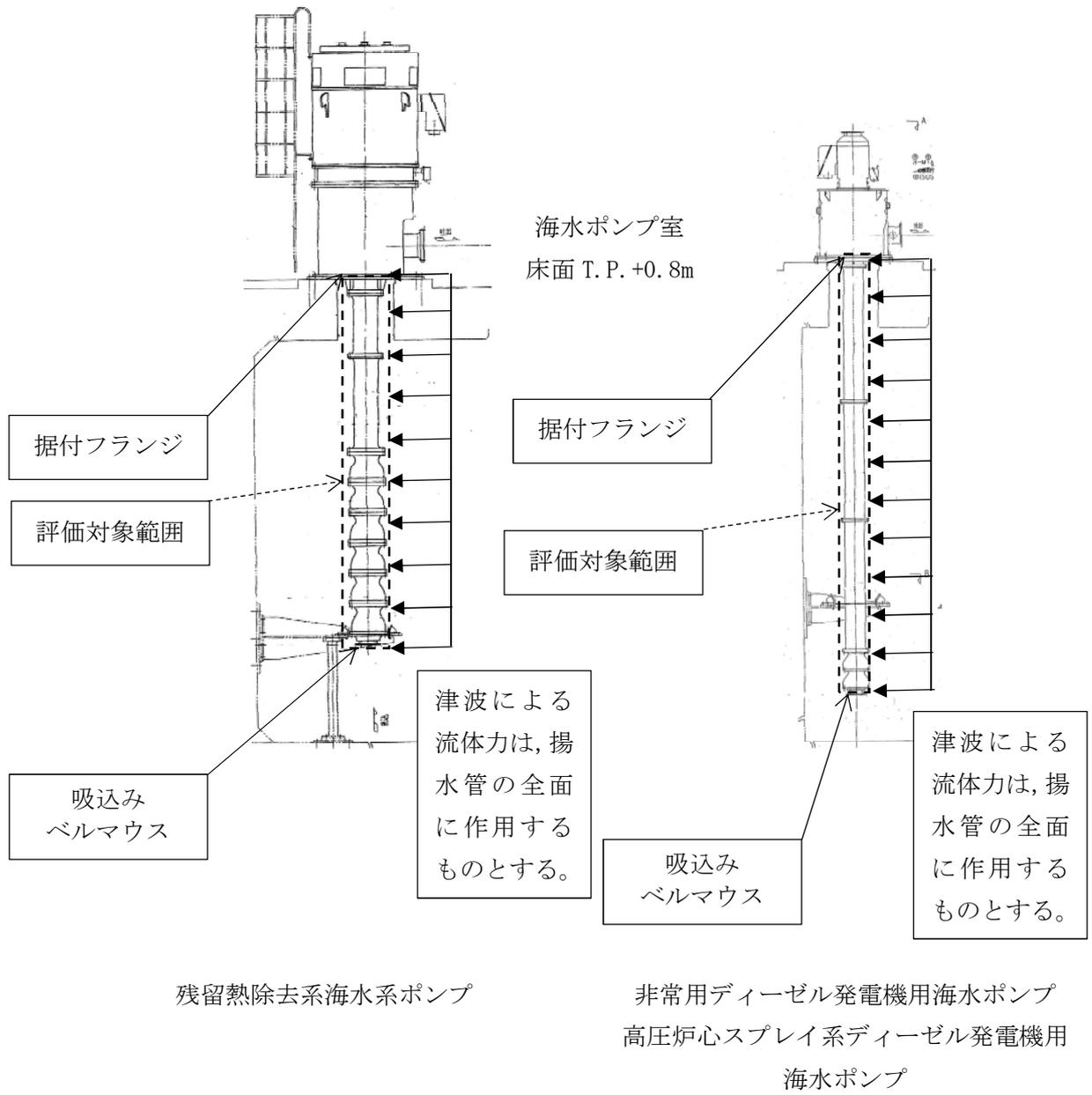


図 3.2-1 ポンプへの津波の作用範囲

(4) 評価対象に作用する荷重と応力

揚水管に津波時の流速 (3.0m/s) で流体力 (抗力) が作用する場合の抗力 F は表 3.2-1 と
なる。

a. 残留熱除去系海水系ポンプ

$$F = \frac{1}{2} C_d \cdot \rho \cdot u^2 \cdot A$$

$$\frac{1}{2} \quad 2.0 \quad 1030 \quad 3.0^2 \quad 4.84380$$

$$44902.0 \text{ [N]}$$

b. 非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ及び高压炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海
水ポンプ

$$F = \frac{1}{2} C_d \cdot \rho \cdot u^2 \cdot A$$

$$\frac{1}{2} \quad 2.0 \quad 1030 \quad 3.0^2 \quad 3.23919$$

$$30027.3 \text{ [N]}$$

表 3.2-1 津波により作用する抗力 (据付フランジから下部)

	残留熱除去系海水系ポンプ	非常用ディーゼル 発電機用海水ポンプ 高压炉心スプレイ系ディーゼル 発電機用海水ポンプ
吸込みベルマウス外径 (m)		
据付フランジ下端から吸込みベ ルマウス下端までの長さ (m)		
投影面積 A (m ²)	4.84380	3.23919
抗力 F (N)	44902.0	30027.3

* 抗力が大きくなるように、投影面積が大きめに評価できる寸法として、吸込みベルマウス外径
の幅の投影面積を考慮する。

(5) 据付フランジ部及び防振サポート部に発生する荷重

残留熱除去系海水系ポンプ，非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプの防振サポートは，いずれも1箇所となっている。このため，以下に示す評価条件で評価を行う。

- a. 据付フランジ部及び防振サポート部の合計2箇所の単純支持点により，津波の荷重を受け持つ。図3.2-2に評価モデルを示す。
- b. 津波の流速は「(1) 評価条件」で示した流速，揚水管の抗力は表3.2-1に示す抗力を用いる。

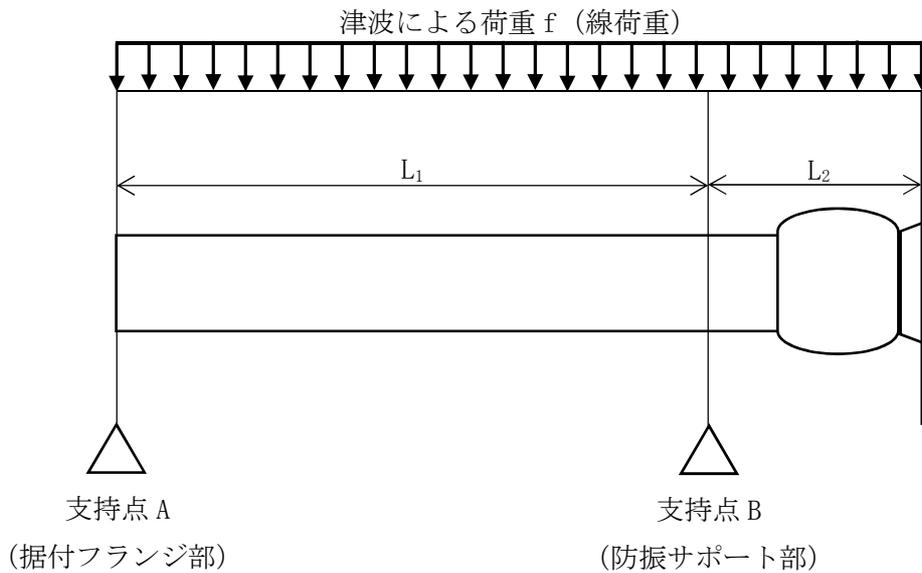


図 3.2-2 据付フランジ部及び防振サポート部に発生する荷重の評価モデル

- c. 上記 a. 及び b. より，津波による荷重 f ，支持点 A に作用する反力 R_A 及び曲げモーメント M_A 並びに支持点 B に作用する反力 R_B 及び曲げモーメント M_B は，以下のとおり評価できる。また，表 3.2-2 に評価結果を示す。

$$f = \frac{F}{L_1 + L_2}$$

$$R_A = \frac{f(L_1^2 - L_2^2)}{2L_1}$$

$$R_B = \frac{f(L_1 + L_2)^2}{2L_1}$$

$$M_A = 0$$

$$M_B = -\frac{fL_2^2}{2}$$

f : 津波による荷重 (線荷重)

L_1 : 据付フランジ下端から防振サポートまでの長さ

L_2 : 防振サポートから吸込みベルマウス下端までの長さ

R_A : 支持点 A に作用する反力

R_B : 支持点 B に作用する反力

M_A : 支持点 A に作用する曲げモーメント

M_B : 支持点 B に作用する曲げモーメント

(a) 残留熱除去系海水系ポンプ

$$f = \frac{F}{L_1 L_2}$$

6396.30 [N / m]

$$R_A = \frac{f(L_1^2 - L_2^2)}{2L_1}$$

21819.7 [N]

$$R_B = \frac{f(L_1 + L_2)^2}{2L_1}$$

23082.3 [N]

$$M_A = 0$$

$$M_B = -\frac{fL_2^2}{2}$$

(b) 非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ及び高压炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ

$$f = \frac{F}{L_1 L_2}$$

3986.10 [N / m]

$$R_A = \frac{f(L_1^2 - L_2^2)}{2L_1}$$

11108.3 [N]

$$R_B = \frac{f(L_1 + L_2)^2}{2L_1}$$

18919.0 [N]

$$M_A = 0$$

$$M_B = -\frac{fL_2^2}{2}$$

表 3.2-2 津波により据付フランジ部及び防振サポート部に作用する荷重

	残留熱除去系海水系ポンプ	非常用ディーゼル 発電機用海水ポンプ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル 発電機用海水ポンプ
津波による荷重 f (N/m)	6396.30	3986.10
据付フランジ下端から防振サポートまでの長さ L ₁ (m)		
防振サポートから吸込みベルマウス下端までの長さ L ₂ (m)		
支持点 A に作用する反力 R _A (N)	21819.7	11108.3
支持点 B に作用する反力 R _B (N)	23082.3	18919.0
支持点 A に作用する曲げモーメント M _A (Nm)	0	0
支持点 B に作用する曲げモーメント M _B (Nm)		

(6) 防振サポート部の取付ボルトの評価

図 3.2-3 に示されるように、残留熱除去系海水系ポンプは吸込みベルマウスの廻りを、非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプは揚水管の廻りを 4 方向から支持しているため、安全側に 1 方向のみのサポートに荷重が作用すると仮定する。サポートは、取付ボルトにより架鋼に固定されることから、防振サポート部に作用する反力が 1 箇所をサポートに作用した時の防振サポート取付ボルトの応力を算出して評価する。

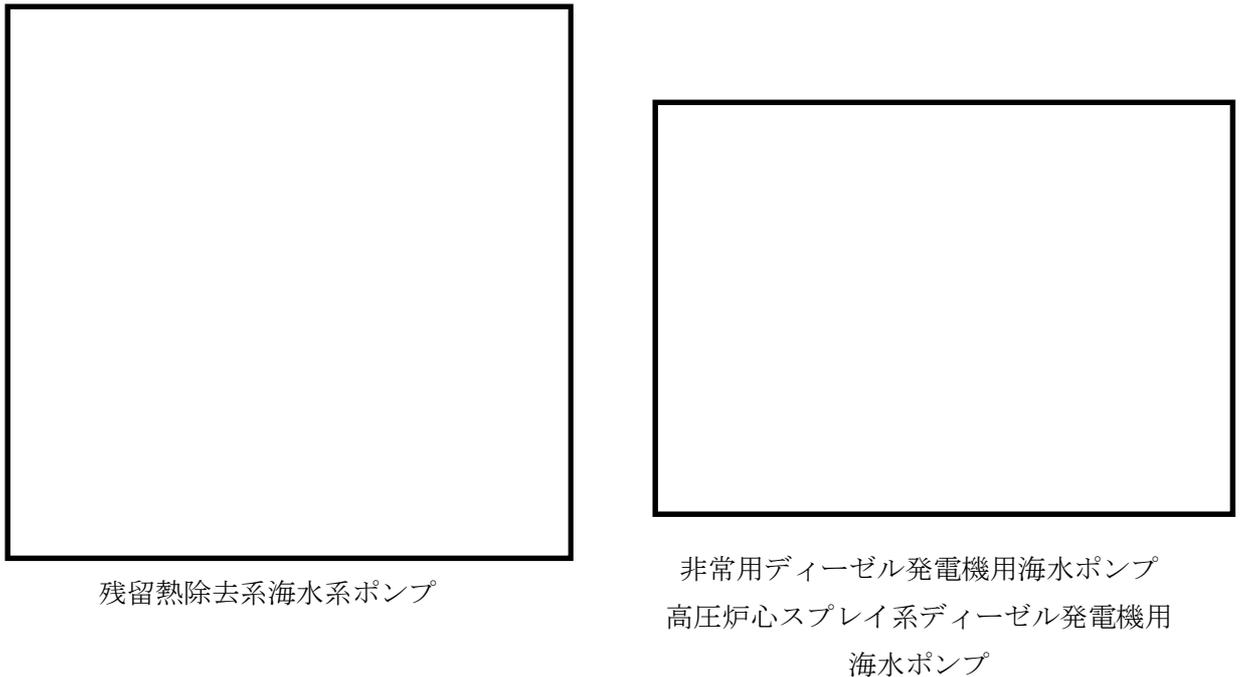


図 3.2-3 防振サポート上面図

防振サポート取付ボルトには、せん断応力が作用することから以下のとおり評価できる。また、表 3.2-3 に評価結果を示す。

$$\tau_{sb} = \frac{R_B}{n_{sb} \cdot A_{sb}}$$

A_{sb} : 防振サポート取付ボルトの断面積

n_{sb} : 防振サポート取付ボルトの本数

τ_{sb} : 防振サポート取付ボルトに発生するせん断応力

a. 残留熱除去系海水系ポンプ

$$\tau_{sb} = \frac{R_B}{n_{sb} \cdot A_{sb}}$$


b. 非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ及び高压炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ

$$\tau_{sb} = \frac{R_B}{n_{sb} \cdot A_{sb}}$$


表 3.2-3 防振サポート取付ボルトに発生するせん断応力

	残留熱除去系海水系ポンプ	非常用ディーゼル 発電機用海水ポンプ 高压炉心スプレイ系ディーゼル 発電機用海水ポンプ
防振サポート取付ボルト呼び径		
防振サポート取付ボルト材質		
防振サポート取付ボルト本数 n_{sb} (本 (サポート 1 箇所当り))		
防振サポート取付ボルトに発生 するせん断応力 τ_{sb} (MPa)		

(7) ポンプ取付ボルトの評価

a. ポンプ取付ボルトの引張応力

揚水管に津波による流体力が作用した場合のポンプ取付ボルトの引張応力を算出するため、据付フランジ部を固定端として、据付フランジ部から防振サポート部までに荷重が作用すると仮定し、防振サポート部を自由端として据付フランジ部でのモーメントを算出し、ポンプ取付ボルトの引張応力を求める。図 3.2-4 に評価モデルを示す。

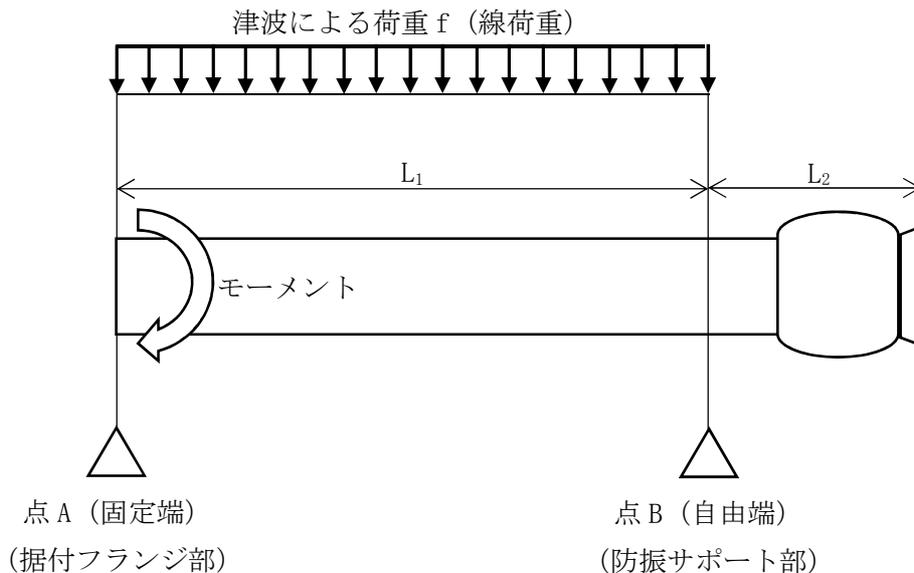


図 3.2-4 据付フランジ部に発生する荷重（ポンプ取付ボルトの引張応力）の評価モデル

評価条件について以下に示す。

- ① 据付フランジ部を固定端（点 A）とし、防振サポート部（点 B）までの距離 L_1 で評価する。
- ② 点 B は自由端とし、 L_1 の範囲に分布荷重が作用するものとし、「(5) 据付フランジ部及び防振サポート部に発生する荷重」での津波による荷重（線荷重） f と同じとする。
- ③ 点 B より下部の荷重及びモーメントは考慮しない。また、据付フランジより上部の影響は考慮しない。
- ④ ポンプ取付ボルトに発生する引張応力は、以下の条件で算出する。
 - ・ 機器の質量は考慮しないものとする。
 - ・ ボルトの初期締付力は考慮しないものとする。
 - ・ ポンプの据付フランジとポンプベースの摩擦は考慮しないものとする。

以上より、津波による流体力が作用した場合のポンプ取付ボルトの引張応力 σ_{fbt} は、以下のとおり評価できる。また、表 3.2-4 に評価結果を示す。

据付フランジ部に作用するモーメントは、次のとおり。

$$M_f = \frac{f \cdot L_1^2}{2}$$

据付フランジに作用するモーメントとポンプ取付ボルトに発生する引張力は、次式に示す関係となる。(図 3.2-5 参照)

$$M_f = 2 \sum_{i=1}^n F_i \cdot l_i$$

$$\frac{F_i}{l_i} = \text{一定}$$

ポンプ取付ボルトに発生する最大引張応力は F_n となり、次式で求める。

$$F_n = \frac{M_f \cdot l_n}{2 \sum_{i=1}^n l_i^2}$$

このとき、ポンプ取付ボルトに発生する引張応力は、次式で求める。

$$\sigma_{fbt} = \frac{F_n}{A_{fb}}$$

M_f : 据付フランジに作用するモーメント

F_i : 据付フランジに作用するモーメントの支点から i 番目のポンプ取付ボルトに発生する引張力 (F_n のときに最大となる。)

l_i : 据付フランジに作用するモーメントの支点から i 番目のポンプ取付ボルトまでの距離

σ_{fbt} : ポンプ取付ボルトに発生する最大引張応力

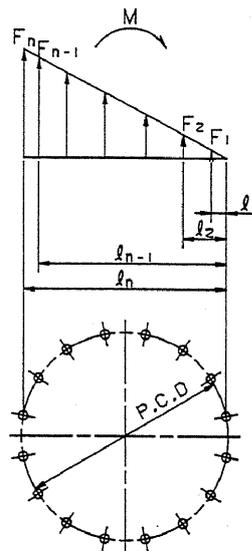
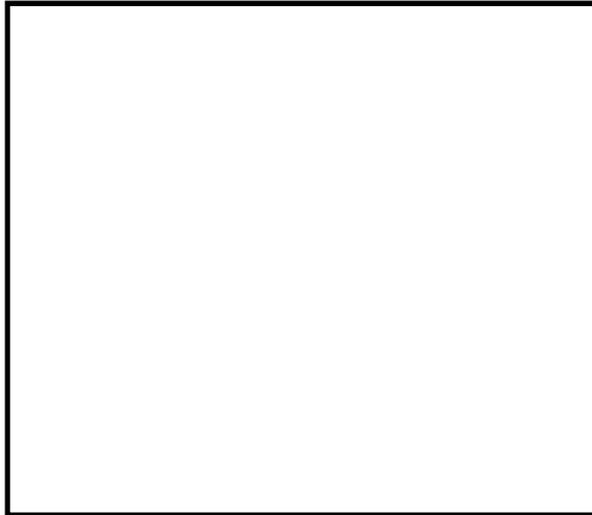


図 3.2-5 据付フランジ部にモーメントが作用する場合のポンプ取付ボルトの引張力

(a) 残留熱除去系海水系ポンプ



$$M_f = \frac{f \cdot L_1^2}{2}$$

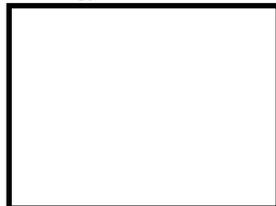


$$F_n = \frac{M_f \cdot l_n}{2 \sum_{i=1}^n l_i^2}$$

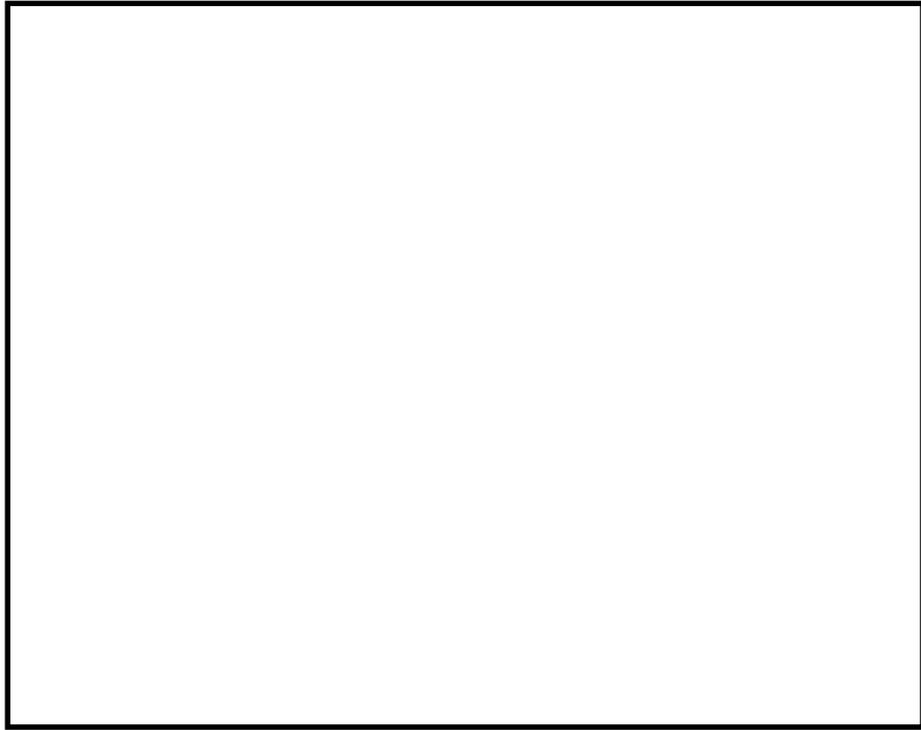


56539.7 [N]

$$\sigma_{fbt} = \frac{F_n}{A_{fb}}$$



(b) 非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ



$$M_f = \frac{f \cdot L_1^2}{2}$$



$$F_n = \frac{M_f \cdot l_n}{2 \sum_{i=1}^n l_i^2}$$



17781.2 [N]

$$\sigma_{fbt} = \frac{F_n}{A_{fb}}$$



表 3.2-4 ポンプ取付ボルトに発生する引張応力

	残留熱除去系海水系ポンプ	非常用ディーゼル 発電機用海水ポンプ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル 発電機用海水ポンプ
ポンプ取付ボルト呼び径		
ポンプ取付ボルト材質		
ポンプ取付ボルト本数 n_{fb} (本)		
据付フランジに作用するモーメント M_f (Nm)		
ポンプ取付ボルトの最大引張力 F_n (N)	56539.7	17781.2
ポンプ取付ボルトの引張応力 σ_{fbt} (MPa)		

b. ポンプ取付ボルトのせん断応力

揚水管に津波による流体力が作用した場合のポンプ取付ボルトのせん断応力を算出するため、据付フランジ部から吸込みベルマウス下端までに荷重が作用すると仮定し、ポンプ取付ボルト全数で荷重を受けるものとして、次式により求める。また、表 3.2-5 に評価結果を示す。

$$\tau_{fbt} = \frac{F}{n_{fb} \cdot A_{fb}}$$

τ_{fb} ポンプ取付ボルトに発生するせん断応力

(a) 残留熱除去系海水系ポンプ

$$\tau_{fbt} = \frac{F}{n_{fb} \cdot A_{fb}}$$



(b) 非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ

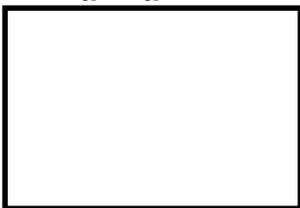
$$\tau_{fbt} = \frac{F}{n_{fb} \cdot A_{fb}}$$


表 3.2-5 ポンプ取付ボルトに発生するせん断応力

	残留熱除去系海水系ポンプ	非常用ディーゼル 発電機用海水ポンプ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル 発電機用海水ポンプ
ポンプ取付ボルトの引張応力 τ_{fbt} (MPa)		

(8) ポンプ本体（揚水管）の評価

防振サポートが十分な強度を有していると仮定して、ポンプ本体（揚水管）の概略評価を行う。

防振サポート部の揚水管に発生する曲げ応力の評価を行う。

図 3.2-6 に示すように揚水管を一般部の厚さの薄肉円筒形を見なして、防振サポート部に曲げモーメント M_B が作用する場合の揚水管に発生する曲げ応力を次式により求める。また、表 3.2-6 に評価結果を示す。

$$Z_c = \frac{\pi}{4} \cdot t \cdot d_m^2$$

$$\sigma_c = \frac{M_B}{Z_c}$$

Z_c : 揚水管の断面係数

t : 揚水管の厚さ（一般部）

d_m : 揚水管の平均直径（直径に対して薄未来のため外径寸法にて評価）

σ_c : 揚水管の曲げ応力

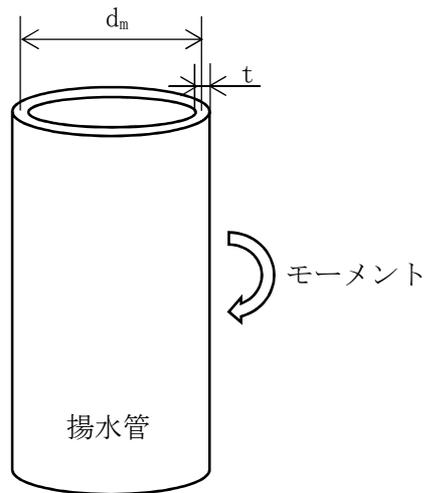


図 3.2-6 ポンプ本体（揚水管）の評価モデル

a. 残留熱除去系海水系ポンプ

$$Z_c = \frac{\pi \cdot t \cdot d_m^2}{4}$$

0.00201421 [m³]

$$\sigma_c = \frac{M_B}{Z_c}$$

b. 非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ及び高压炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ

$$Z_c = \frac{\pi \cdot t \cdot d_m^2}{4}$$

0.00079673 [m³]

$$\sigma_c = \frac{M_B}{Z_c}$$

表 3.2-6 ポンプ取付ボルトに発生するせん断応力

	残留熱除去系海水系ポンプ	非常用ディーゼル 発電機用海水ポンプ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル 発電機用海水ポンプ
揚水管の厚さ（一般部） t (m)		
揚水管の平均直径（直径に対して薄未来のため外径寸法にて評価） d_m (m)		
揚水管の断面係数 Z_c (mm ³)	0.00201421	0.00079673
揚水管の曲げ応力 σ_c (MPa)		

(8) ポンプ本体（揚水管）の評価

押し波条件（津波の流速 3.0m/s）において、残留熱除去系海水系ポンプ、非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプに発生する応力は許容応力以下であり、ポンプの健全性は確保されると評価する。評価結果を表 3.2-7 及び表 3.2-8 に示す。

表 3.2-7 評価結果一覧（残留熱除去系海水系ポンプ）

評価部位	材料	項目	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
ポンプ取付ボルト		引張		
		せん断		
防振サポート取付ボルト		せん断		
ポンプ本体（揚水管）		曲げ		

表 3.2-8 評価結果一覧（非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ
及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ）

評価部位	材料	項目	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
ポンプ取付ボルト		引張		
		せん断		
防振サポート取付ボルト		せん断		
ポンプ本体（揚水管）		曲げ		

3.3 除塵装置の取水性への影響について

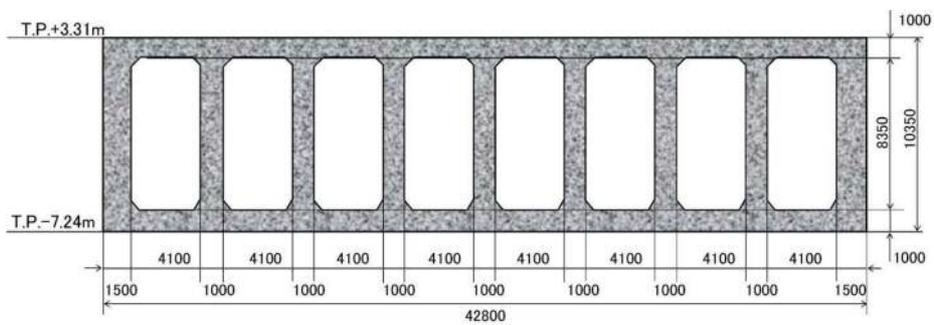
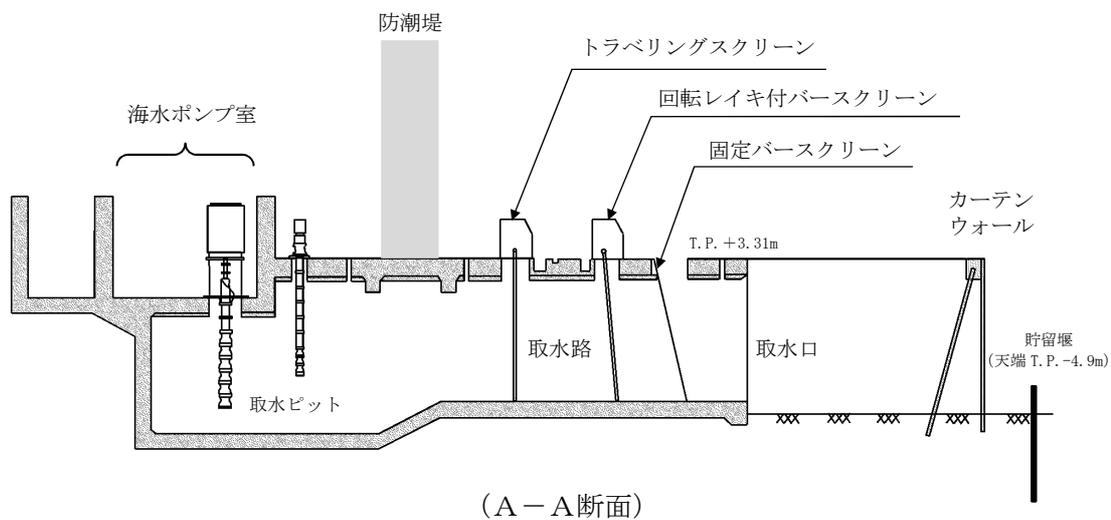
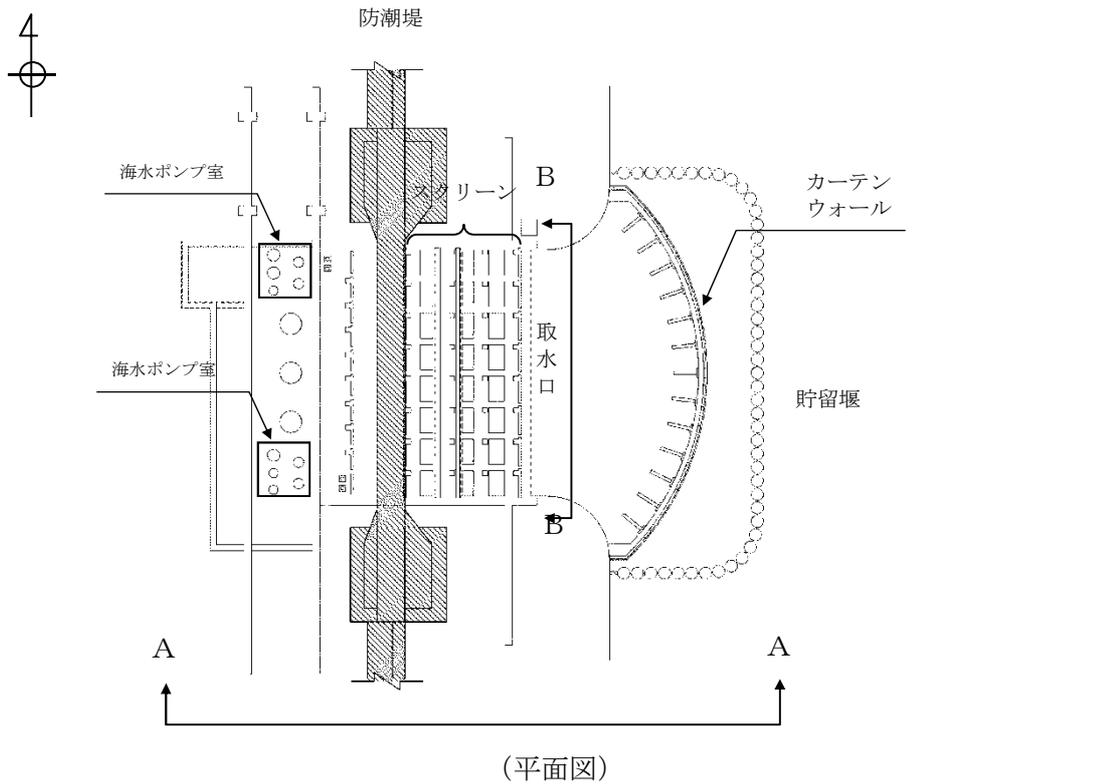
取水構造物には、除塵装置として固定バースクリーン、回転レイキ付バースクリーン及びトラベリングスクリーンが設置されており、基準津波による水位差に対して構造健全性が確保され、残留熱除去系海水系ポンプ、非常用ディーゼル発電機用海水系ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ（以下、「非常用取水ポンプ」という。）の取水性へ影響を及ぼさないことを確認する。

(1) 除塵装置の構造

除塵装置は、取水する海水中の塵芥を除去するために、取水口から取水ピットに至る取水路の経路 8 区画に対して設置されており、取水口から固定バースクリーン、回転レイキ付バースクリーン、トラベリングスクリーンの順に設置されている。図 3.3-1 に除塵装置の配置図、図 3.3-2 に除塵装置の概略構造図を示す。

固定バースクリーンは、鋼材を溶接により格子状に接合した固定バー枠構造であり、取水路 1 区画当たり 4 分割された固定バー枠からなる。固定バー枠の上端及び下端は取水路に支持され、中間部分は中間受桁により支持される。

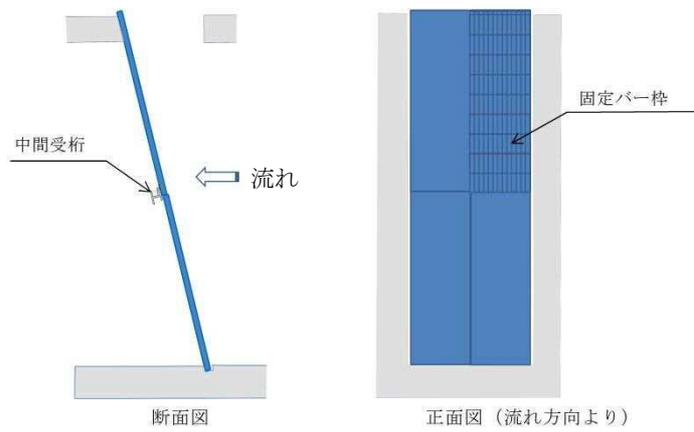
回転レイキ付バースクリーン及びトラベリングスクリーンは、それぞれ多数のバスケット（バー枠又は網枠）がキャリングチェーンにより接合された構造であり、キャリングチェーンは上部の駆動機構により回転する。下部スプロケットは取水路、上部スプロケットは駆動装置に支持される。



単位：mm

(B-B断面)

図 3.3-1 除塵装置配置図



(固定バースクリーン)

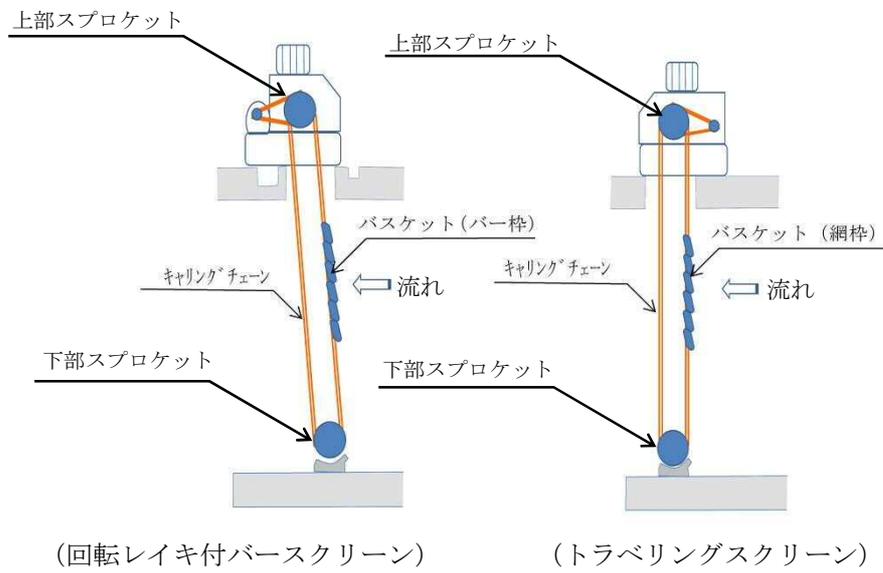


図 3.3-2 除塵装置概略構造図

(2) 構造健全性評価

以下に、基準津波に対する除塵装置の構造健全性を評価し、非常用海水ポンプの取水性への影響について確認した結果を示す。

a. 評価条件

- (a) 取水路内の津波流速は、取水路の管路解析により得られた取水口前面の流速である 1.5m/s を適用する。(図 3.3-3 参照)
- (b) 取水路内流速 1.5m/s において、除塵装置に生じる水位差（損失水頭）が設計水位差内に収まっていることを確認する。
- (c) 除塵装置に生じる水位差が設計水位差を超える場合には、構造部材の強度評価を実施する。

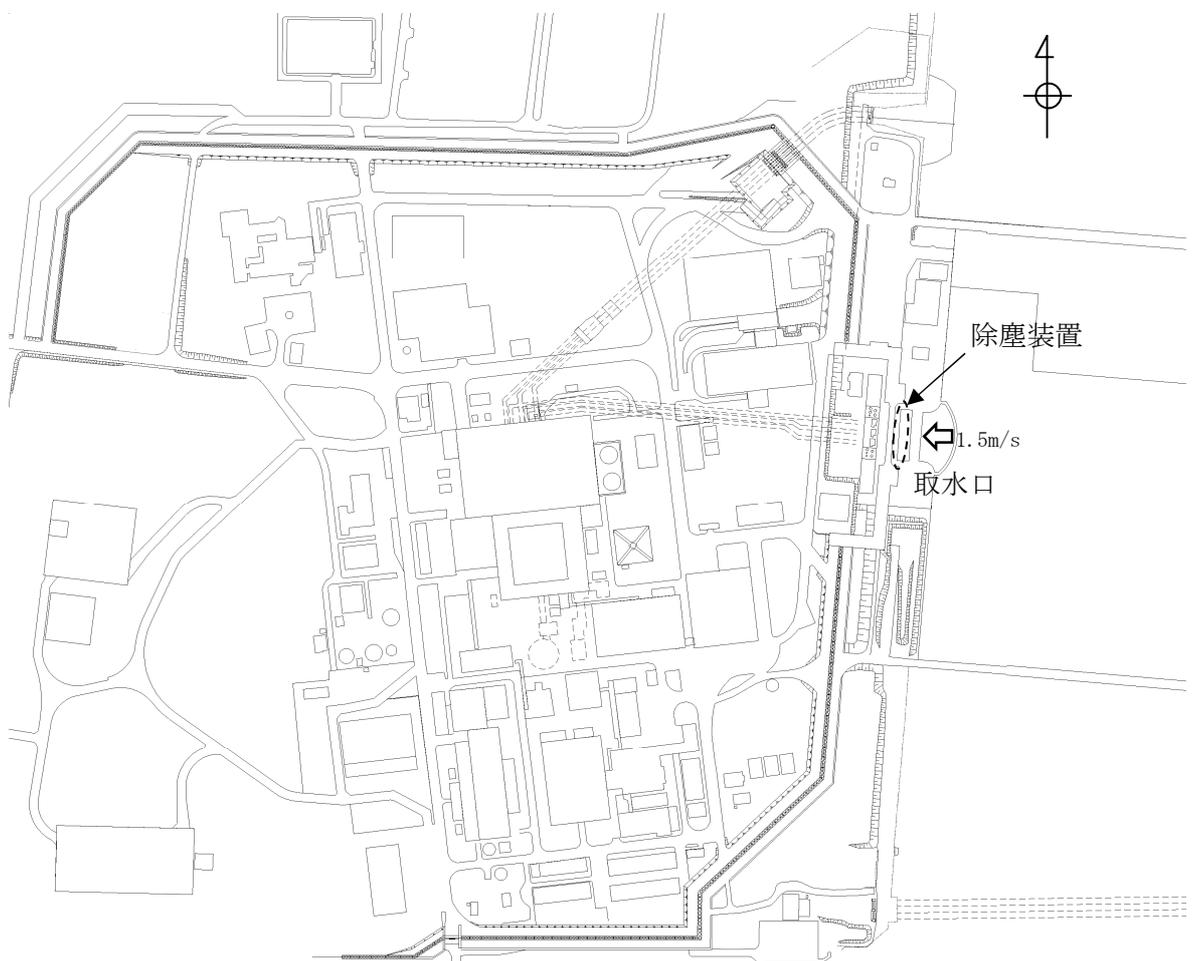


図 3.3-3 取水口及び除塵装置配置図

b. 評価結果

以下に、除塵装置の基準津波に対する構造健全性の評価結果及び非常用取水ポンプの取水性への影響の確認結果を示す。

固定バースクリーンについては、設計水位差内であったが、回転レイキ付バースクリーン及びトラベリングスクリーンについては、設計水位差以上であった。

このため、回転レイキ付バースクリーン及びトラベリングスクリーンに対して、基準津波により生じる水位差によって発生する荷重又は応力を評価した。その結果、各スクリーンの許容値以下であることを確認した。

以上の確認結果より、いずれの除塵装置においても基準津波によって破損することはないと漂流物にならないため、非常用海水ポンプの取水性に影響を及ぼすものではないことを確認した。表 3.3-1 に除塵装置の取水性影響評価結果を示す。

表 3.3-1 除塵装置の取水性影響評価結果

設備	部材	設計水位差	流速 1.5m/s 時の水位差	基準津波による水位差の際の発生値/許容値	判定
①固定バースクリーン	バースクリーン	0.5m	0.2m	—	○
	中間受桁	0.5m	0.2m	—	○
②回転レイキ付バースクリーン	キャリングチェーン	1.5m	1.5m	124kN/156kN (張力/許容張力)	○
	バスケット(バー枠)	1.5m	1.5m	84N/mm ² / 156N/mm ² (発生応力/許容応力)	○
③トラベリングスクリーン	キャリングチェーン	1.5m	2.0m	138kN / 156kN (張力/許容張力)	○
	バスケット(網枠)	1.5m	2.0m	149N/mm ² / 156N/mm ² (発生応力/許容応力)	○

4.1 設計に用いる遡上波の流速について

津波防護施設への漂流物荷重は、構造物に対する漂流物の流速に依存するため、防潮堤及び貯留堰についての流速を整理した。

遡上波の流速は、基準津波による平面2次元津波シミュレーション結果の値を用いる。

4.1.1 防潮堤

(1) 基準津波時

基準津波時の流速は平面2次元津波シミュレーション（防波堤無しモデル）で最も大きくなる。防波堤無しモデルでの基準津波時における防潮堤前面海域での評価点及び最大流速一覧を図4.1-1及び表4.1-1に示す。最大流速の内、全方向最大流速は、各評価点において V_x 及び V_y の流速時刻歴から全方向での流速が最大となる時刻のものを抽出して求めた。表中にその時の V_x 及び V_y もあわせて記載した。

同様に、防潮堤近傍での評価点を図4.1-2に示す。そのうち、各評価点での各方向での最大流速ベクトルを図示したものを図4.1-3、防潮堤に向かう法線方向を図示したものを図4.1-4に示す。また、各評価点における各方向での最大流速一覧を表4.1-2に示す。最大流速の内、全方向最大流速は、各評価点において V_x 及び V_y の流速時刻歴から全方向での流速が最大となる時刻のものを抽出して求めた。表中にその時の V_x 及び V_y もあわせて記載した。

防潮堤前面海域では流速に大きな傾向の違いは見られず、防潮堤近傍のF-1地点で最大の流速が確認できる。

防潮堤近傍では、防潮堤北側で防潮堤のない方向へ流れて行くNo.08-a（防潮堤北東側）で最大流速となっている。

以上の結果から、防潮堤に対する法線方向を含む全ての方向の流速ベクトルの中での最大流速は防潮堤近傍のNo.08-a地点（防潮堤北東側）で10.71 m/sとなる。

防潮堤近傍の最大流速発生地点の流速時刻歴及び波高時刻歴を図4.1-5に示す。

防潮堤の設計に用いる遡上波の流速は、漂流物荷重の大きさは構造物に対して法線方向の流速による影響が大きいため、本来は法線方向の速度値に着目するが、ここでは保守的に全ての方向の流速ベクトルを含めた中での最大流速の数値を切り上げた11.0 m/sとする。すなわち、この設計用の流速は、防潮堤近傍における基準津波時の法線方向最大流速である7.08 m/sを5割増した値に相当する。

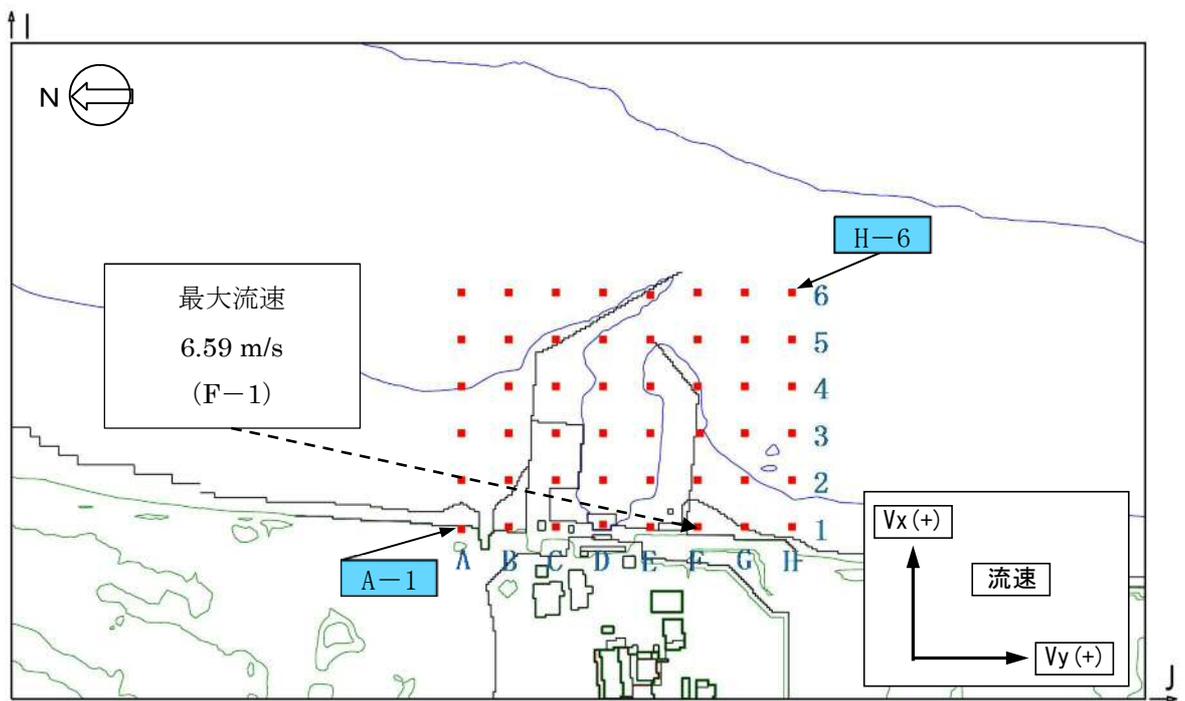


図 4.1-1 防潮堤前面海域での評価点

表 4.1-1 防潮堤前面海域での各方向での最大流速一覧

評価位置	Vx方向最大流速 (m/s)	Vy方向最大流速 (m/s)	全方向最大流速 (m/s)		
			V x	V y	全方向 ($\sqrt{V_x^2+V_y^2}$)
A-1	-5.53	-2.05	-5.53	-0.42	5.55
A-2	-5.32	2.90	-5.32	-0.99	5.41
A-3	-4.85	-2.18	-4.85	-1.57	5.10
A-4	-4.61	3.55	-4.61	-3.55	5.82
A-5	-3.58	-3.01	-3.58	-2.37	4.29
A-6	-3.39	-2.99	-3.39	-1.55	3.72
B-1	-5.68	-2.09	-5.68	1.32	5.83
B-2	-4.56	-2.09	-4.56	-0.15	4.56
B-3	-4.60	-2.26	-4.60	-1.76	4.92
B-4	-4.75	-2.31	-4.74	-2.01	5.15
B-5	-4.22	-3.56	-4.22	-3.07	5.21
B-6	-3.27	-3.19	2.84	2.67	3.90
C-1	-6.00	-3.34	-6.00	-1.01	6.08
C-2	-6.21	2.22	-6.21	-1.58	6.41
C-3	-5.85	-2.73	-5.85	-0.63	5.88
C-4	-3.91	4.05	1.91	3.82	4.27
C-5	-4.25	-4.81	-4.25	-4.43	6.14
C-6	-3.14	3.27	2.25	3.27	3.97
D-1	-2.80	-1.95	-2.80	-1.08	3.00
D-2	-3.90	-1.48	-3.90	-1.06	4.04
D-3	-4.57	1.42	-4.57	0.51	4.60
D-4	-5.03	-2.57	-5.03	-0.67	5.07
D-5	-3.47	-4.20	-1.56	-4.14	4.42
D-6	-3.29	-2.75	-3.29	-1.96	3.83
E-1	-2.23	2.06	-2.01	1.83	2.72
E-2	-3.82	-1.96	-3.82	-1.03	3.96
E-3	-3.84	-1.93	-3.84	-0.75	3.92
E-4	-4.00	-3.70	-4.00	-0.97	4.11
E-5	-3.36	-5.82	-1.07	-5.82	5.91
E-6	-4.26	-3.79	-4.26	0.50	4.29
F-1	-6.36	1.95	-6.36	-1.72	6.59
F-2	-3.88	4.75	2.01	4.75	5.15
F-3	-4.83	-1.86	-4.83	-0.27	4.84
F-4	-3.86	-2.62	-3.84	-0.88	3.94
F-5	-3.31	-2.75	-3.31	-0.77	3.39
F-6	-3.19	2.68	2.84	2.13	3.55
G-1	-3.62	-2.24	-3.62	-1.33	3.86
G-2	-5.30	-2.02	-5.30	-1.90	5.63
G-3	-3.91	-1.79	-3.91	-0.38	3.92
G-4	-3.62	-1.61	-3.62	-0.63	3.67
G-5	-3.41	-2.04	-3.41	-0.73	3.48
G-6	-3.15	2.62	-3.07	-1.05	3.24
H-1	-3.47	-1.91	-3.47	-0.94	3.60
H-2	-3.90	-1.91	-3.90	-0.43	3.92
H-3	-3.77	-1.84	-3.77	-0.56	3.81
H-4	-3.60	-1.54	-3.60	-0.64	3.65
H-5	-3.42	-1.78	-3.42	-0.58	3.47
H-6	-3.20	2.30	-3.20	-0.89	3.32

 : 防潮堤前面海域における各方向での最大流速

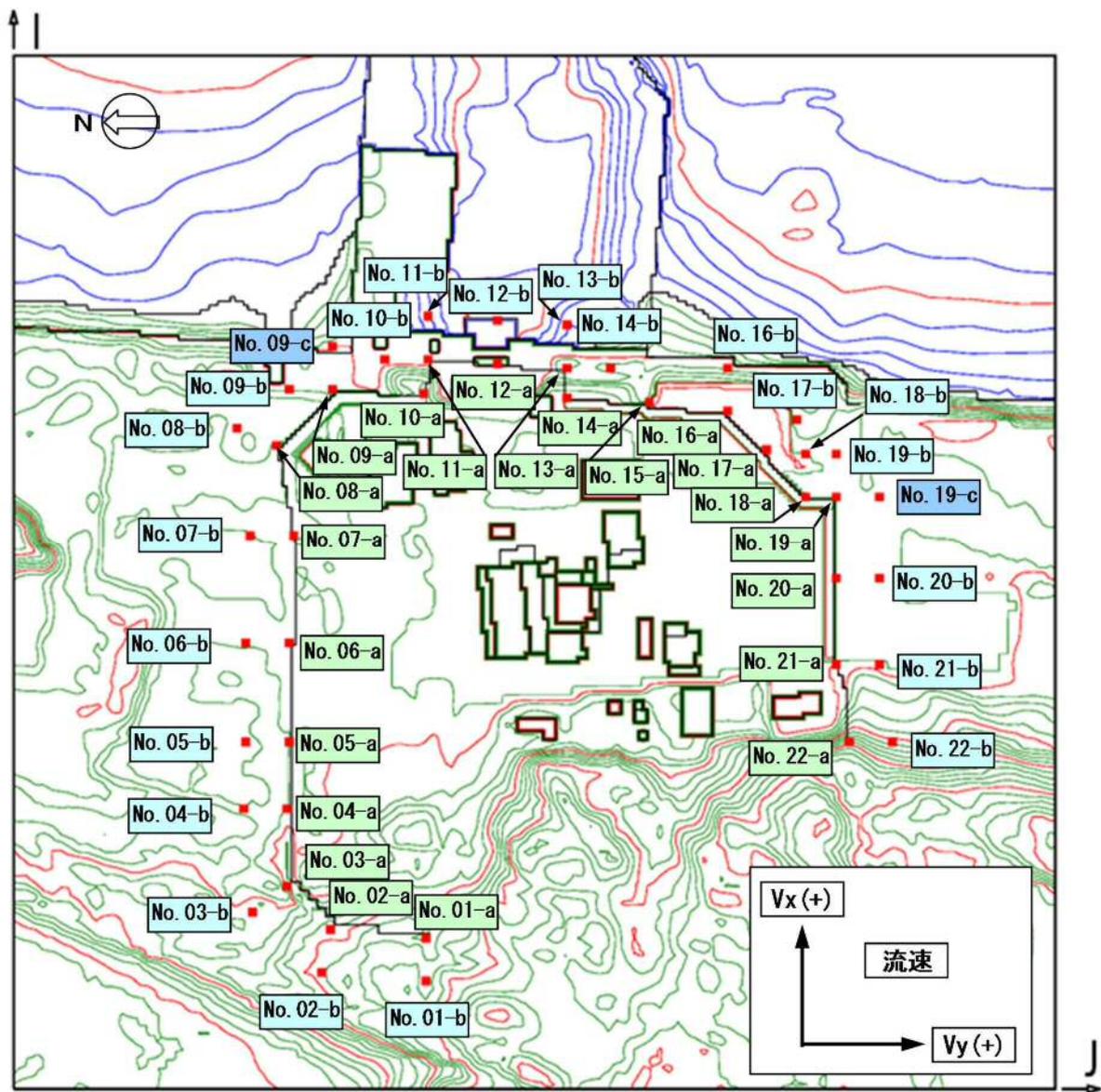


図 4.1-2 防潮堤近傍での評価点

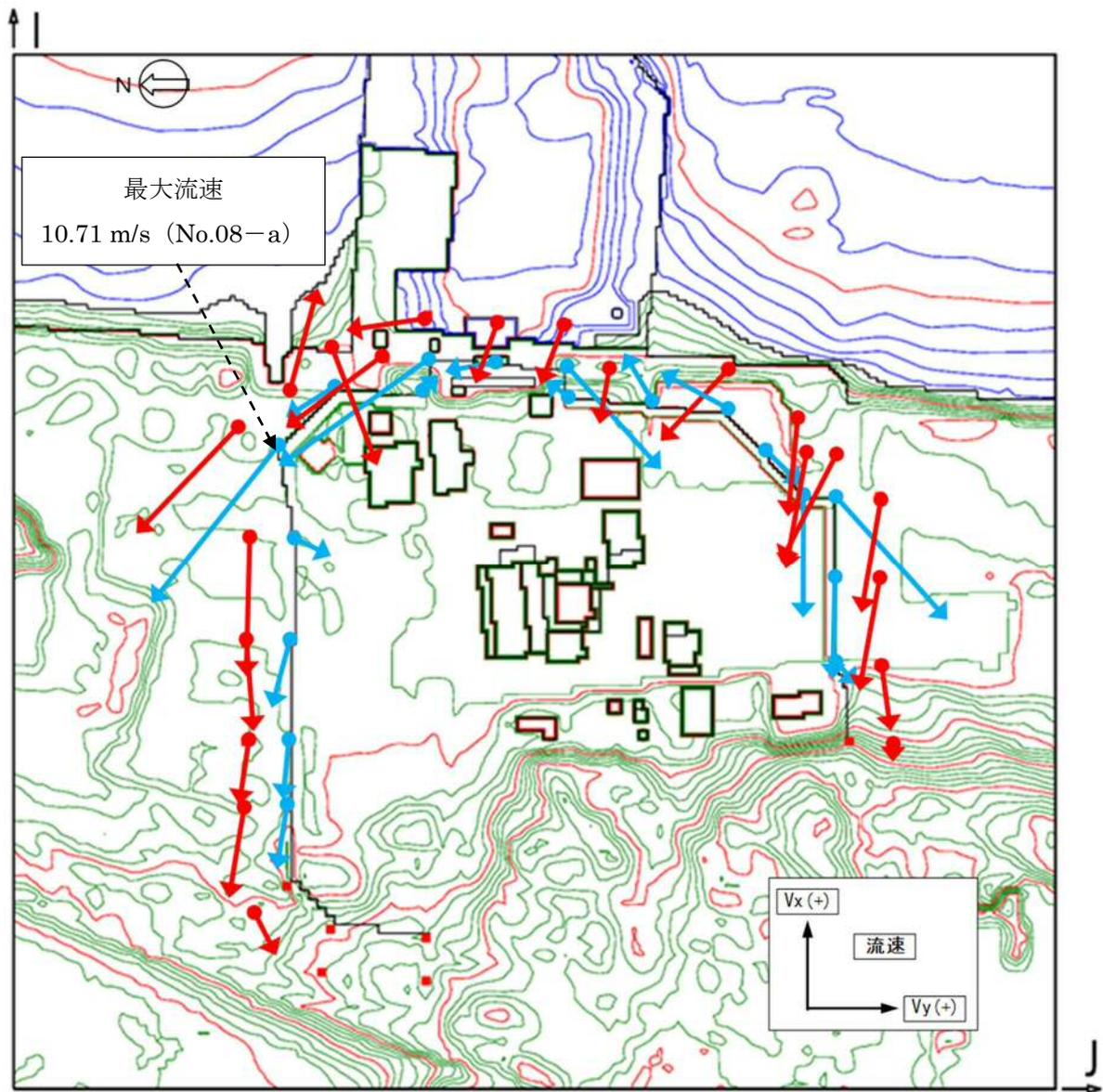


図 4.1-3 各評価点での最大流速

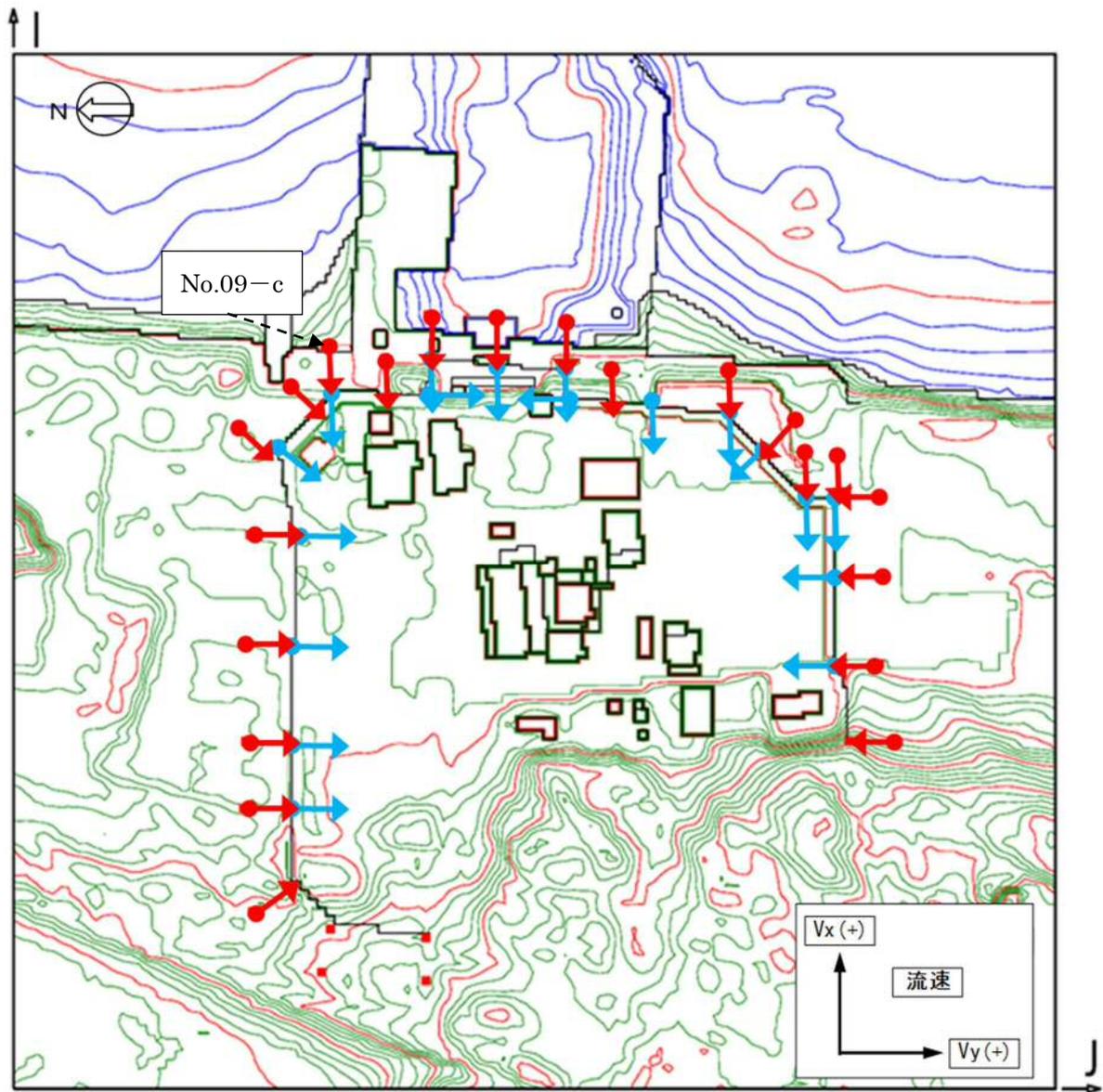


図 4.1-4 各評価点での法線方向

表 4.1-2 防潮堤近傍での各方向での最大流速一覧

評価位置	Vx方向最大流速 (m/s)	Vy方向最大流速 (m/s)	法線方向最大流速 (m/s)	全方向最大流速 (m/s)		
				V x	V y	全方向 ($\sqrt{V_x^2+V_y^2}$)
No. 01-a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
No. 02-a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
No. 03-a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
No. 04-a	-3.57	0.64	0.25	-3.57	-0.44	3.60
No. 05-a	-3.16	0.59	0.59	-3.16	-0.22	3.16
No. 06-a	-3.69	-1.03	0.60	-3.69	-1.03	3.83
No. 07-a	1.62	1.73	1.73	-0.69	1.73	1.86
No. 08-a	-8.91	-5.95	5.72	-8.91	-5.95	10.71
No. 09-a	1.91	-2.67	-1.63	-1.63	-2.53	3.01
No. 10-a	0.85	0.76	0.76	0.85	0.76	1.14
No. 11-a	-5.90	-6.78	-5.90	-5.90	-6.78	8.99
No. 12-a	0.76	-1.98	-0.34	-0.34	-1.98	2.01
No. 13-a	-5.77	4.05	-5.77	-5.77	4.05	7.05
No. 14-a	1.17	-1.16	-1.16	0.80	-1.16	1.41
No. 15-a	2.78	-2.05	-0.75	2.53	-1.27	2.84
No. 16-a	2.16	-3.17	-1.93	2.16	-3.17	3.84
No. 17-a	-2.52	1.86	1.52	-1.99	1.86	2.73
No. 18-a	-6.91	0.90	-6.91	-6.91	-0.07	6.91
No. 19-a	-6.98	5.12	-6.98	-6.98	5.12	8.65
No. 20-a	-5.67	-0.41	-0.41	-5.67	-0.07	5.67
No. 21-a	-1.29	0.94	-0.59	-1.29	0.94	1.60
No. 22-a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

評価位置	Vx方向最大流速 (m/s)	Vy方向最大流速 (m/s)	法線方向最大流速 (m/s)	全方向最大流速 (m/s)		
				V x	V y	全方向 ($\sqrt{V_x^2+V_y^2}$)
No. 01-b	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
No. 02-b	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
No. 03-b	-2.20	1.28	1.28	-2.20	0.97	2.40
No. 04-b	-5.26	-0.94	0.87	-5.26	-0.60	5.30
No. 05-b	-3.74	-0.73	0.51	-3.74	-0.46	3.76
No. 06-b	-5.09	0.98	0.98	-5.09	0.38	5.11
No. 07-b	-8.34	0.61	0.61	-8.34	-0.08	8.34
No. 08-b	-6.32	-4.47	1.41	-6.32	-4.47	7.74
No. 09-b	5.71	2.25	5.30	5.71	1.30	5.85
No. 09-c	-7.08	1.89	-7.08	-7.08	1.89	7.33
No. 10-b	-4.37	-4.16	-4.37	-4.37	-4.16	6.03
No. 11-b	-2.03	-3.53	-2.03	-0.80	-3.53	3.62
No. 12-b	-3.62	-2.00	-3.62	-3.62	-0.95	3.75
No. 13-b	-3.65	1.50	-3.65	-3.65	-0.82	3.74
No. 14-b	-3.46	-1.60	-3.46	-3.46	-0.41	3.49
No. 16-b	-4.36	-2.86	-4.36	-4.36	-2.86	5.21
No. 17-b	-5.72	0.99	4.51	-5.72	-0.39	5.73
No. 18-b	-6.70	-2.41	-6.70	-6.70	-0.95	6.77
No. 19-b	-6.14	-3.19	-6.14	-6.14	-2.47	6.62
No. 19-c	-6.70	3.44	-1.59	-6.70	-0.90	6.76
No. 20-b	-6.68	-1.11	-1.11	-6.68	-0.89	6.74
No. 21-b	-3.71	1.03	-0.82	-3.71	0.31	3.72
No. 22-b	-0.83	0.31	-0.29	-0.83	-0.06	0.84

□ : 防潮堤近傍における各方向での最大流速

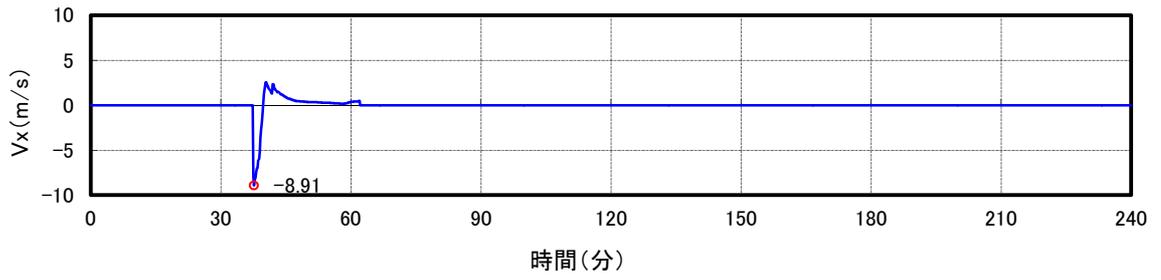


図 4.1-5 (1) 防潮堤の最大流速発生地点 (No. 08-a) の流速時刻歴 (V_x 方向)

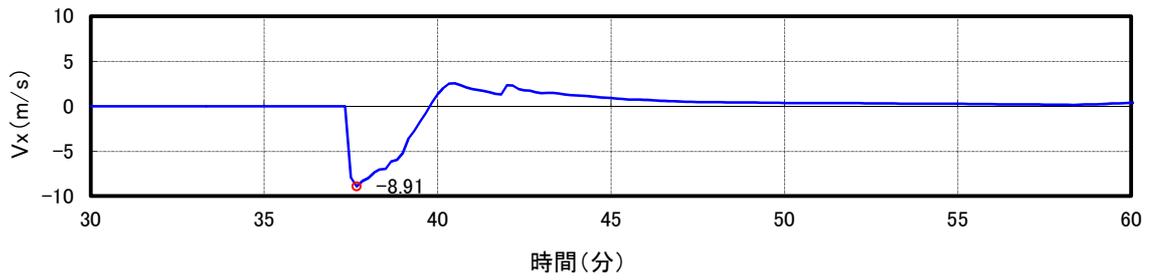


図 4.1-5 (2) 防潮堤の最大流速発生地点 (No. 08-a) の流速時刻歴 (拡大図)

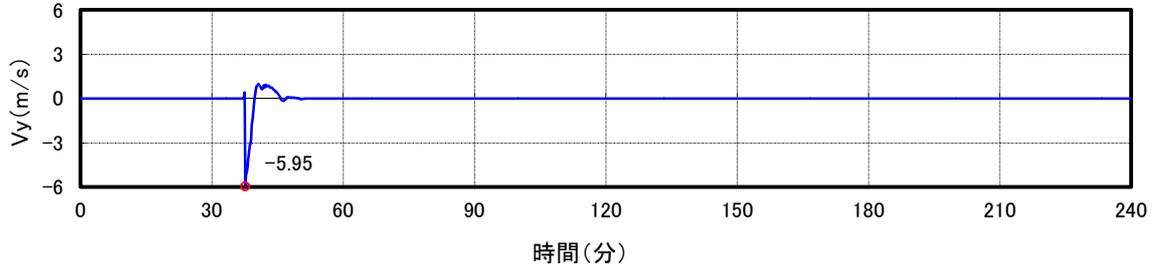


図 4.1-5 (3) 防潮堤の最大流速発生地点 (No. 08-a) の流速時刻歴 (V_y 方向)

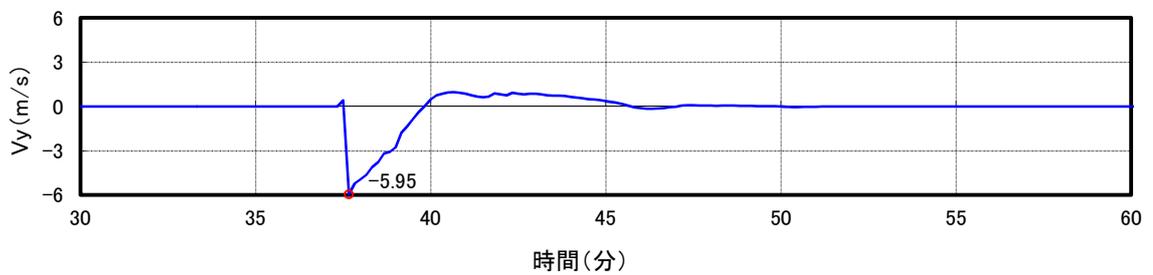


図 4.1-5 (4) 防潮堤の最大流速発生地点 (No. 08-a) の流速時刻歴 (拡大図)

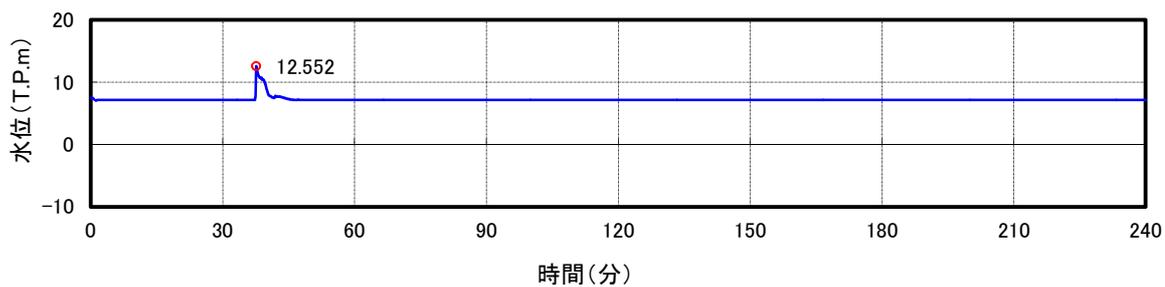


図 4.1-5 (5) 防潮堤の最大流速発生地点 (No. 08-a) の波高時刻歴

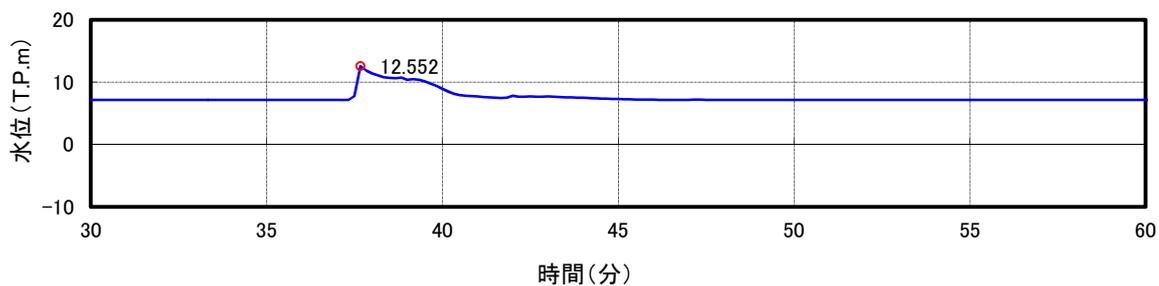


図 4.1-5 (6) 防潮堤の最大流速発生地点 (No. 08-a) の波高時刻歴 (拡大図)

(2) T.P. +24.0 m 津波時

平面2次元津波シミュレーション結果に基づく T.P. +24.0 m 津波時における防潮堤前面海域での評価点及び最大流速一覧を図 4.1-6 及び表 4.1-3 に示す。最大流速の内、全方向最大流速は、各評価点において V_x 及び V_y の流速時刻歴から全方向での流速が最大となる時刻のものを抽出して求めた。表中にその時の V_x 及び V_y もあわせて記載した。

同様に、防潮堤近傍での評価点を図 4.1-7 に示す。そのうち、各評価点での各方向での最大流速ベクトルを図示したものを図 4.1-8、防潮堤に向かう法線方向を図示したものを図 4.1-9 に示す。また、各評価点における各方向での最大流速一覧を表 4.1-4 に示す。最大流速の内、全方向最大流速は、各評価点において V_x 及び V_y の流速時刻歴から全方向での流速が最大となる時刻のものを抽出して求めた。表中にその時の V_x 及び V_y もあわせて記載した。

防潮堤前面海域では流速に大きな傾向の違いは見られず、E-5 地点で最大の流速が確認できる。

防潮堤近傍では、防潮堤北側で防潮堤のない方向へ流れて行く No. 08-a (防潮堤北東側) で最大流速となっている。

以上の結果から、防潮堤に対する法線方向を含む全ての方向の流速ベクトルの中での最大流速は防潮堤近傍の No. 8-a 地点 (防潮堤北東側) で 14.23 m/s となる。

図 4.1-10 に防潮堤前面の最大流速発生地点の流速時刻歴及び波高時刻歴を示す。

防潮堤の設計に用いる遡上波の流速は、漂流物荷重の大きさは構造物に対して法線方向の流速による影響が大きいため、本来は法線方向の速度値に着目するが、ここでは保守的に全ての方向の流速ベクトルを含めた中の最大流速の数値を切り上げた 15.0 m/s とする。すなわち、この設計用の流速は T.P. +24.0 m 津波時の法線方向最大流速である 9.98 m/s を 5 割増しした値に相当する。

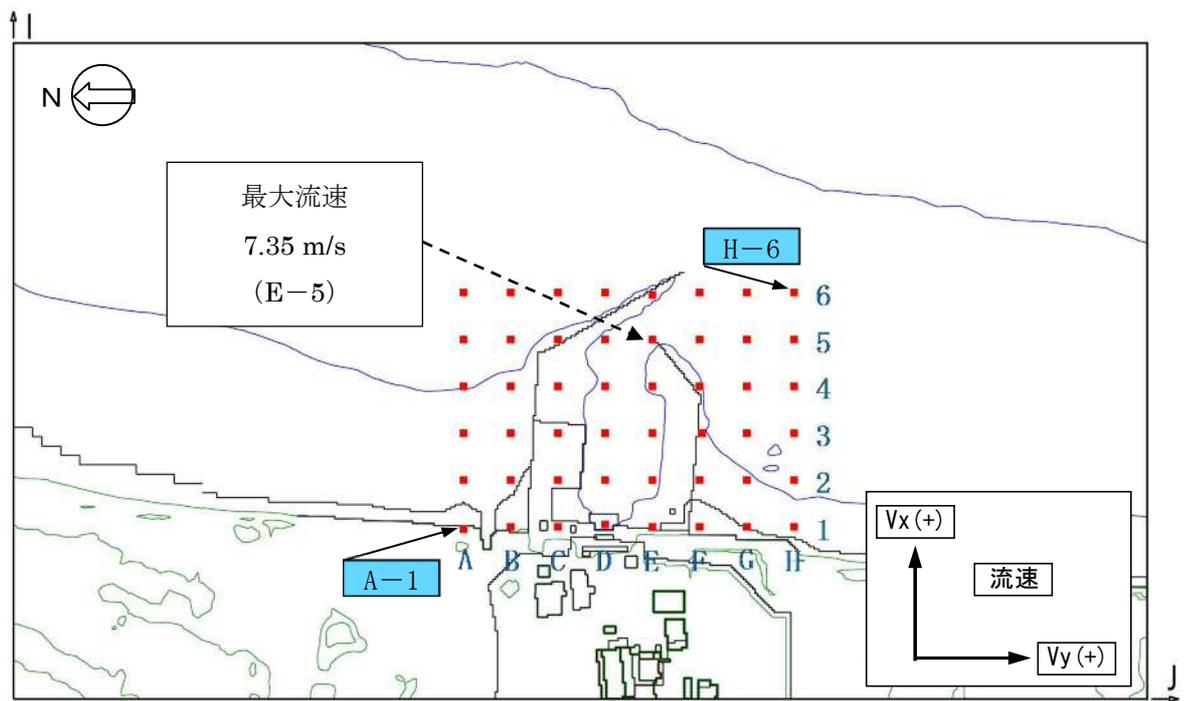


図 4.1-6 防潮堤前面海域での評価点

表 4.1-3 防潮堤前面海域での各方向での最大流速一覧

評価位置	Vx方向最大流速 (m/s)	Vy方向最大流速 (m/s)	全方向最大流速 (m/s)		
			V x	V y	全方向 ($\sqrt{V_x^2+V_y^2}$)
A-1	-6.69	-1.42	-6.69	-0.08	6.69
A-2	-6.70	3.17	-6.70	-1.23	6.81
A-3	-5.93	-2.97	-5.93	-1.93	6.23
A-4	-5.03	-4.94	-4.35	-4.94	6.58
A-5	-4.46	-3.82	-4.44	-1.99	4.86
A-6	-4.22	-3.82	-4.22	-1.86	4.61
B-1	-6.47	-2.11	-6.47	0.62	6.50
B-2	-5.29	-3.19	-5.29	1.26	5.43
B-3	-5.16	-3.45	-5.16	-2.38	5.68
B-4	-4.71	-2.68	-4.66	-2.06	5.10
B-5	-4.45	-4.63	-2.81	-4.63	5.42
B-6	-4.19	-4.18	-1.93	-4.18	4.61
C-1	-4.69	-3.10	4.69	-3.10	5.62
C-2	-6.85	3.92	-6.85	-2.42	7.27
C-3	-6.37	-2.84	-6.37	-2.84	6.97
C-4	-4.40	6.08	1.60	6.08	6.28
C-5	-4.38	-5.24	-0.62	-5.24	5.27
C-6	-3.94	-4.13	-3.94	-1.96	4.40
D-1	-4.11	-2.53	-4.11	-1.24	4.30
D-2	-4.80	-2.27	-4.80	-1.42	5.00
D-3	-6.90	-1.68	-6.90	-0.03	6.90
D-4	-6.32	-2.68	-6.32	-1.66	6.53
D-5	-4.14	-5.53	-1.65	-5.53	5.77
D-6	-4.03	-3.87	-4.02	-1.83	4.42
E-1	-3.57	2.71	-3.57	-0.27	3.58
E-2	-4.99	-5.69	0.81	-5.69	5.75
E-3	-4.72	-2.12	-4.72	-1.21	4.87
E-4	-4.84	-5.60	1.27	-5.60	5.75
E-5	-4.13	-7.35	-0.12	-7.35	7.35
E-6	-5.00	-5.08	2.46	4.56	5.18
F-1	-6.80	2.39	-6.80	-2.37	7.20
F-2	-4.99	4.37	-4.99	-2.12	5.42
F-3	-4.86	-2.05	-4.86	2.05	5.27
F-4	-4.97	-3.48	-4.97	2.14	5.41
F-5	-4.75	-3.31	-4.75	1.47	4.98
F-6	-4.66	3.40	-4.66	1.13	4.80
G-1	-5.22	-2.38	-5.22	-1.94	5.57
G-2	-5.38	-2.90	-5.38	2.15	5.79
G-3	-5.26	-2.46	-5.26	0.47	5.28
G-4	-4.42	-2.51	-4.42	-1.33	4.61
G-5	-4.15	-2.36	-4.13	-1.72	4.47
G-6	-3.98	3.84	-3.97	-1.65	4.30
H-1	-4.49	-3.08	-4.49	-1.36	4.69
H-2	-4.68	-2.63	-4.66	-1.60	4.93
H-3	-4.97	-2.14	-4.97	-0.01	4.97
H-4	-4.37	-2.70	-4.32	-1.45	4.56
H-5	-4.21	-2.32	-4.21	-1.45	4.46
H-6	-3.99	2.99	-3.95	-1.64	4.27

 : 防潮堤前面海域における各方向での最大流速

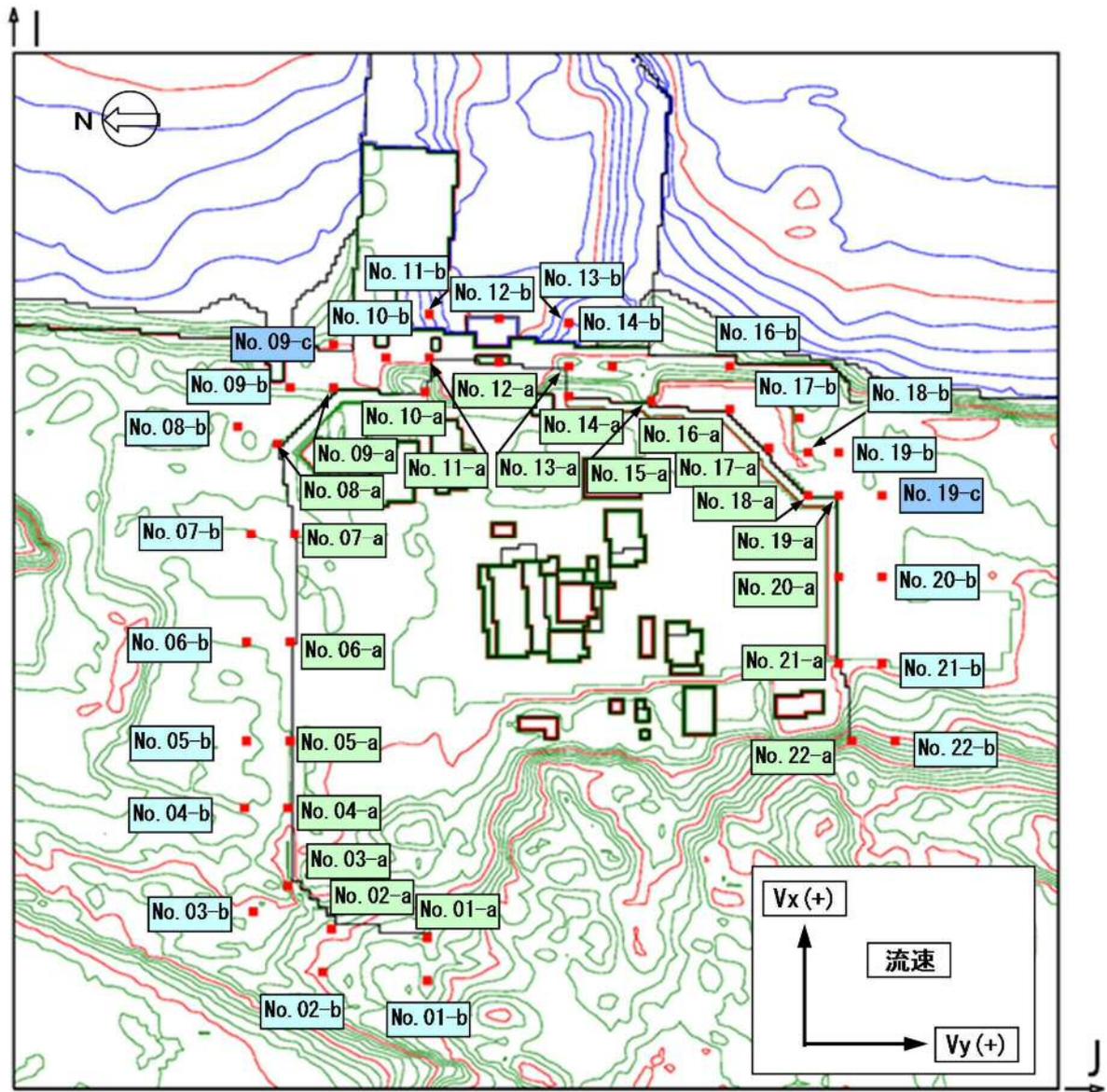


図 4.1-7 防潮堤近傍での評価点

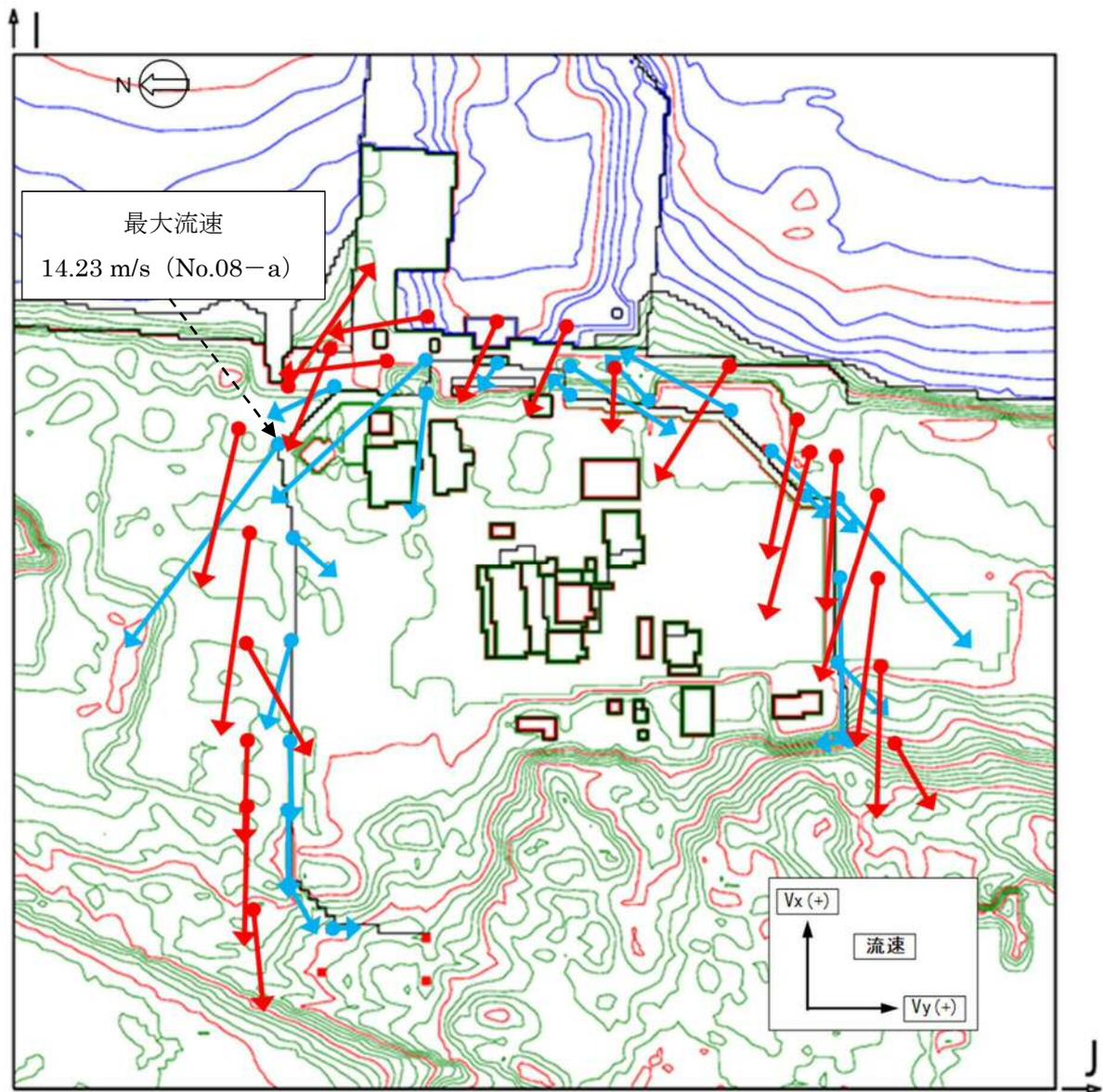


図 4.1-8 各評価点での最大流速

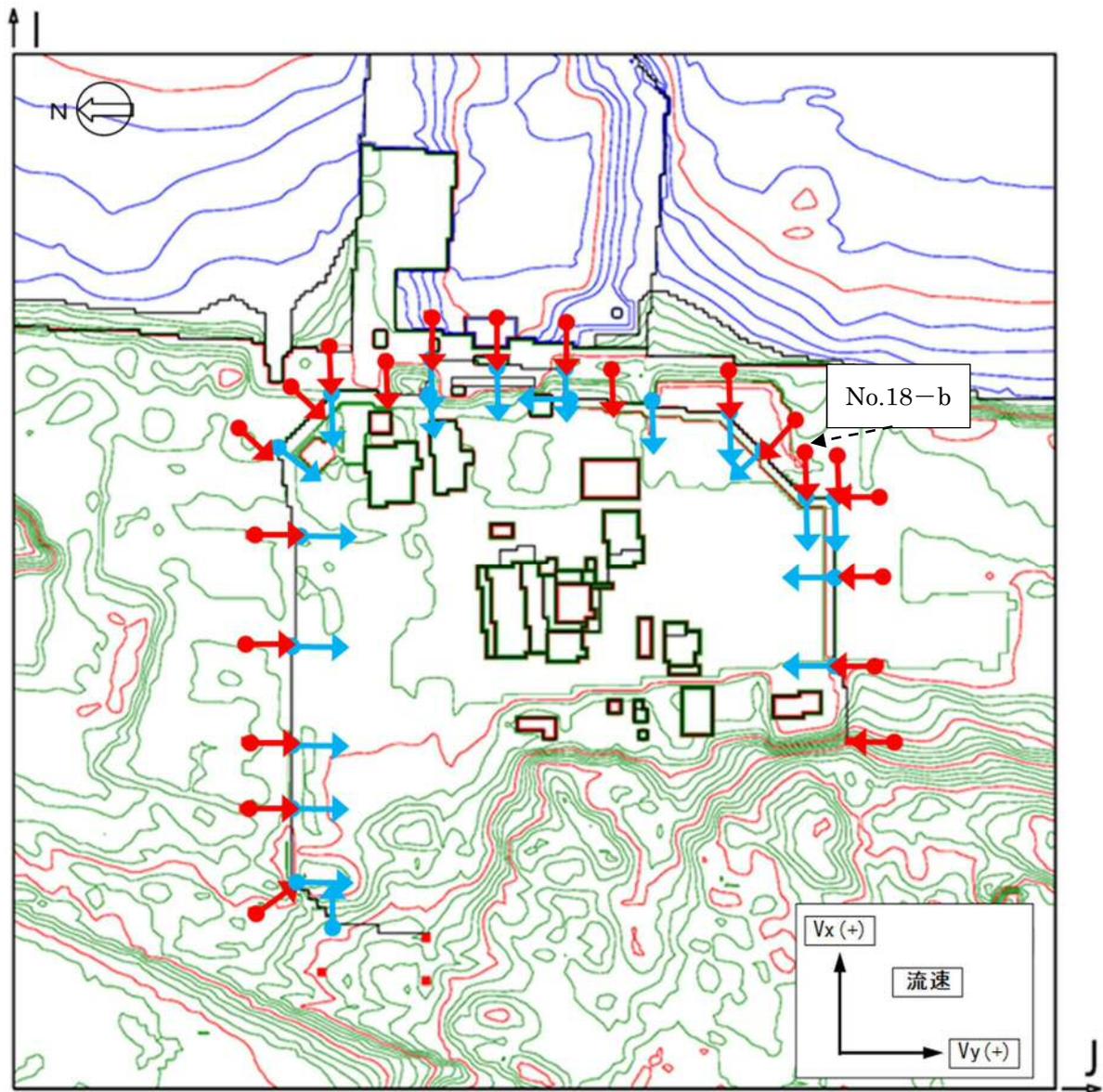


図 4.1-9 各評価点での法線方向

表 4.1-4 防潮堤近傍での各方向での最大流速一覧

評価位置	Vx方向最大流速 (m/s)	Vy方向最大流速 (m/s)	法線方向最大流速 (m/s)	全方向最大流速 (m/s)		
				V x	V y	全方向 ($\sqrt{V_x^2+V_y^2}$)
No. 01-a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
No. 02-a	0.38	-1.71	0.38	0.03	-1.71	1.71
No. 03-a	-2.80	1.57	1.57	-2.80	1.57	3.21
No. 04-a	-5.04	-0.65	0.19	-5.04	-0.37	5.06
No. 05-a	-4.77	-0.50	0.10	-4.77	-0.14	4.78
No. 06-a	-5.05	-1.18	0.16	-5.05	-1.18	5.19
No. 07-a	-2.25	2.28	2.28	-2.25	2.28	3.20
No. 08-a	-11.78	-7.98	2.70	-11.78	-7.98	14.23
No. 09-a	5.03	-3.51	-2.02	5.03	2.57	5.65
No. 10-a	-7.04	2.05	-7.04	-7.04	-0.71	7.07
No. 11-a	-8.41	-8.10	-8.41	-8.41	-8.10	11.68
No. 12-a	-1.45	-1.79	-1.45	0.13	-1.79	1.79
No. 13-a	-4.10	5.47	-4.10	-3.86	5.47	6.69
No. 14-a	1.42	-1.20	-1.20	1.42	-1.20	1.86
No. 15-a	3.08	-3.20	-0.35	3.03	-2.33	3.82
No. 16-a	3.32	-4.76	-2.23	3.32	-4.76	5.80
No. 17-a	-5.02	4.67	0.33	-5.02	4.67	6.85
No. 18-a	-1.21	1.30	-1.21	-1.21	1.30	1.77
No. 19-a	9.88	7.21	-8.90	-8.90	7.21	11.46
No. 20-a	-9.81	-0.36	-0.36	-9.81	0.13	9.81
No. 21-a	-2.90	2.54	-1.22	-2.90	2.54	3.85
No. 22-a	-1.89	-1.61	-1.61	-1.89	0.26	1.91

評価位置	Vx方向最大流速 (m/s)	Vy方向最大流速 (m/s)	法線方向最大流速 (m/s)	全方向最大流速 (m/s)		
				V x	V y	全方向 ($\sqrt{V_x^2+V_y^2}$)
No. 01-b	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
No. 02-b	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
No. 03-b	-6.04	1.99	1.99	-6.04	0.53	6.06
No. 04-b	-7.98	-1.01	0.17	-7.98	-0.11	7.98
No. 05-b	-6.02	0.99	0.99	-6.02	-0.28	6.03
No. 06-b	-7.07	2.92	2.92	-6.55	2.92	7.17
No. 07-b	-11.75	1.64	1.64	-11.75	-1.16	11.81
No. 08-b	-9.29	-4.36	5.12	-9.29	-1.69	9.44
No. 09-b	6.84	3.79	1.88	6.77	3.79	7.75
No. 09-c	-7.16	-2.26	-7.16	-7.16	0.45	7.18
No. 10-b	-5.78	-4.72	-5.78	-5.78	-1.86	6.08
No. 11-b	-1.20	-4.17	-1.20	-1.20	-4.16	4.33
No. 12-b	-4.79	-2.55	-4.79	-4.79	-1.49	5.01
No. 13-b	-5.43	3.48	-5.43	-5.43	-1.65	5.67
No. 14-b	-3.82	-1.57	-3.82	-3.82	-0.15	3.82
No. 16-b	-6.92	-3.13	-6.92	-6.92	-3.13	7.60
No. 17-b	-8.16	-2.56	6.77	-8.16	-1.04	8.22
No. 18-b	-9.98	-2.95	-9.98	-9.98	-1.72	10.13
No. 19-b	-9.20	-3.72	-9.20	-9.20	-0.51	9.22
No. 19-c	-10.96	4.84	-2.53	-10.96	-2.53	11.25
No. 20-b	-9.72	-1.50	-1.50	-9.72	-1.12	9.78
No. 21-b	-8.98	1.57	-1.16	-8.98	-0.28	8.98
No. 22-b	-4.04	1.83	-0.57	-4.04	1.83	4.43

□ : 防潮堤近傍における各方向での最大流速

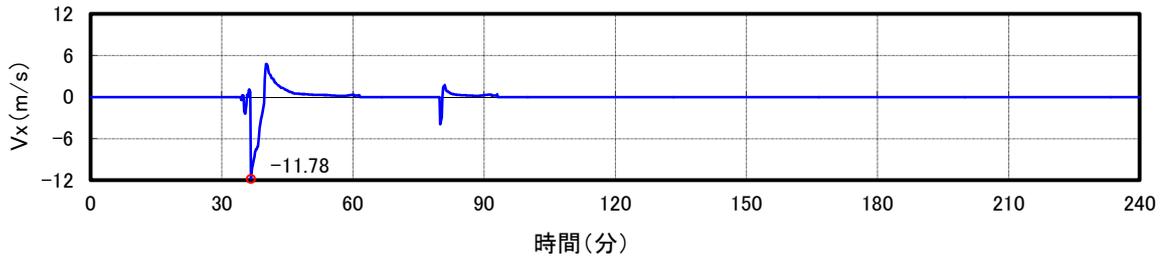


図 4.1-10 (1) 防潮堤の最大流速発生地点 (No. 08-a) の流速時刻歴 (Vx 方向)

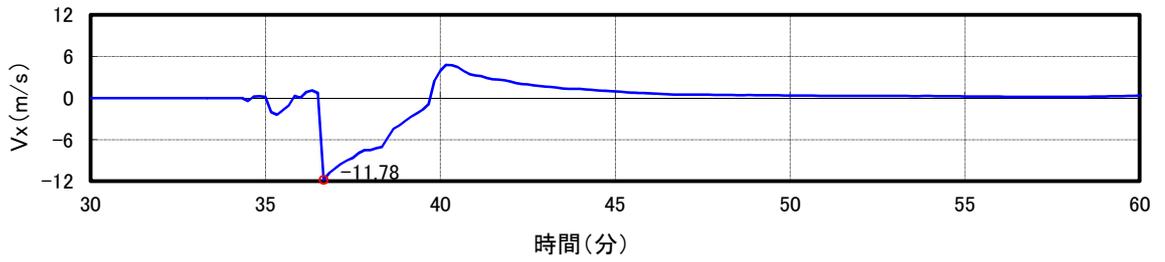


図 4.1-10 (2) 防潮堤の最大流速発生地点 (No. 08-a) の流速時刻歴 (拡大図)

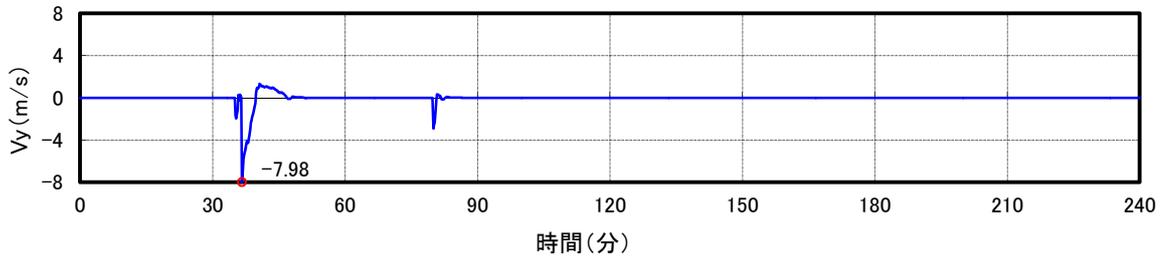


図 4.1-10 (3) 防潮堤の最大流速発生地点 (No. 08-a) の流速時刻歴 (Vy 方向)

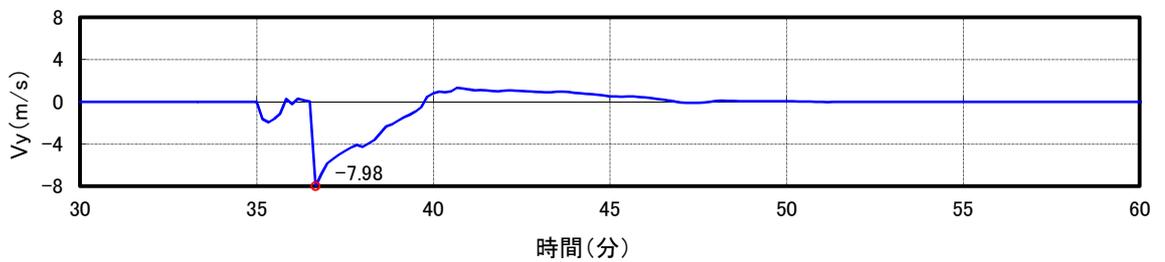


図 4.1-10 (4) 防潮堤の最大流速発生地点 (No. 08-a) の流速時刻歴 (拡大図)

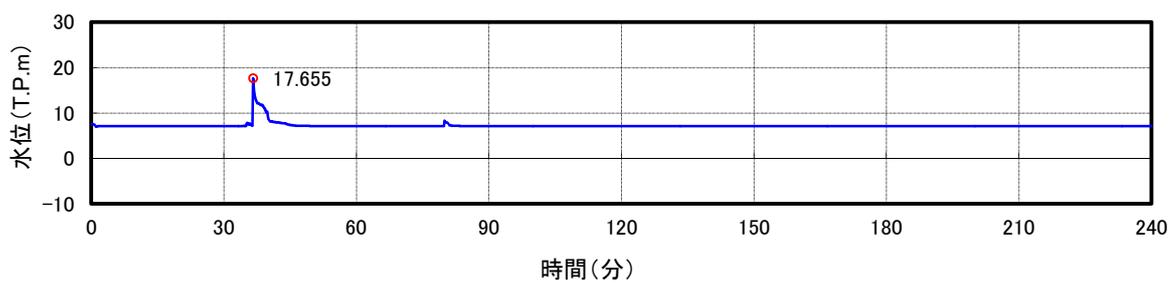


図 4.1-10 (5) 防潮堤の最大流速発生地点 (No. 08-a) の波高時刻歴

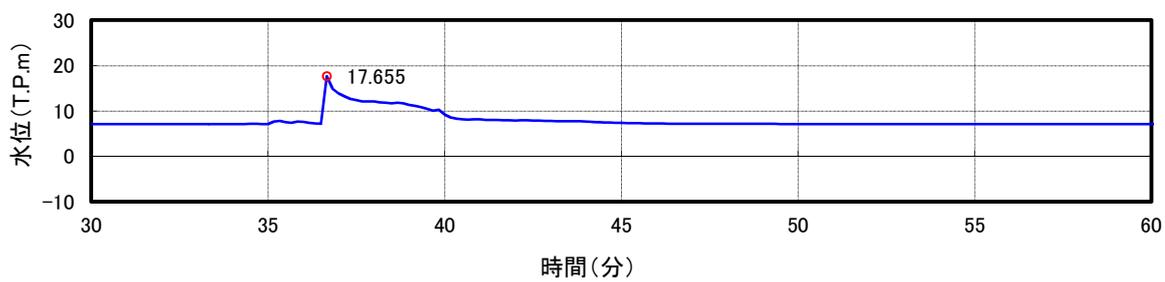


図 4.1-10 (6) 防潮堤の最大流速発生地点 (No. 08-a) の波高時刻歴 (拡大図)

4.1.2 貯留堰

平面二次元津波シミュレーション結果に基づく貯留堰近傍での評価点及び各方向での最大流速を図 4.1-11 及び表 4.1-5 に示す。

貯留堰近傍での最大流速は上昇側 F4 地点で 3.96 m/s となる。

また、貯留堰における流速は概ね下降側に比べ上昇側の波の際に流速が大きくなることを読み取れる。

貯留堰における遡上波の設計用流速は、防潮堤近傍における基準津波時の遡上波の設計用流速と同じく 11.0 m/s とする。

貯留堰近傍の最大流速発生地点の流速時刻歴及び波高時刻歴を図 4.1-12 に示す。

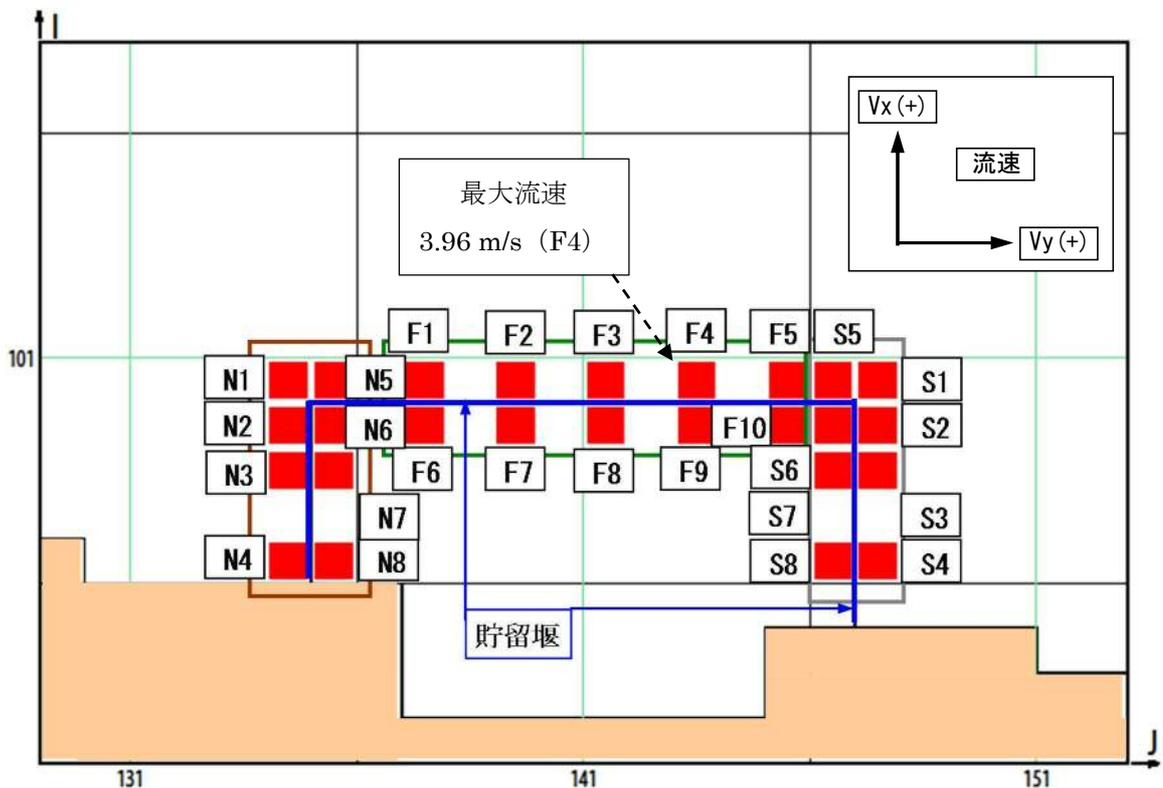


図 4.1-11 貯留堰近傍の評価点

表 4.1-5 (1) 貯留堰近傍での各方向での最大流速 (下降側)

評価位置	V _x 方向最大流速 (m/s)	V _y 方向最大流速 (m/s)	全方向最大流速 (m/s)		
			V _x	V _y	全方向 ($\sqrt{V_x^2+V_y^2}$)
F-1	-1.01	-1.42	-0.44	-1.42	1.49
F-2	-0.94	-1.14	-0.72	-1.14	1.35
F-3	-1.04	-1.03	-0.86	-0.97	1.29
F-4	-1.18	-0.97	-1.18	-0.60	1.33
F-5	-1.27	-0.93	-1.27	-0.44	1.34
F-6	-0.64	-1.34	-0.09	-1.34	1.34
F-7	-0.64	-1.07	-0.64	-1.00	1.19
F-8	-0.72	-0.99	-0.72	-0.92	1.17
F-9	-0.78	-0.93	-0.78	-0.87	1.17
F-10	-0.86	-0.88	-0.81	-0.82	1.15
N-1	-1.54	-1.70	-1.54	0.76	1.72
N-2	-1.65	-1.69	0.02	-1.69	1.69
N-3	-1.38	-1.62	0.03	-1.62	1.62
N-4	-1.30	-1.34	0.04	-1.34	1.34
N-5	-1.15	-1.54	-0.16	-1.54	1.55
N-6	-0.70	-1.41	0.02	-1.41	1.41
N-7	-0.56	-1.39	0.01	-1.39	1.39
N-8	-0.43	-1.21	-0.43	-1.13	1.21
S-1	-1.47	0.97	-1.47	0.34	1.51
S-2	-1.51	0.84	-1.51	0.19	1.52
S-3	-1.28	0.80	-1.28	0.09	1.28
S-4	-0.59	-0.97	-0.25	-0.97	1.00
S-5	-1.29	-0.91	-1.29	-0.32	1.33
S-6	-0.89	-0.86	-0.83	-0.77	1.13
S-7	-0.77	-0.84	-0.75	-0.75	1.06
S-8	-0.54	-1.13	-0.35	-1.13	1.19

 : 貯留堰近傍における各方向での最大流速

表 4.1-5 (2) 貯留堰近傍での各方向での最大流速 (上昇側)

評価位置	V _x 方向最大流速 (m/s)	V _y 方向最大流速 (m/s)	全方向最大流速 (m/s)		
			V _x	V _y	全方向 ($\sqrt{V_x^2+V_y^2}$)
F1	-3.60	-2.48	-3.60	-1.39	3.86
F2	-3.71	-2.24	-3.71	-1.27	3.92
F3	-3.78	-2.06	-3.78	-1.12	3.95
F4	-3.86	-1.95	-3.86	-0.89	3.96
F5	-3.78	-1.95	-3.78	-0.90	3.89
F6	-3.10	-2.50	-3.10	-1.16	3.31
F7	-3.51	-2.23	-3.51	-1.16	3.69
F8	-3.67	-2.04	-3.67	-1.03	3.81
F9	-3.42	-2.05	-3.42	-0.93	3.54
F10	-2.80	-2.11	-2.80	-1.04	2.99
N1	-3.37	-2.80	-3.37	-1.63	3.74
N2	-2.67	-2.85	-2.67	-1.50	3.06
N3	-1.62	-2.86	-0.24	-2.86	2.87
N4	-1.03	-2.74	-0.28	-2.74	2.75
N5	-3.42	-2.59	-3.42	-1.48	3.73
N6	-2.50	-2.59	-2.50	-1.22	2.78
N7	-1.67	-2.63	-0.20	-2.63	2.64
N8	-1.25	-2.53	-0.28	-2.53	2.55
S1	-3.80	-1.77	-3.80	-0.85	3.89
S2	-2.60	-1.78	-2.60	-0.86	2.74
S3	-1.93	-1.81	-1.93	-0.78	2.08
S4	-1.54	-1.84	-0.61	-1.84	1.94
S5	-3.77	-1.93	-3.77	-0.91	3.88
S6	-2.58	-2.03	-2.58	-1.03	2.78
S7	-1.95	-2.04	-1.95	-1.22	2.30
S8	-1.59	-2.02	-1.59	-1.71	2.33

: 貯留堰近傍における各方向での最大流速

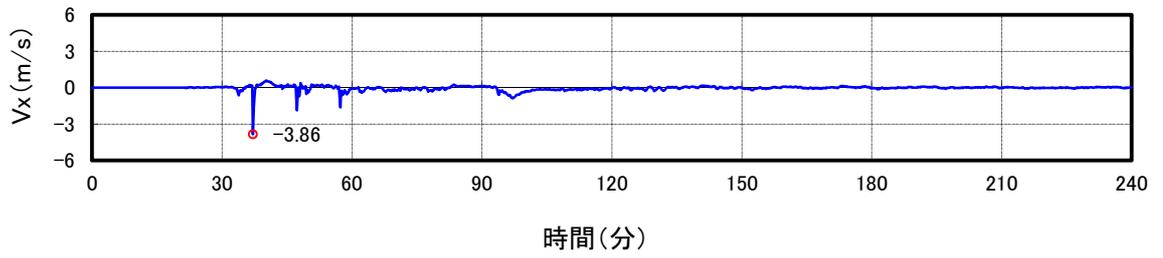


図 4.1-12 (1) 貯留堰の最大流速発生地点 (F4) の流速時刻歴 (Vx 方向)

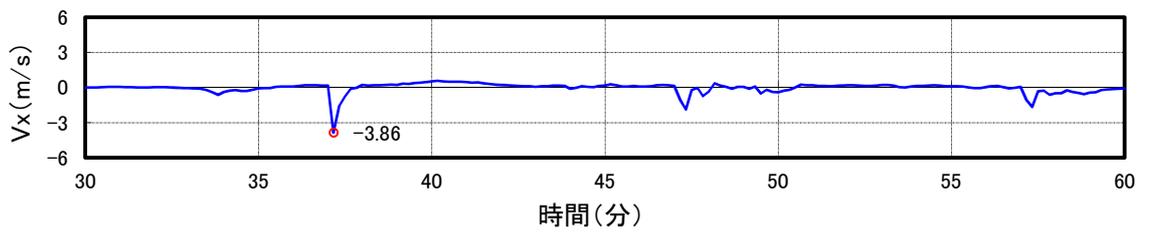


図 4.1-12 (2) 貯留堰の最大流速発生地点 (F4) の流速時刻歴 (拡大図)

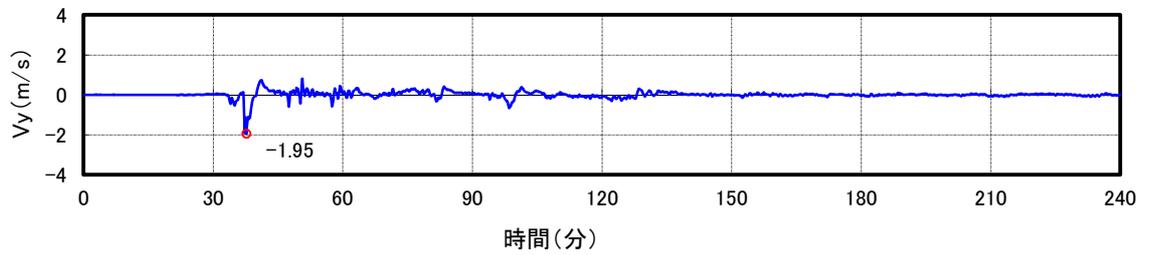


図 4.1-12 (3) 貯留堰の最大流速発生地点 (F4) の流速時刻歴 (Vy 方向)

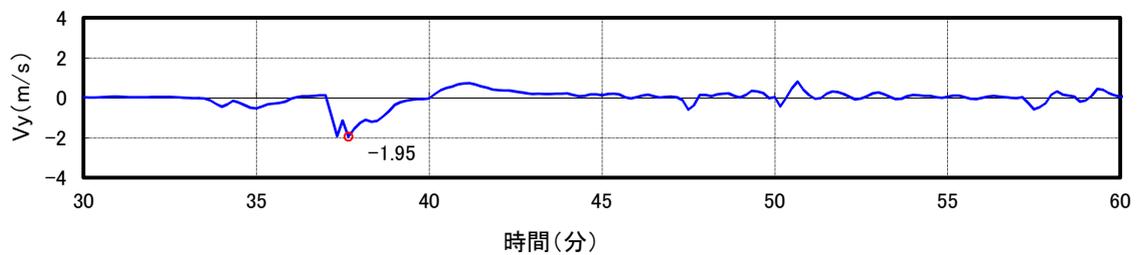


図 4.1-12 (4) 貯留堰の最大流速発生地点 (F4) の流速時刻歴 (拡大図)

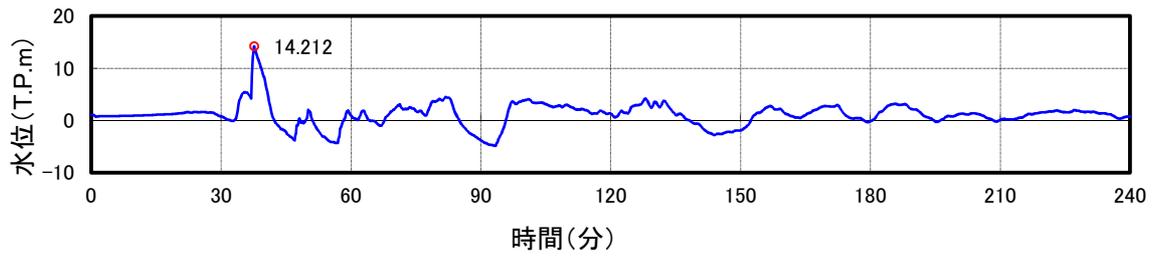


図 4.1-12 (5) 貯留堰の最大流速発生地点 (F4) の波高時刻歴

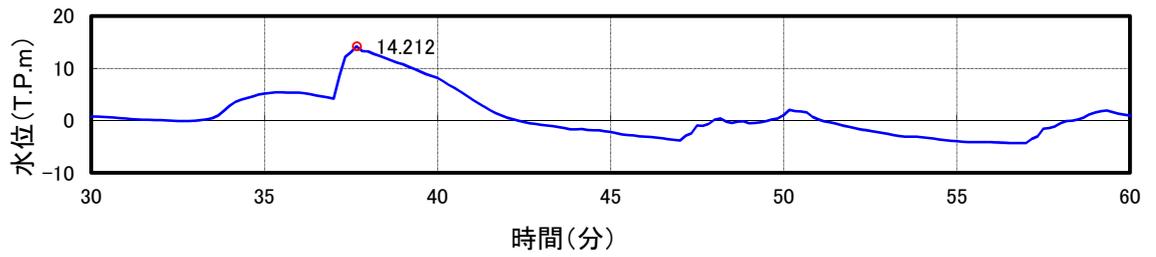


図 4.1-12 (6) 貯留堰の最大流速発生地点 (F4) の波高時刻歴 (拡大図)

4.1.3 漂流物荷重算定に用いる流速について

文献^{※1}によれば、津波による漂流物の漂流流速は、津波の表面流速（津波流速）よりも小さいとされている（図 4.1-13）。文献^{※2, 3}によれば、漂流物の衝突直前の漂流流速 v (m/s) と水の表面流速 U (m/s) の比率 α について、漂流流速 v は表面流速（津波流速） U に対して 0～60 % に低下するとされている。文献^{※3}で述べられている比重 0.6 の漂流物の場合の表面流速に対する漂流流速 v の比率 α の確率分布を図 4.1-14 に示す。図 4.1-14 の通り、 $\alpha = v/U = 0.1$ （10 % 程度）以下において相対頻度が最も高いことを示している。

以上の知見はあるが、津波防護施設の設計のための漂流物荷重算定に用いる漂流流速 v は $\alpha = v/U = 1.0$ （100 %）となるように設定する。

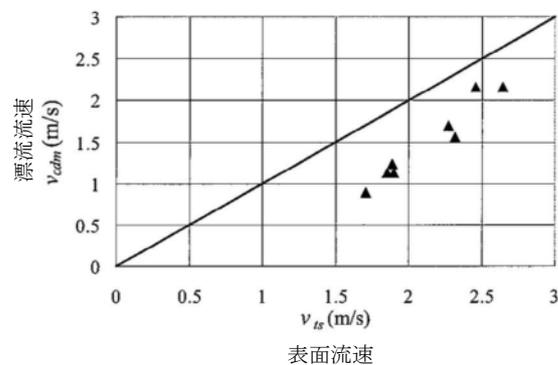
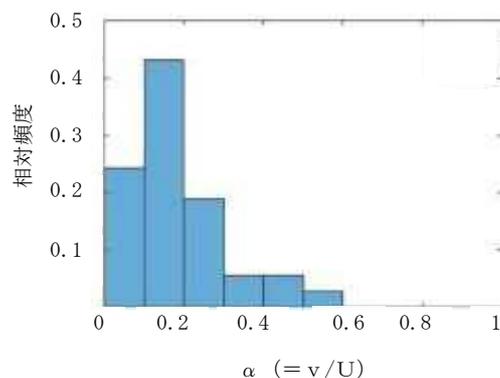


図 4.1-13 表面流速と漂流流速の関係



甲斐田ほか (2016) より
(比重 0.6)

図 4.1-14 表面流速に対する漂流流速の比率 α ($= v/U$) の確率分布

※1：遡上津波によるコンテナ漂流力に関する大規模実験，海岸工学論文集，第 54 巻（2007）（有川ら）

※2：原子力発電所における津波漂流物の影響評価技術－現状調査とその適用に関する考察－研究報告：o16010，電力中央研究所報告（2017）

※3：陸上遡上津波中の漂流物挙動に関する研究，土木学会論文集 B2（海岸工学）（2016）（甲斐田ら）

下線は、今回提出資料を示す。

目 次

4.2 漂流物による影響確認について

- (1) 基準津波の流速及び流向の確認
- (2) 漂流物調査範囲の設定
- (3) 漂流物となる可能性のある施設・設備の抽出
 - a. 発電所敷地内における漂流物調査結果
 - b. 発電所敷地外における漂流物調査結果
 - c. 波及的影響を評価する対象の施設・設備の抽出結果
- (4) 漂流物検討対象の選定
 - a. 発電所敷地内
 - b. 発電所敷地外
 - c. 非常用海水ポンプの取水性及び津波防護施設等の機能に対する評価結果
 - d. 取水スクリーンの破損による通水性への影響

参考資料

(参考 1) 漂流物の移動量算出の考え方について

(参考 2) 津波漂流物の調査要領について

(参考 3) 東北地方太平洋沖地震時の被害状況を踏まえた東海第二発電所の地震・津波による被害想定について

(参考 4) 津波の流況を踏まえた漂流物の取水口及び津波防護施設等への到達可能性評価について

(参考 5) 地震による防波堤への影響評価について

(参考 6) 燃料等輸送船の係留索の耐力について

(参考 7) 燃料等輸送船の喫水と津波高さとの関係について

(参考 8) 防潮堤設置ルート変更による漂流物評価に必要な数値シミュレーション結果への影響について

4.2 漂流物による影響確認について

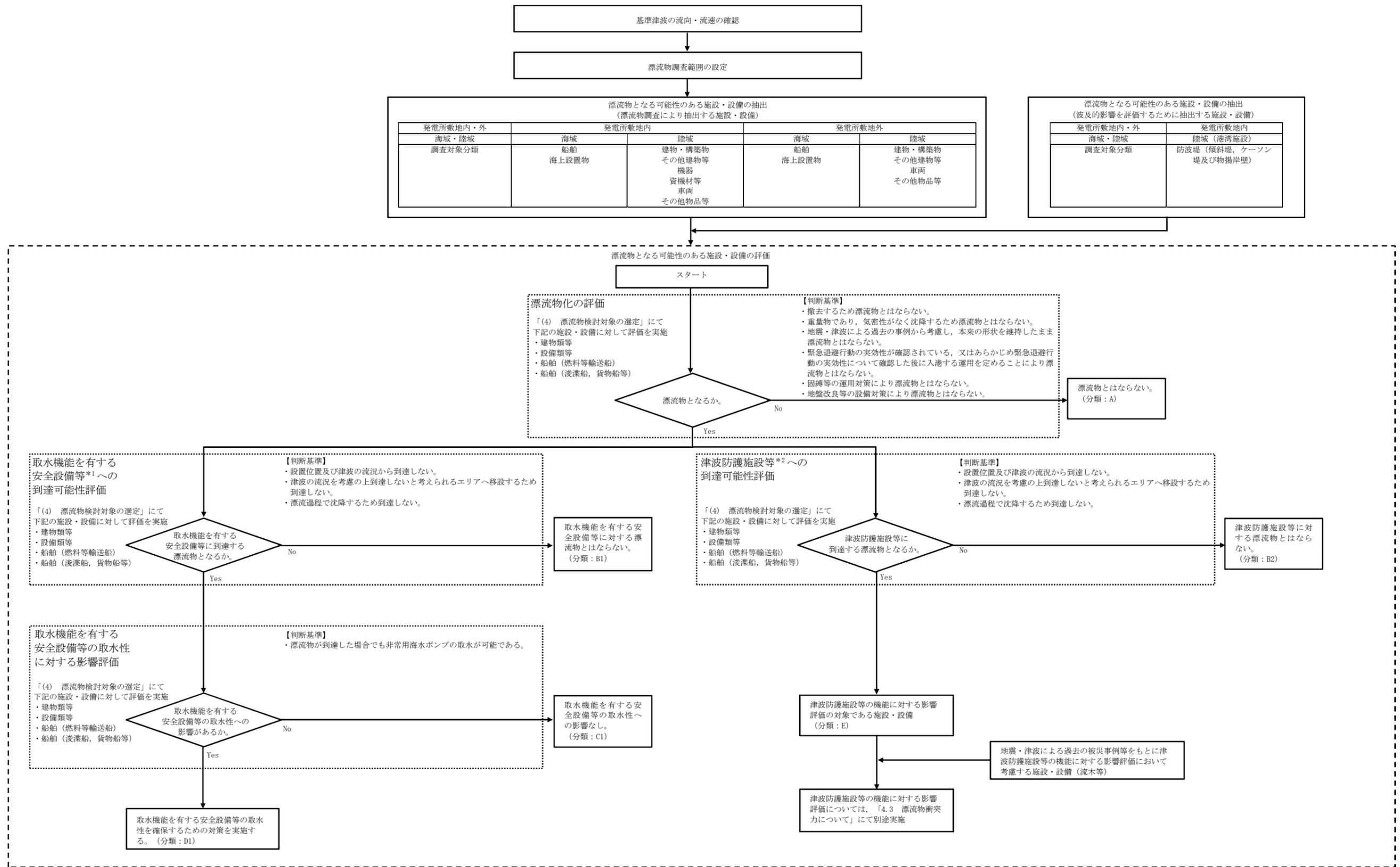
4.2.1 基準津波における漂流物による影響評価について

基準津波の遡上解析結果によると、津波は取水口付近の敷地を含め、T.P. +3 mの敷地に遡上する。基準地震動 S_s による地盤面の沈下や潮位のばらつき（+0.18 m）を考慮した場合、取水口が設置されているT.P. +3 mの敷地前面東側の防潮堤外側の敷地における浸水深は約15 mと想定される。この結果に基づき、基準津波により漂流物となる可能性がある施設・設備が、取水機能を有する安全設備等の取水性及び津波防護施設等の機能に影響を及ぼさないことを漂流物評価フローに基づき確認した。図4.2-1に漂流物評価フローを示す。また、漂流物による影響評価の具体的な方針として、対象物の漂流可能性評価、取水機能を有する安全設備等、津波防護施設等への到達可能性評価及び取水機能を有する安全設備等の取水性に対する影響評価における評価・確認方針を表4.2-1に示す。

なお、人工構造物*1の位置、形状等に変更が生じた場合又は隣接事業所において工事・作業等により設置されうる仮設物等について従来からの設置状況に変更が生じた場合は、取水機能を有する安全設備等の取水性又は津波防護施設等の機能に影響を及ぼす可能性がある。このため、施設・設備等の人工構造物については設置状況を定期的（1[回/年]以上）に確認するとともに、隣接事業所における工事・作業等において設置されうる仮設物については設置状況に変更が生じる可能性がある場合に適時情報入手することにより設置状況を確認する。設置状況の確認結果により必要に応じて図4.2-1の漂流物評価フローに基づき、漂流物調査及び評価を実施する方針とする。また、発電所の施設・設備の改造や追加設置*2を行う場合においても、その都度、取水機能を有する安全設備等の取水性又は津波防護施設等の機能への影響評価を行う。これら調査・評価の実施について、保安規定に定めて管理する。

*1：港湾施設，河川堤防，海岸線の防波堤，防潮堤等，海上設置物，津波遡上域の建物・構築物，敷地前面海域における通過船舶等

*2：「核原料物質，核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」第43条の3の9（工事の計画の認可）及び第43条の3の10（工事の計画の届出）に基づき申請する工事のうち，「改造の工事」又は「修理であつて性能又は強度に影響を及ぼす工事」を含む。



*1: 海水取水機能を有する非常用海水ポンプ, 非常用海水配管等を示す。
 *2: 津波防護施設, 浸水防止設備及び津波監視設備を示す。

図 4.2-1 漂流物評価フロー
4.2.1-2

表4.2-1 漂流物化の評価，取水機能を有する安全設備等，津波防護施設等への到達可能性評価及び取水機能を有する安全設備等の取水性に対する影響評価における評価・確認方針

評価項目	判断基準	分類	評価・確認方針
漂流物化の評価	重量物であり，気密性がなく沈降するため漂流物とはならない。	A	漂流物となる可能性のある施設・設備に対し，イスパッシュ式を用いた安定質量の算出結果をもとに漂流可能性評価を実施し，漂流物とはならないことを確認する。
	地震・津波による過去の事例から考慮し，本来の形状を維持したまま漂流物とはならない。		漂流物となる可能性のある施設・設備に対し，2011年東北地方太平洋沖地震時の被害状況を踏まえた地震・津波による東海第二発電所における被害想定により，東海第二発電所における建屋等の漂流可能性評価を実施し，漂流物とはならないことを確認する。
	緊急退避行動の実効性が確認されている，又はあらかじめ緊急退避行動の実効性について確認した後に入港する運用を定めることにより漂流物とはならない。		漂流物となる可能性のある船舶，車両等に対し，緊急退避行動の実効性を確認することにより漂流物とはならないことを確認する。
	固縛等の運用対策により漂流物とはならない。		漂流物となる可能性のある施設・設備に対する固縛，漂流物による取水機能を有する安全設備等の取水性及び津波防護施設等の機能に影響を及ぼす可能性のあるエリアに対する仮置禁止措置等による運用により，漂流物とはならないことを確認する。
	地盤改良等の設備対策により漂流物とはならない。		漂流物となる可能性のある施設・設備に対し，設備対策を施すことにより漂流物とはならないことを確認する。
取水機能を有する安全設備等，津波防護施設等への到達可能性評価	設置位置及び津波の流況から到達しない。	B1, B2	漂流物となる可能性のある施設・設備の設置位置及び津波の流況を考慮し，漂流物となる可能性のある施設・設備が漂流した場合における取水機能を有する安全設備等，津波防護施設等への到達可能性評価を実施し，到達しないことを確認する。
	津波の流況を考慮の上到達しないと考えられるエリアへ移設するため到達しない。		津波の流況の確認結果から，漂流物となる可能性のある施設・設備が漂流した場合に取水機能を有する安全設備等及び津波防護施設等に到達しないと考えられるエリアへ対象物を移設することにより，取水機能を有する安全設備等及び津波防護施設等に到達しないことを確認する。
	漂流過程で沈降するため到達しない。		漂流物となる可能性のある施設・設備が漂流した場合に，漂流物と取水機能を有する安全設備等及び津波防護施設等との距離を考慮し，文献等による漂流物の浮遊性に配慮した上で，漂流物となる可能性のある施設・設備が漂流した場合における取水機能を有する安全設備等，津波防護施設等への到達可能性評価を実施し，到達しないことを確認する。
取水機能を有する安全設備等の取水性に対する影響評価	漂流物が到達した場合でも非常用海水ポンプの取水が可能である。	C1	取水機能を有する安全設備等に到達することを否定できない漂流物に対し，漂流物による取水口の閉塞を想定した取水性評価及び漂流物の貯留堰内での堆積を想定した取水性評価を実施し，非常用海水ポンプの取水性に影響がないことを確認する。

(1) 基準津波の流速及び流向の確認

日本海溝沿いのプレート間地震による基準津波は、東海第二発電所の東方より襲来し、地震発生約 35 分後に敷地前面に到達する。地震発生約 37 分後には敷地へ遡上し、地震発生約 40 分後に引き波となる。

図 4.2-2 に基準津波の波源モデルと基準津波の策定位置、図 4.2-3 に基準津波による防潮堤前面における上昇側水位の評価結果（防波堤なしの場合）、図 4.2-4 に発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトルを示す。

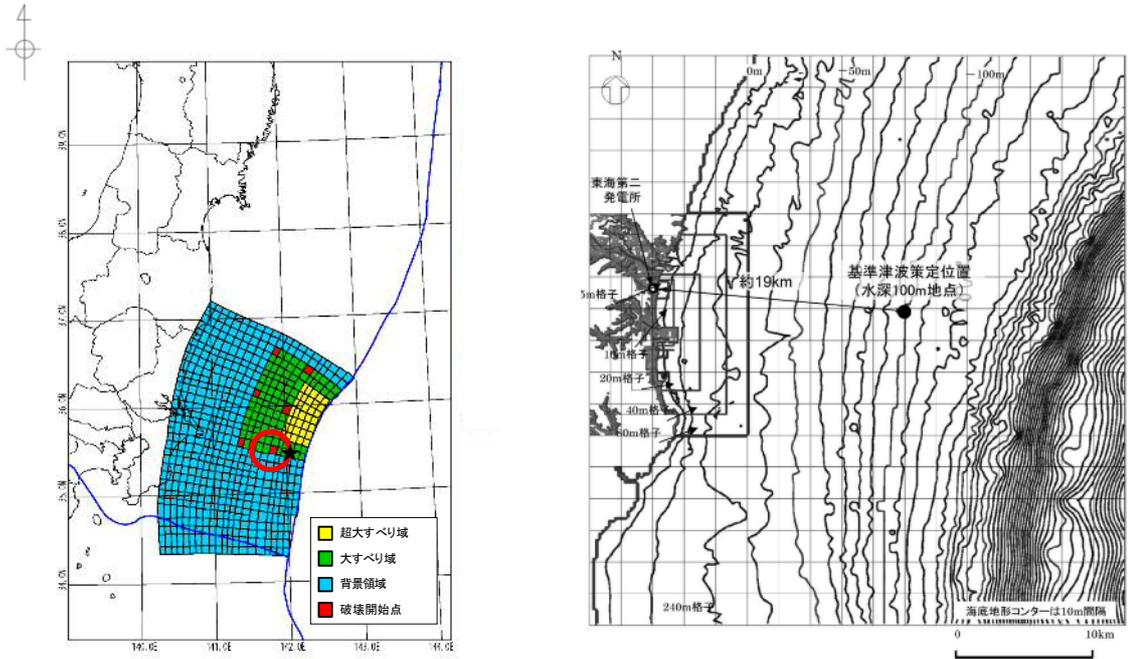
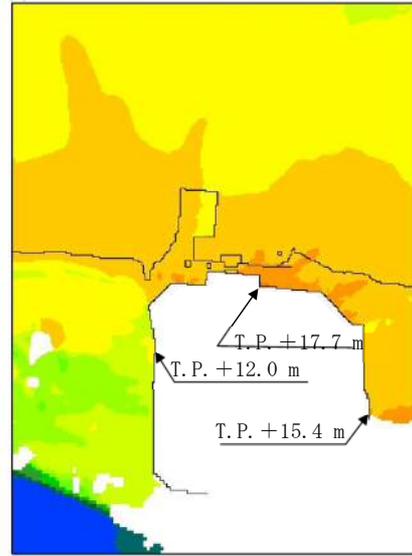
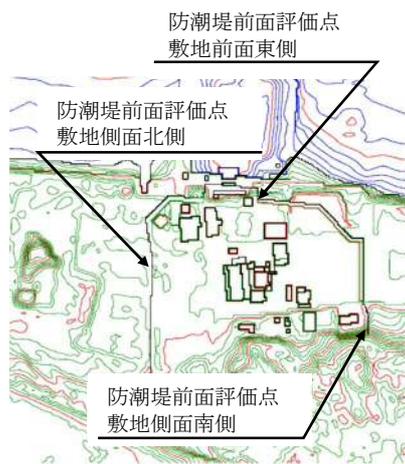
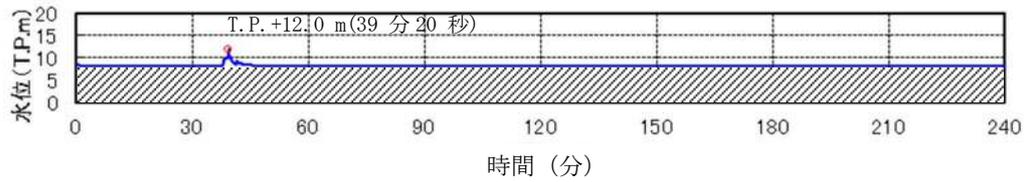


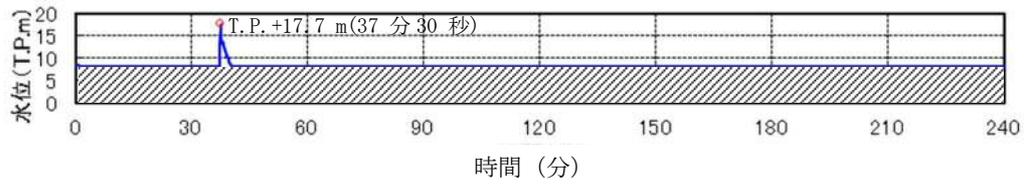
図 4.2-2 基準津波の波源モデルと基準津波の策定位置



(防潮堤前面評価点 敷地側面北側)



(防潮堤前面評価点 敷地前面東側)



(防潮堤前面評価点 敷地側面南側)

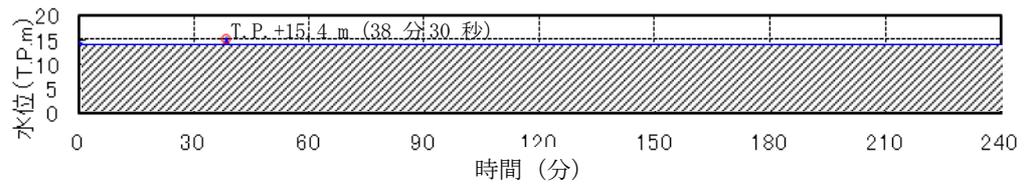
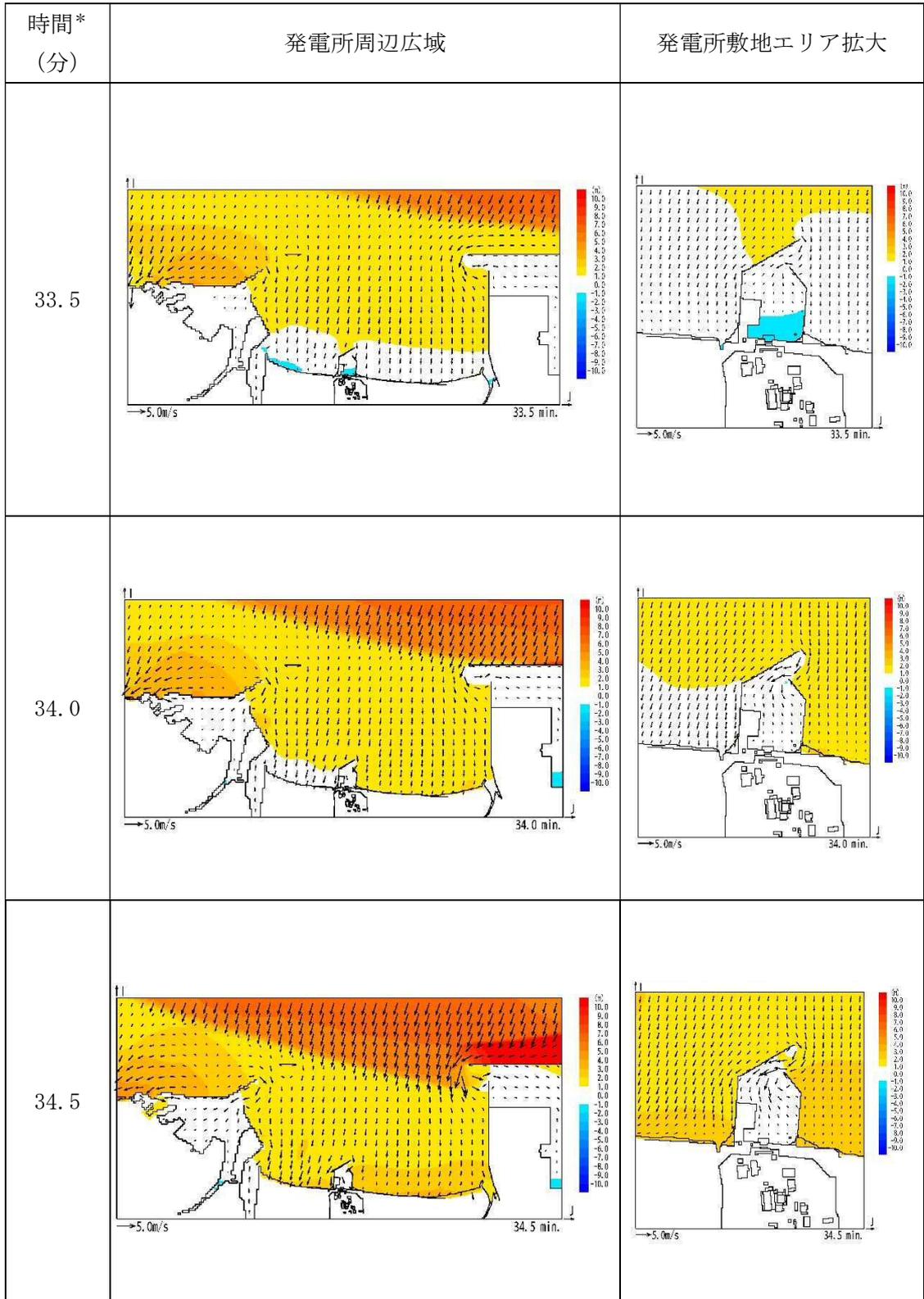


図4.2-3 基準津波による防潮堤前面における上昇側水位の評価結果 (防波堤なしの場合)

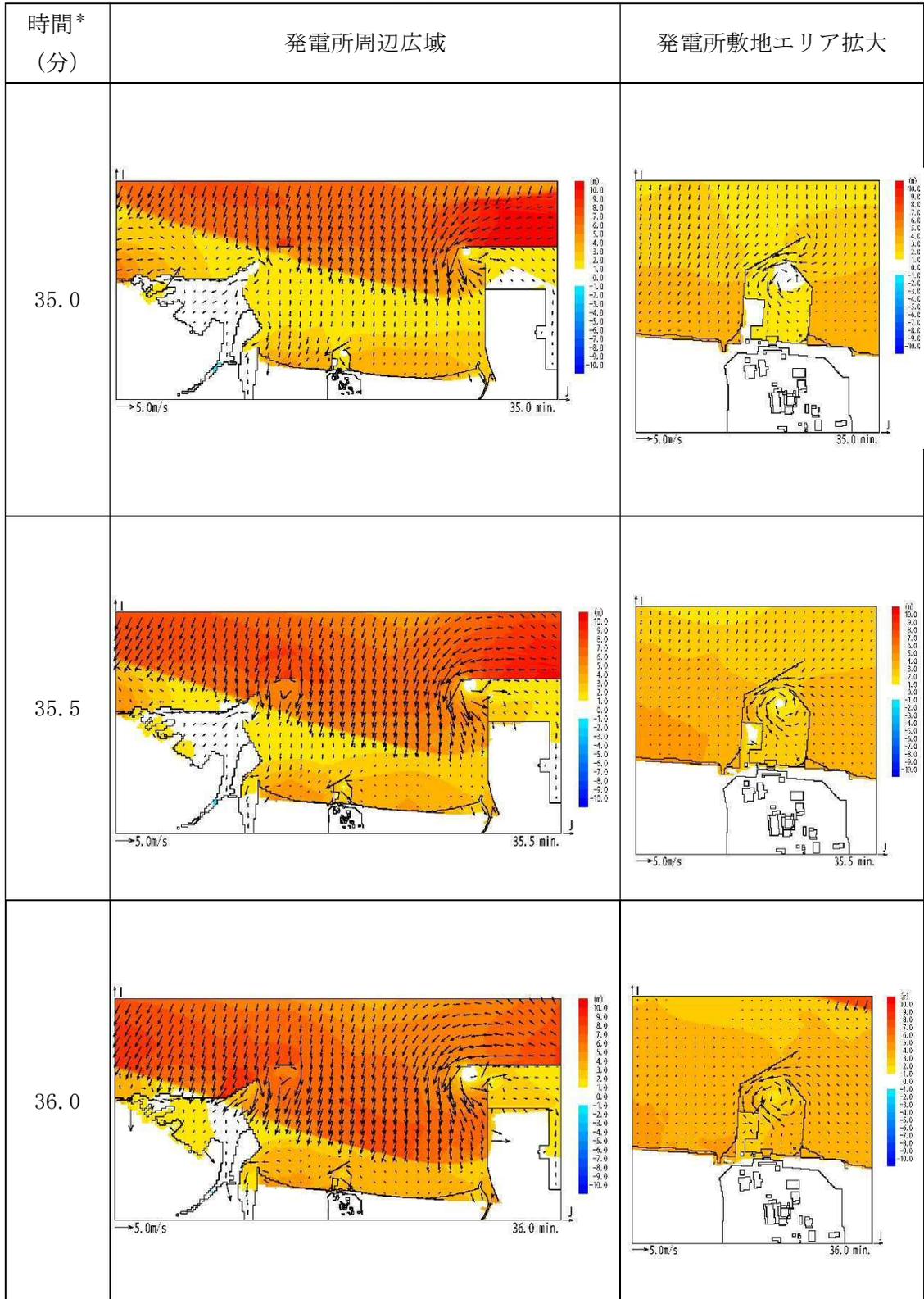
<防波堤あり>



*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図4.2-4 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル (1/12)

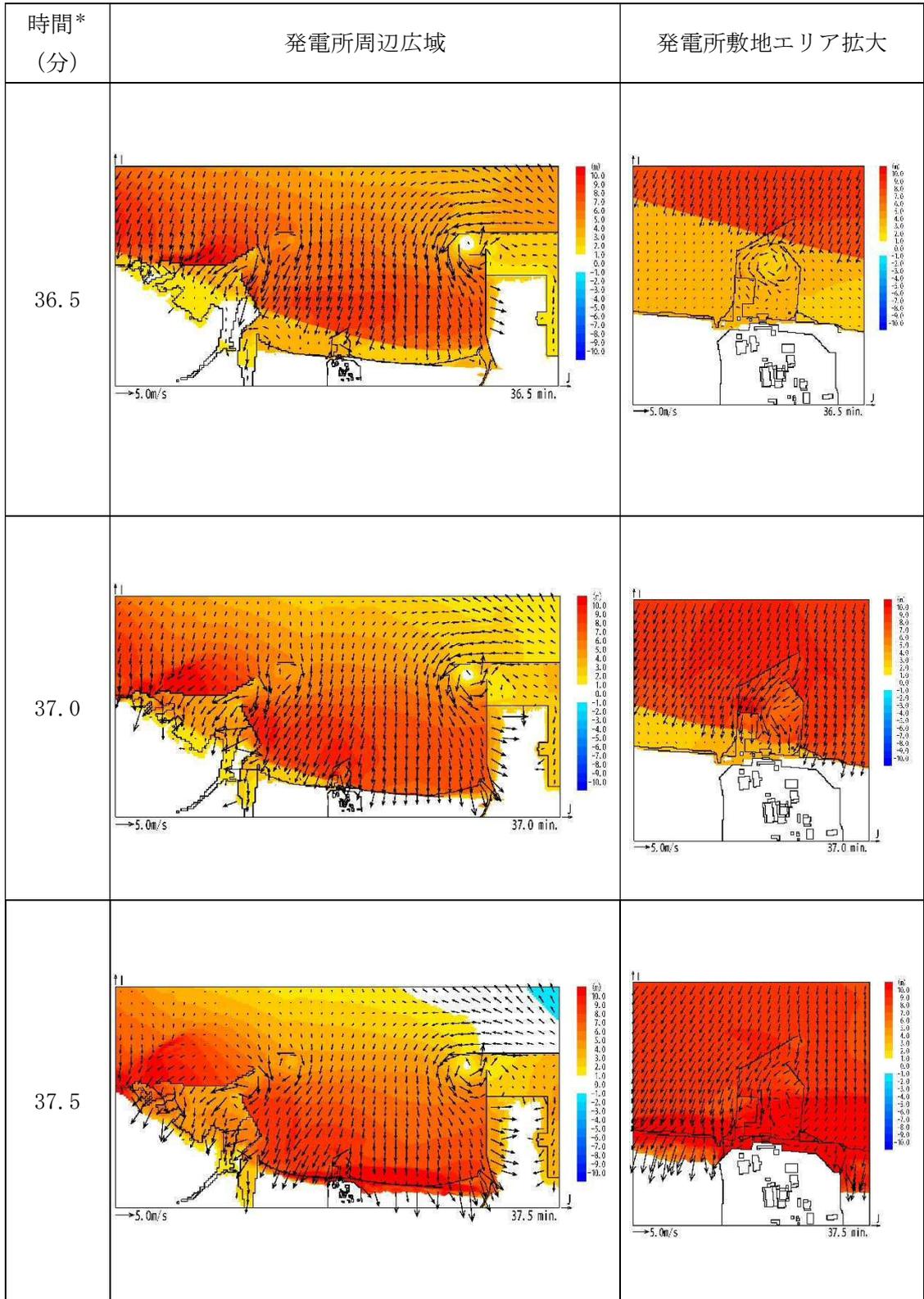
<防波堤あり>



*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図4.2-4 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル (2/12)

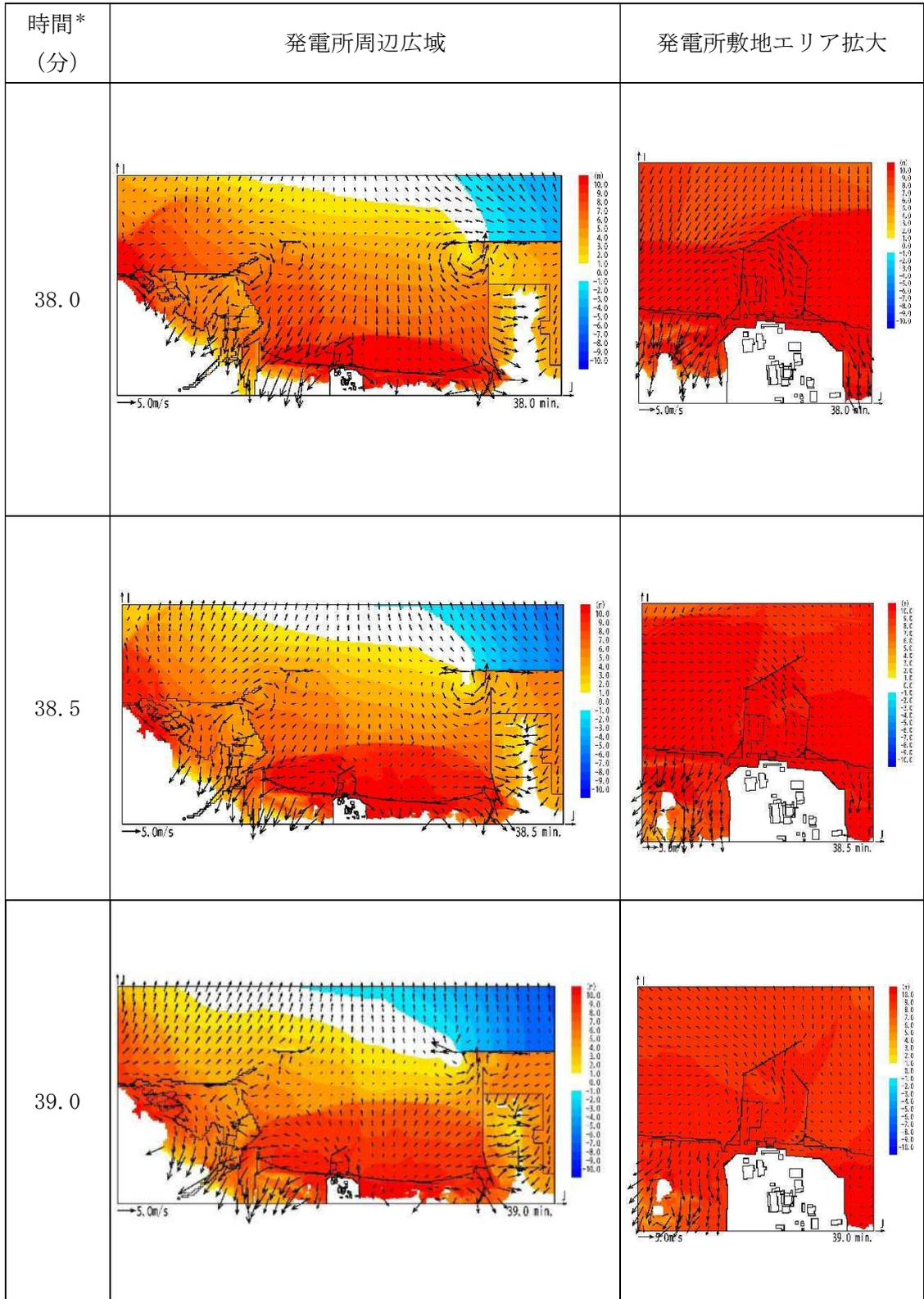
<防波堤あり>



* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図4.2-4 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル (3/12)

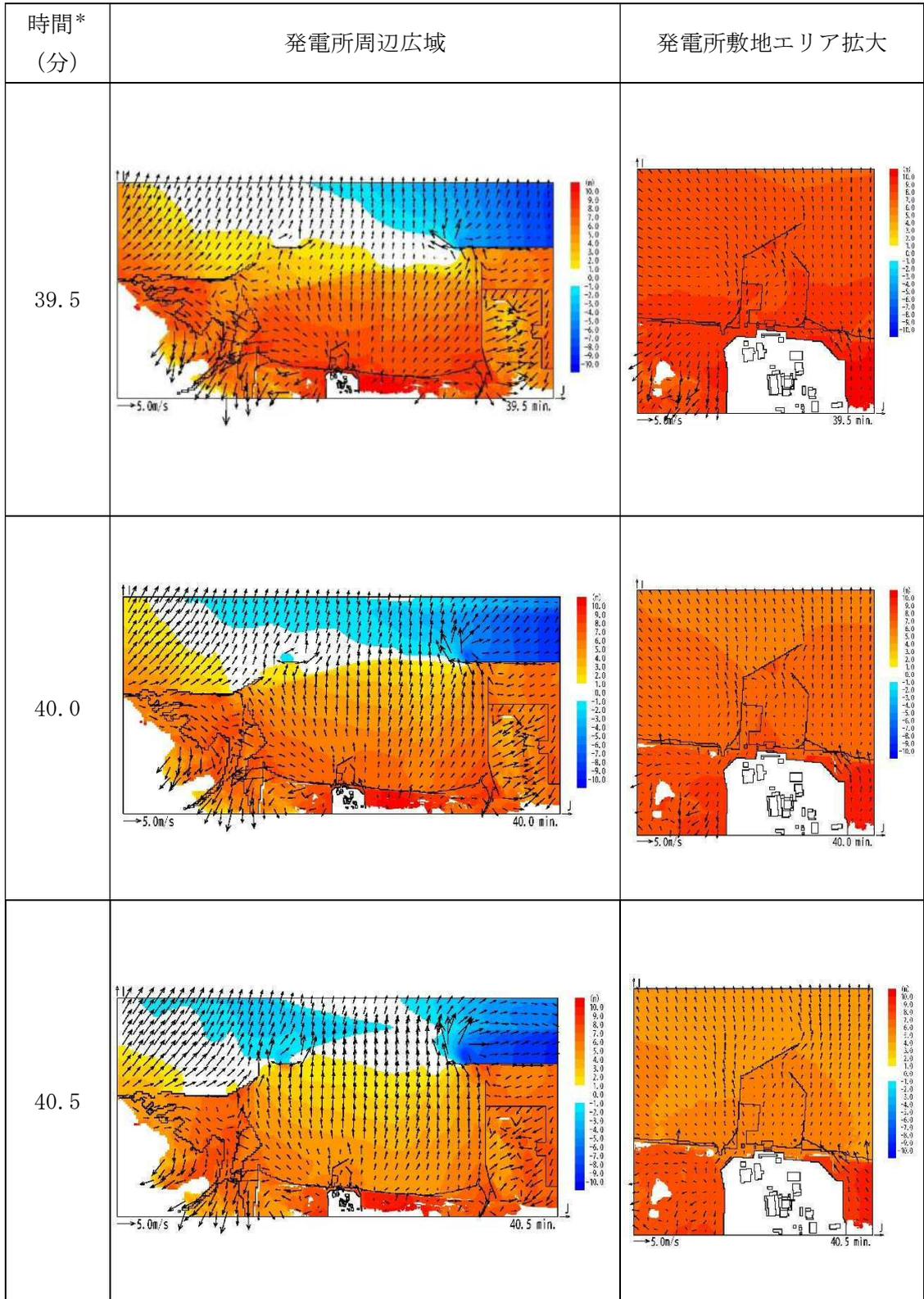
<防波堤あり>



*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図4.2-4 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル (4/12)

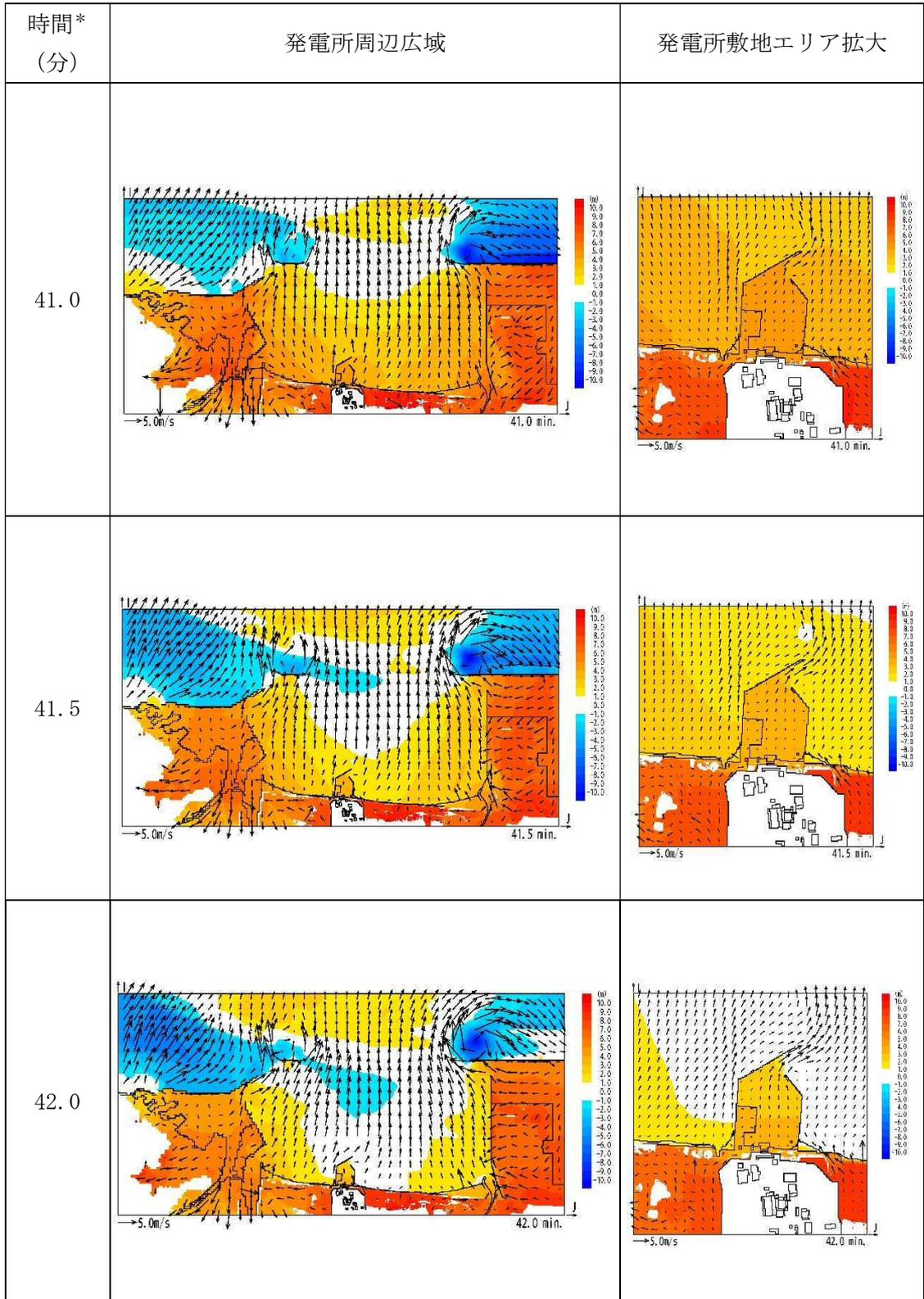
<防波堤あり>



*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図4.2-4 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル (5/12)

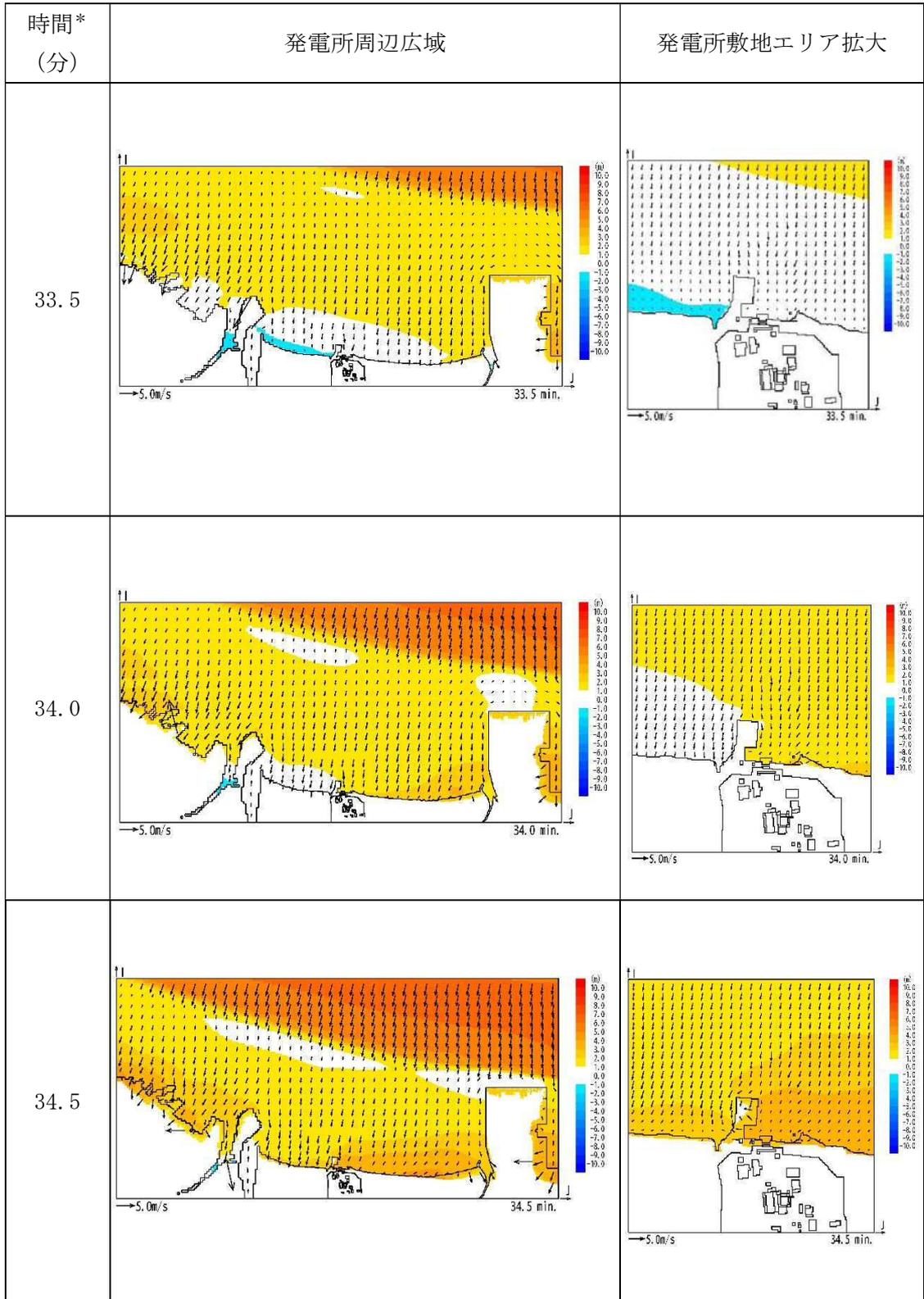
<防波堤あり>



*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図4.2-4 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル (6/12)

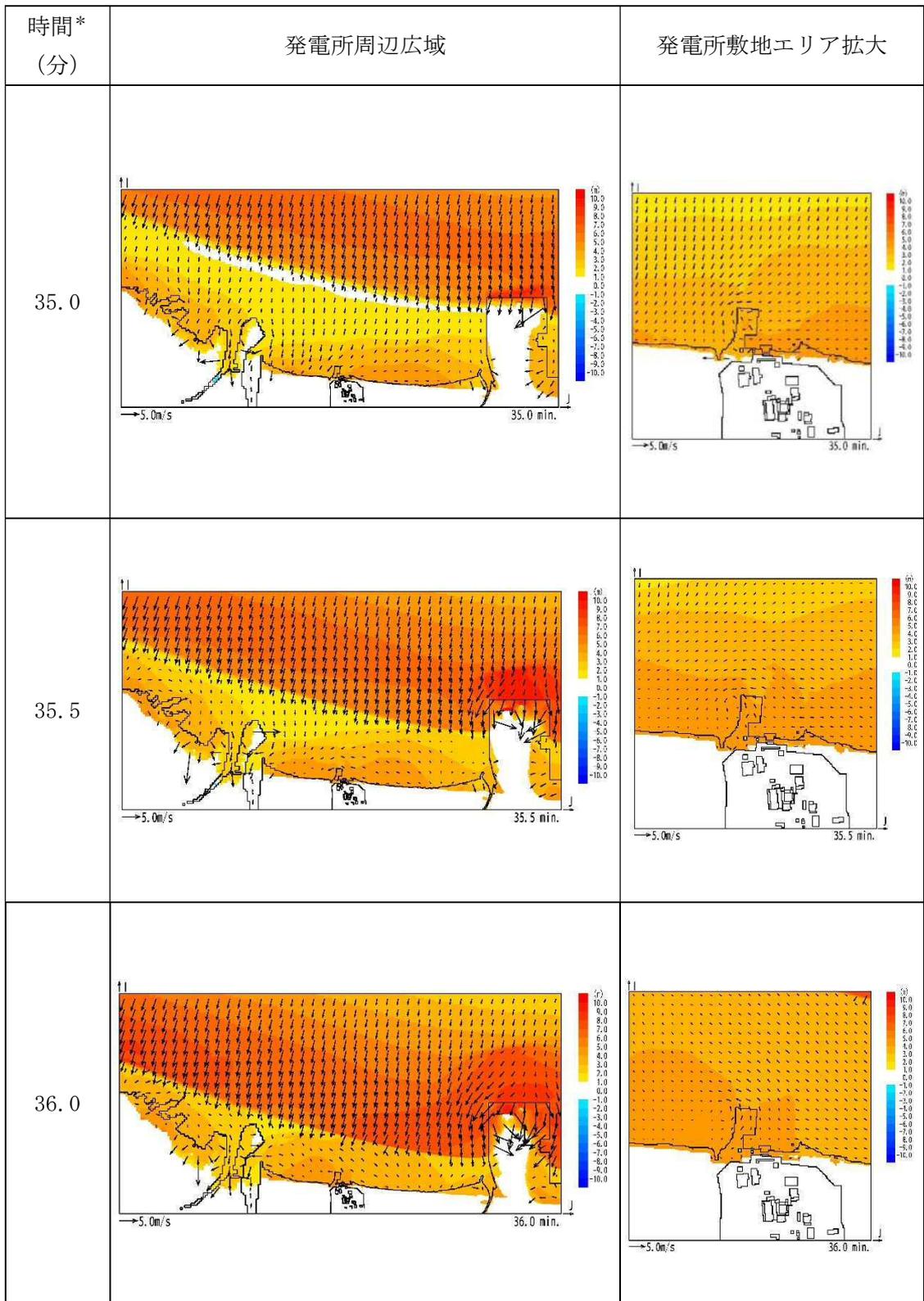
<防波堤なし>



* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4. 2-4 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル (7/12)

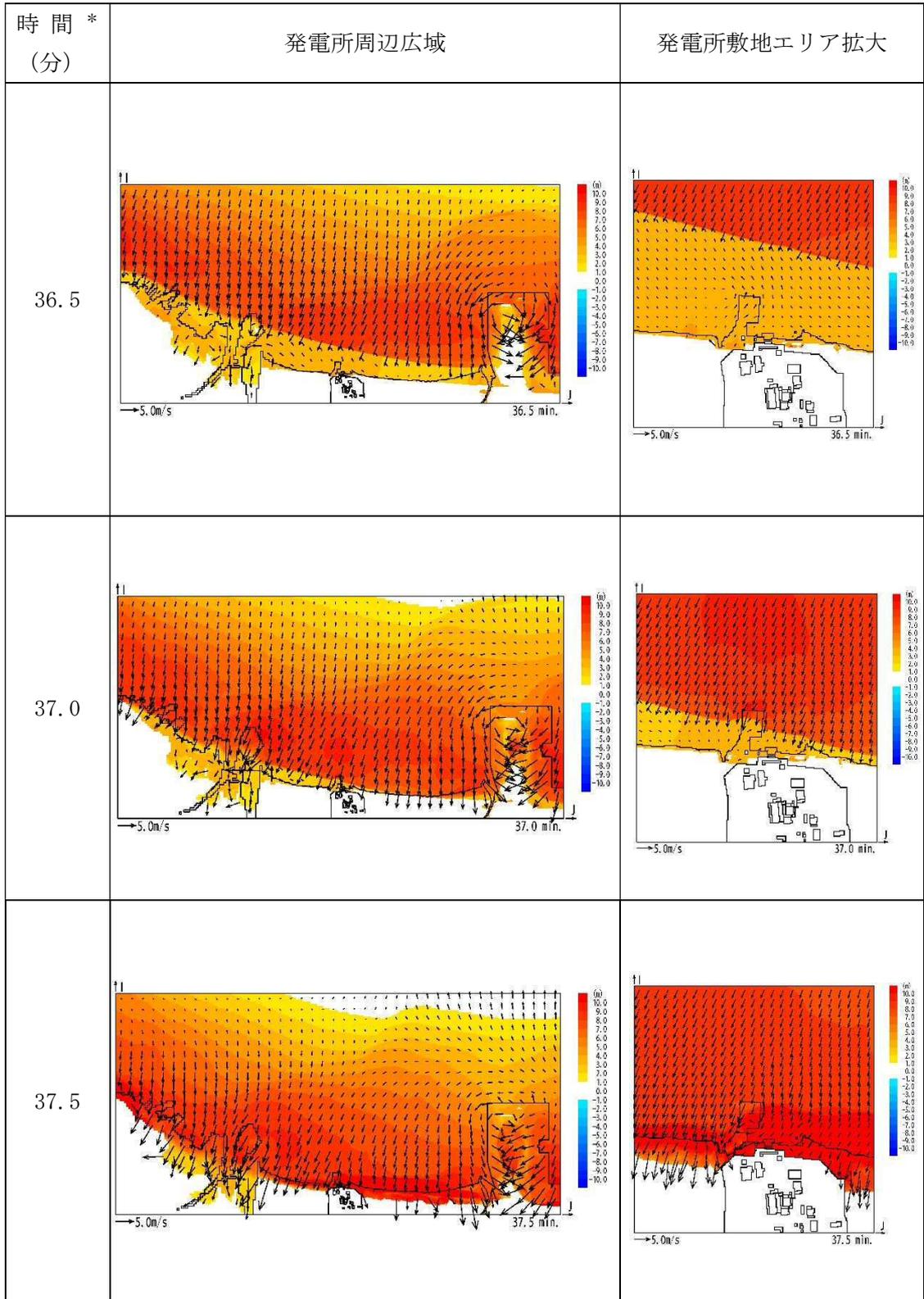
<防波堤なし>



* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4.2-4 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル (8/12)

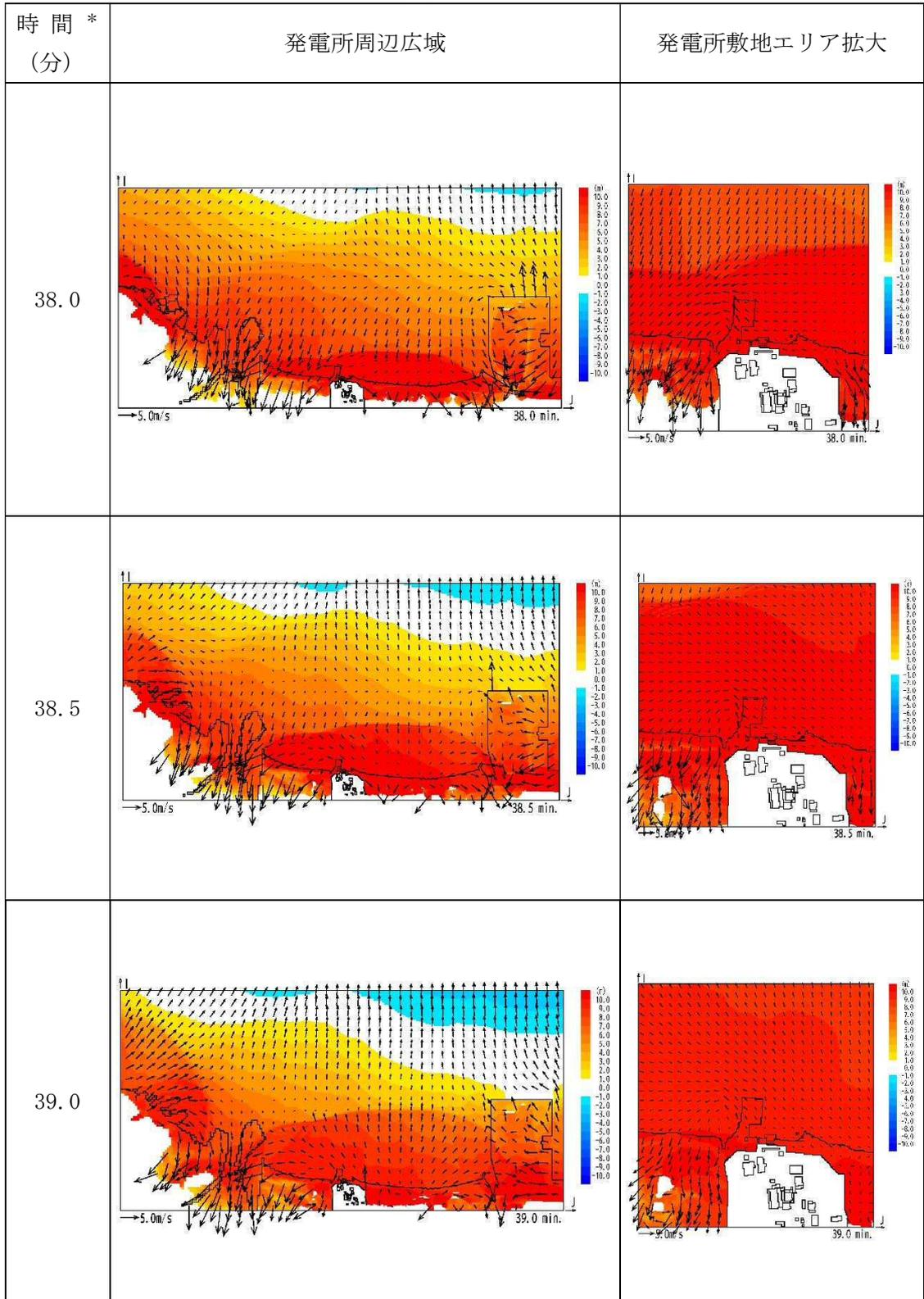
<防波堤なし>



*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4.2-4 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル (9/12)

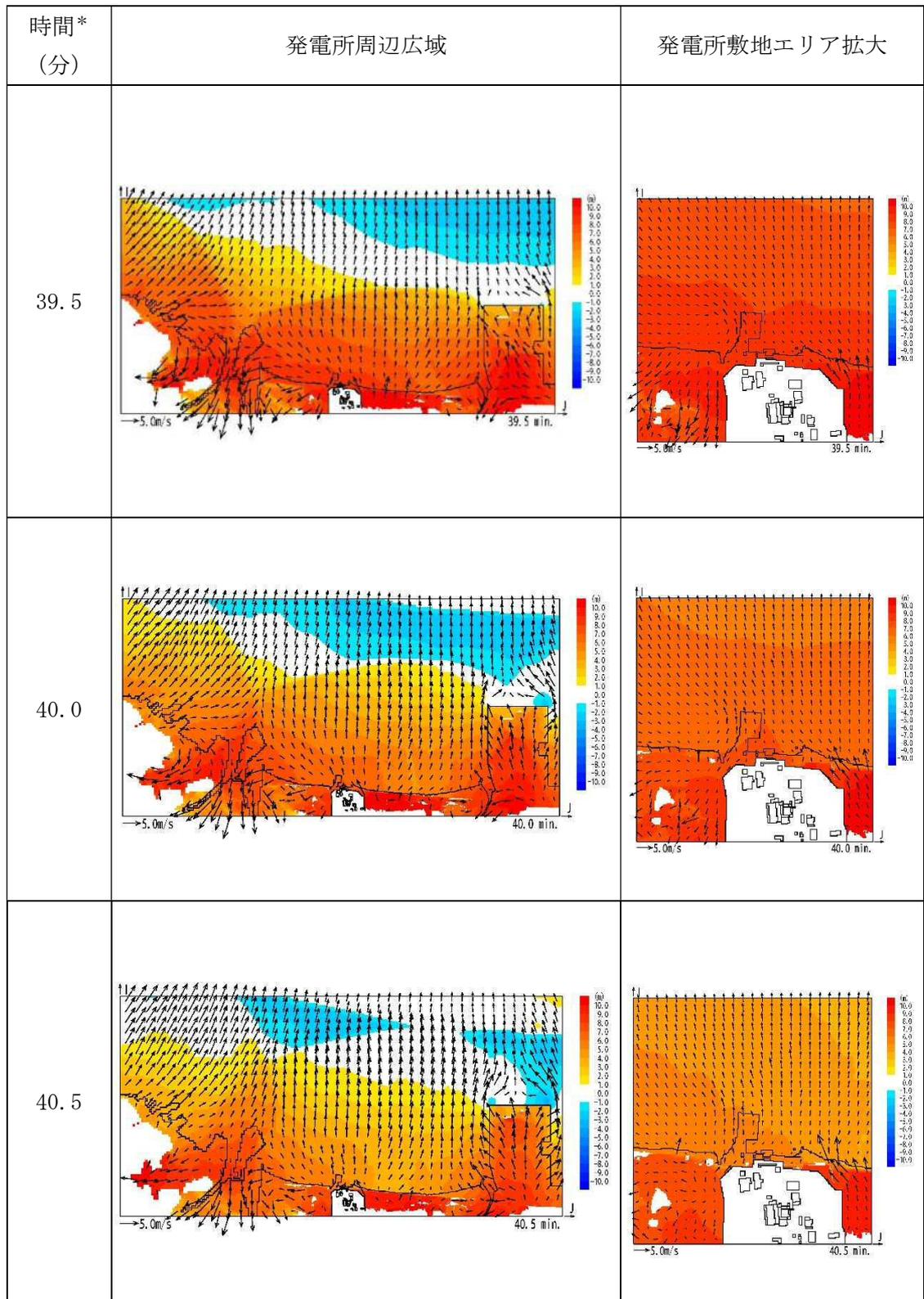
<防波堤なし>



*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4.2-4 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル (10/12)

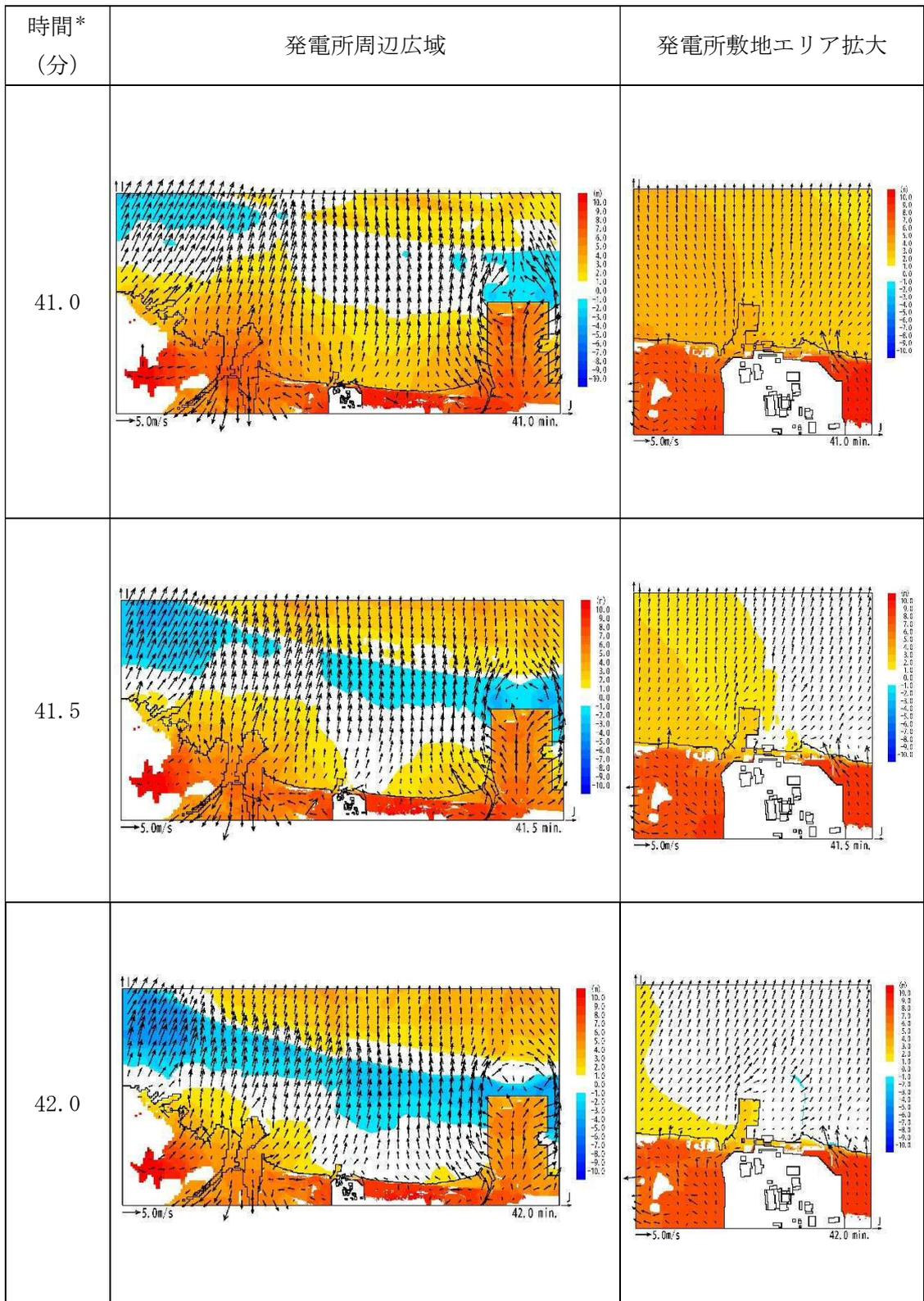
<防波堤なし>



*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4.2-4 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル (11/12)

<防波堤なし>

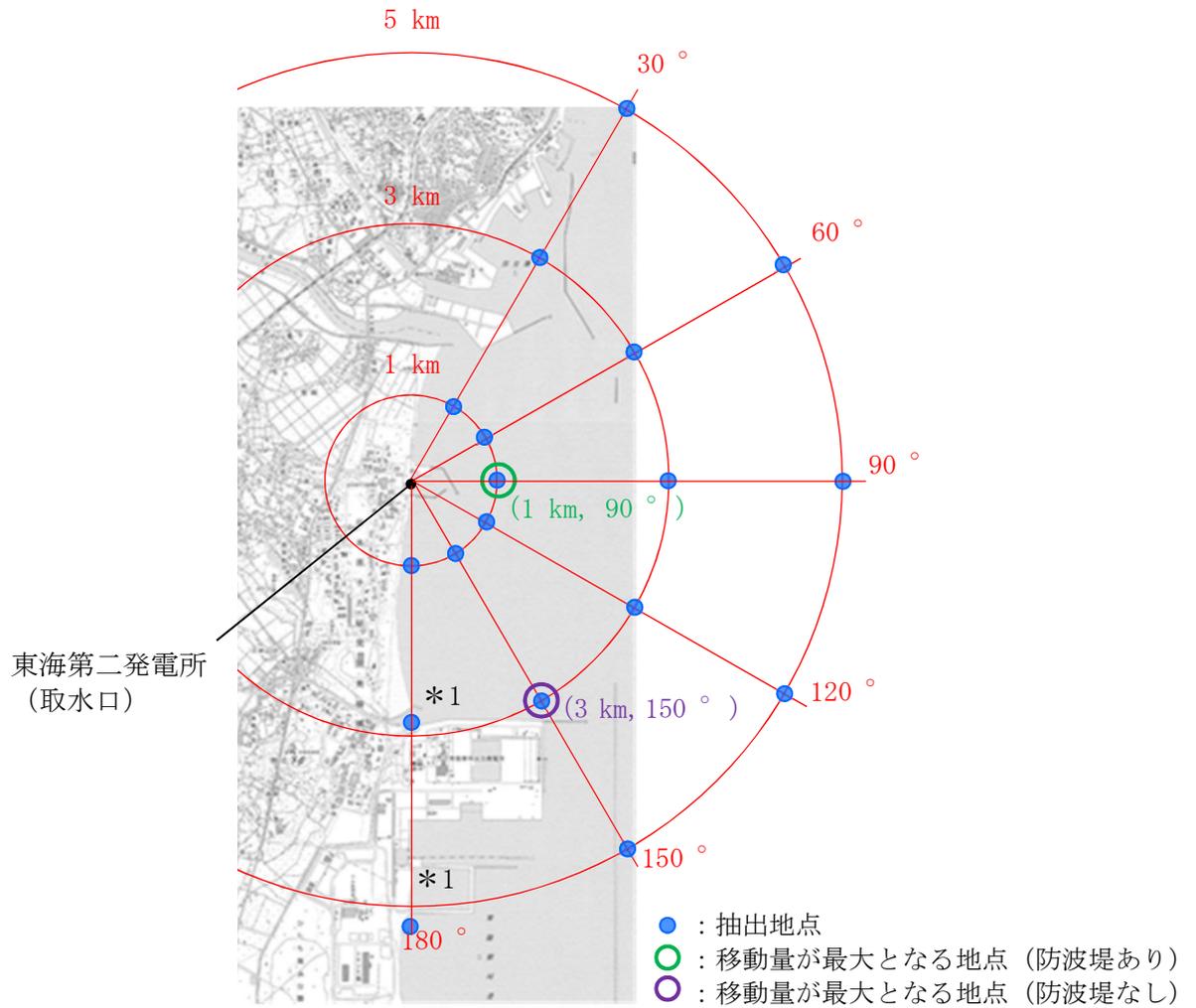


*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4.2-4 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル (12/12)

(2) 漂流物調査範囲の設定

漂流物調査範囲選定のため、基準津波における沿岸域の水位、流向及び流速の時系列データを抽出した。データの抽出地点を図 4.2-5 に示す。



*1 (3 km, 180°)及び(5 km, 180°)の地点については、陸域となるため、海域となるように調整した。

図 4.2-5 水位、流向、流速の抽出地点

漂流物調査の範囲は、漂流物が東海第二発電所へ到達する可能性のある距離とする。このため、津波の流向及び流速を考慮し、基準津波による漂流物の移動量を算出し、調査範囲を設定する。

漂流物調査範囲の設定に当たり、図 4.2-5 に示すデータの抽出地点において考慮する流向の範囲を図 4.2-6 に示す。津波の流向が発電所へ向かっている方向の時に、漂流物が発電所に接近すると考え、流向が発電所へ向かっているときの最大流速と継続時間より、漂流物の移動量を算出する。具体的には、取水口より北側の抽出地点では、東から西へ方向かつ北から南へ方向の流向を抽出し、取水口より南側の抽出地点では、東から西へ方向かつ南から北へ方向の流向を抽出し評価する。なお、図 4.2-6 に示すとおり、90°方向については、東から西へ向かう方向の流向を抽出する。

また，人工構造物の影響として，防波堤の有無を考慮して漂流物の移動量を評価する。

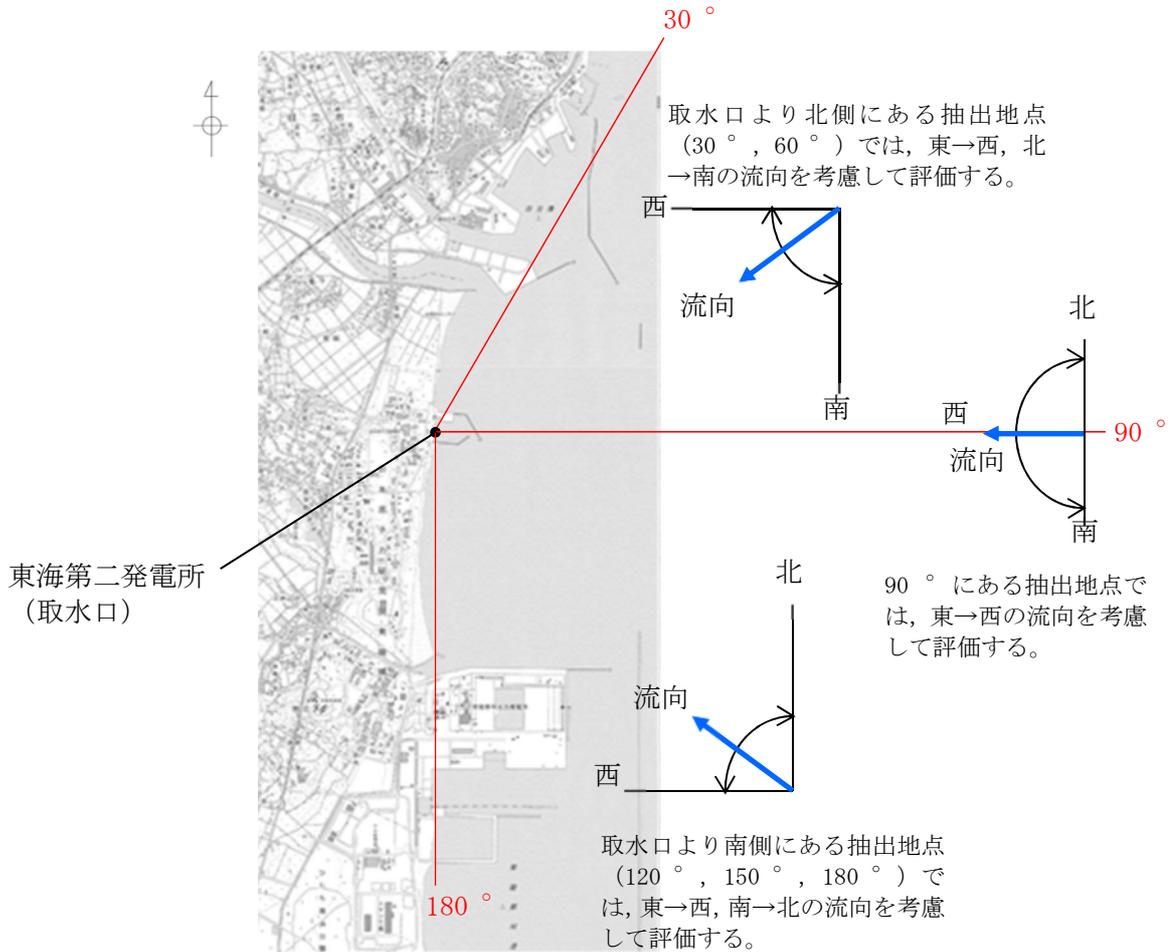


図 4.2-6 時系列データの抽出地点において考慮する流向の範囲

漂流物の移動量の算出に当たっては，発電所へ向かう流向が継続している間にも流速は刻々と変化しているが，保守的に最大流速が継続しているものとして，最大流速と継続時間の積によって移動量を算出する。

$$\text{移動量} = \text{継続時間} \times \text{最大流速}$$

以上の条件において，各抽出地点の漂流物の移動量を評価した結果の詳細を（参考 1）に示す。評価の結果，防波堤がある場合では，抽出地点（1 km, 90°）における移動量 3572 m（≒3.6 km）が最大となり，防波堤がない場合では，抽出地点（3 km, 150°）における移動量 3089 m（≒3.1 km）が最大となった。漂流物の移動量が最大となった抽出地点を図 4.2-5 に示す。各抽出地点における漂流物の移動量を評価した結果を表 4.2-2 に示す。

表 4.2-2 各抽出地点における漂流物の移動量 (1/2)
(防波堤ありの場合)

抽出地点	30 °	60 °	90 °	120 °	150 °	180 °
1 km	206 m	510 m	3572 m	1275 m	2099 m	2278 m
3 km	170 m	1131 m	1772 m	22 m	1014 m	1512 m
5 km	429 m	572 m	1575 m	644 m	610 m	1422 m

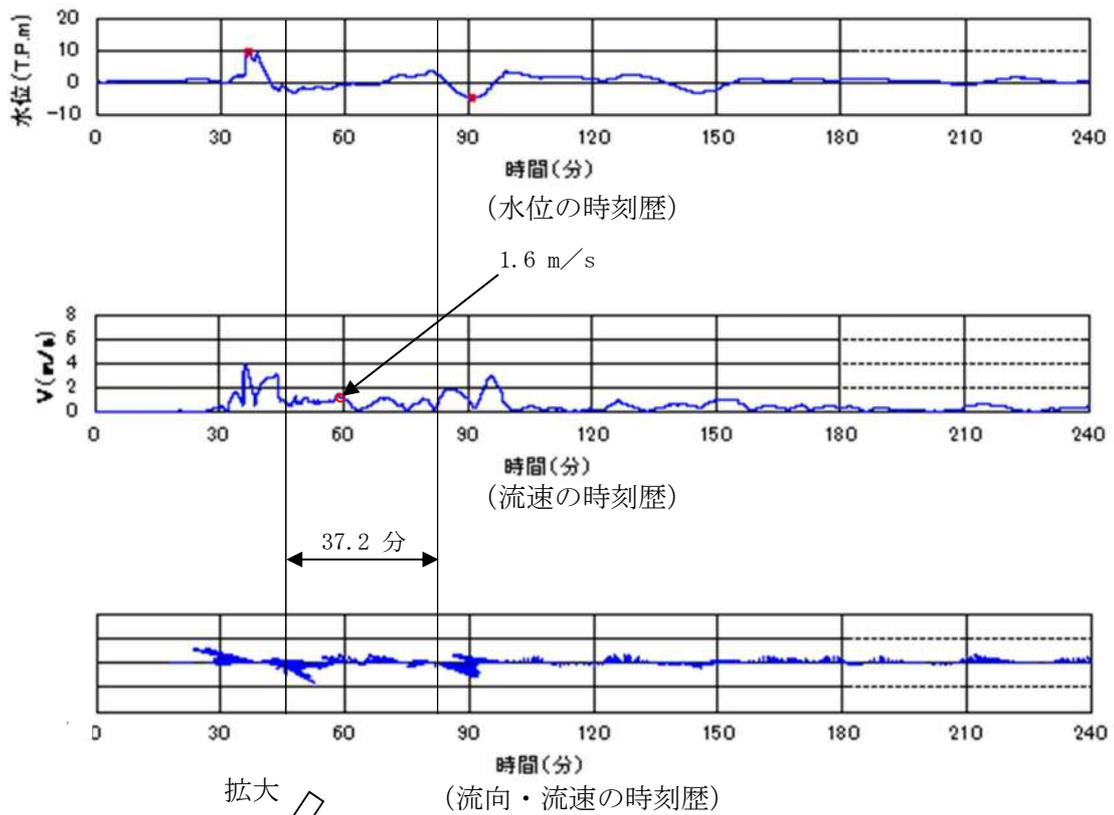
表 4.2-2 各抽出地点における漂流物の移動量 (2/2)
(防波堤なしの場合)

抽出地点	30 °	60 °	90 °	120 °	150 °	180 °
1 km	461 m	792 m	1449 m	1268 m	1155 m	1710 m
3 km	445 m	857 m	1772 m	1556 m	3089 m	10 m
5 km	1232 m	1063 m	1575 m	1575 m	1470 m	1617 m

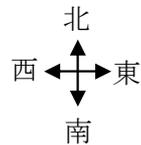
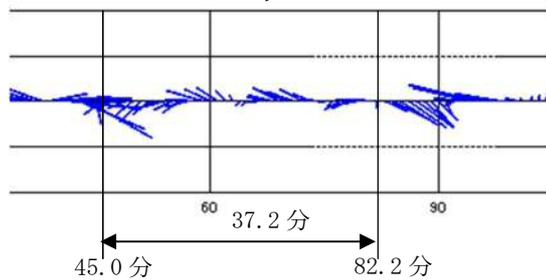
以上より、漂流物の移動量が 3.6 km となることから、保守的に取水口から半径 5 km の範囲を漂流物調査の範囲として設定する。

また、漂流物が発生する箇所は津波が遡上する範囲となることから、陸域については、遡上域を包絡する範囲で調査を実施した。

図 4.2-7 に抽出地点 (1 km, 90 °) (防波堤あり) における水位、流向、流速と漂流物の移動量の算出の考え方、図 4.2-8 に抽出地点 (3 km, 150 °) (防波堤なし) における水位、流向、流速と漂流物の移動量の算出の考え方、図 4.2-9 に基準津波による発電所周辺の遡上範囲及び漂流物の調査範囲を示す。また、防潮堤の設置ルート変更による遡上域への影響確認を実施した。影響確認結果の詳細を (参考 8) に示す。



拡大



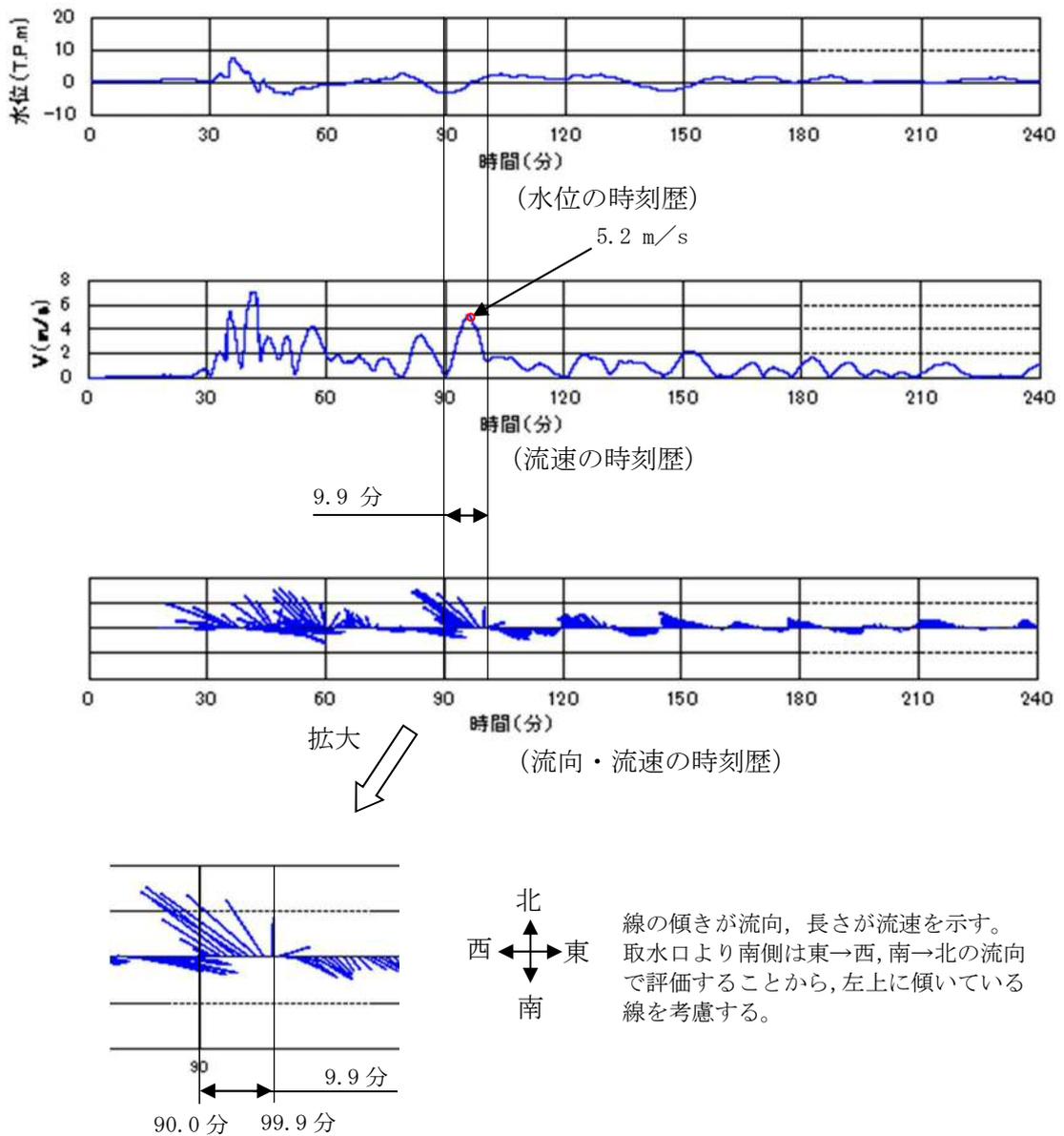
線の傾きが流向，長さが流速を示す。
90° 方向は東→西の流向で評価することから，左に傾いている線を考慮する。

(継続時間)	×	(最大流速)	=	(移動量)
37.2 分	×	1.6 m/s × 60	=	3572 m
				→ 3.6 km



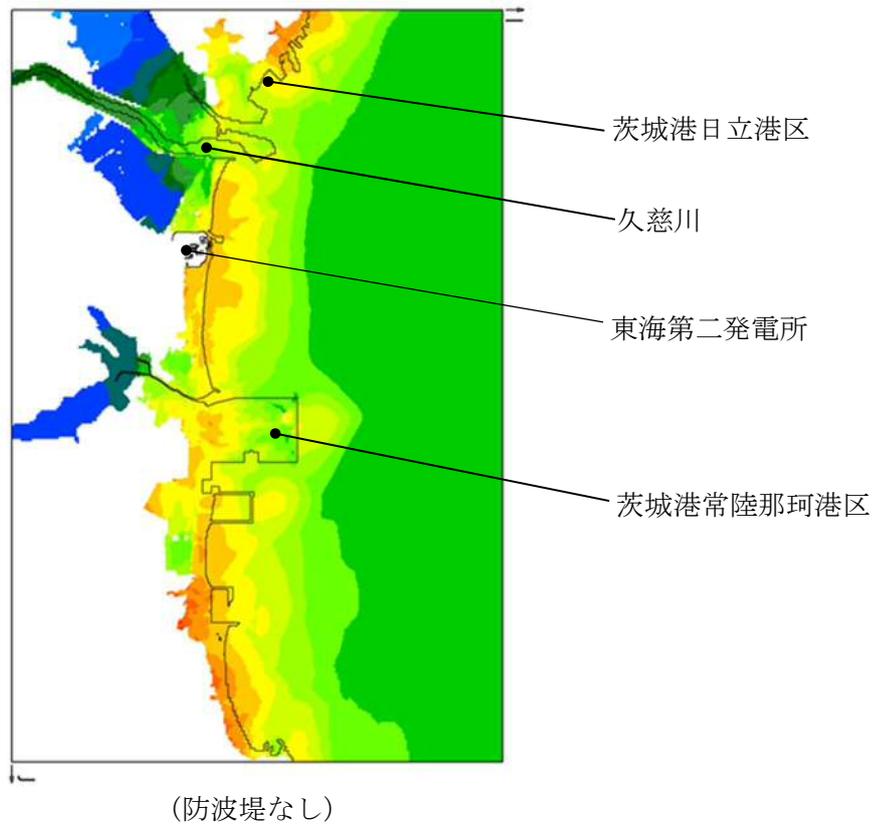
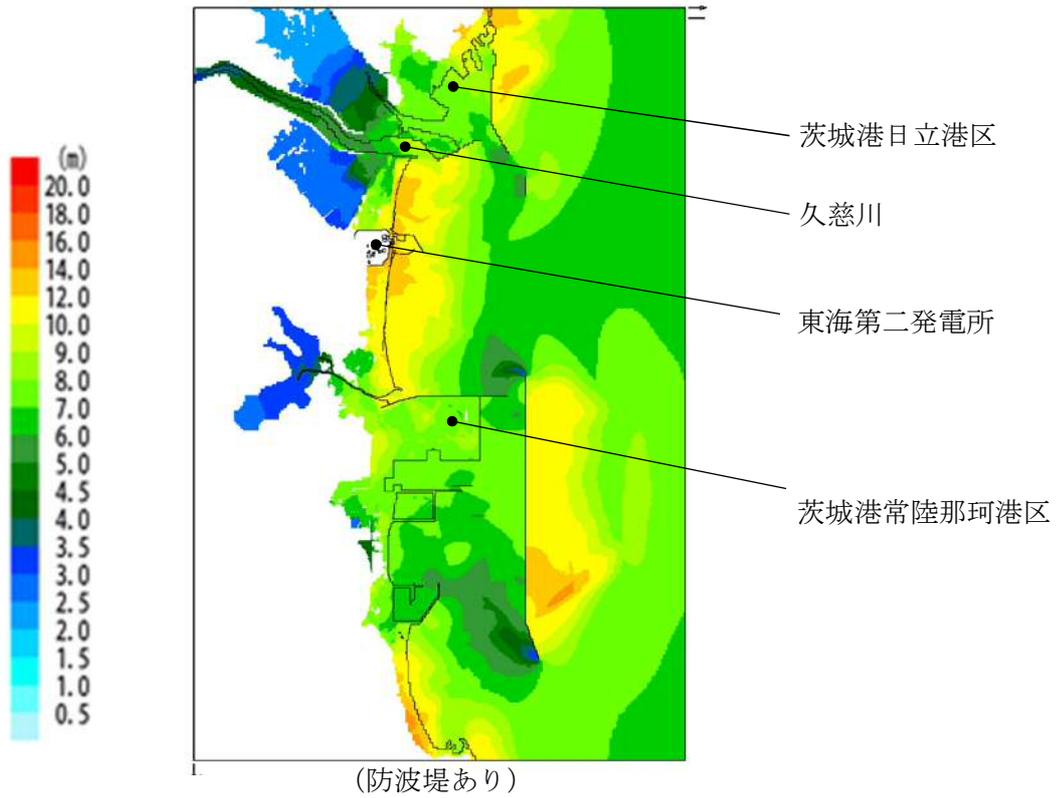
漂流物調査範囲
半径 5km

図 4.2-7 抽出地点 (1 km, 90°) (防波堤あり) における
水位，流向，流速と漂流物の移動量の算出の考え方



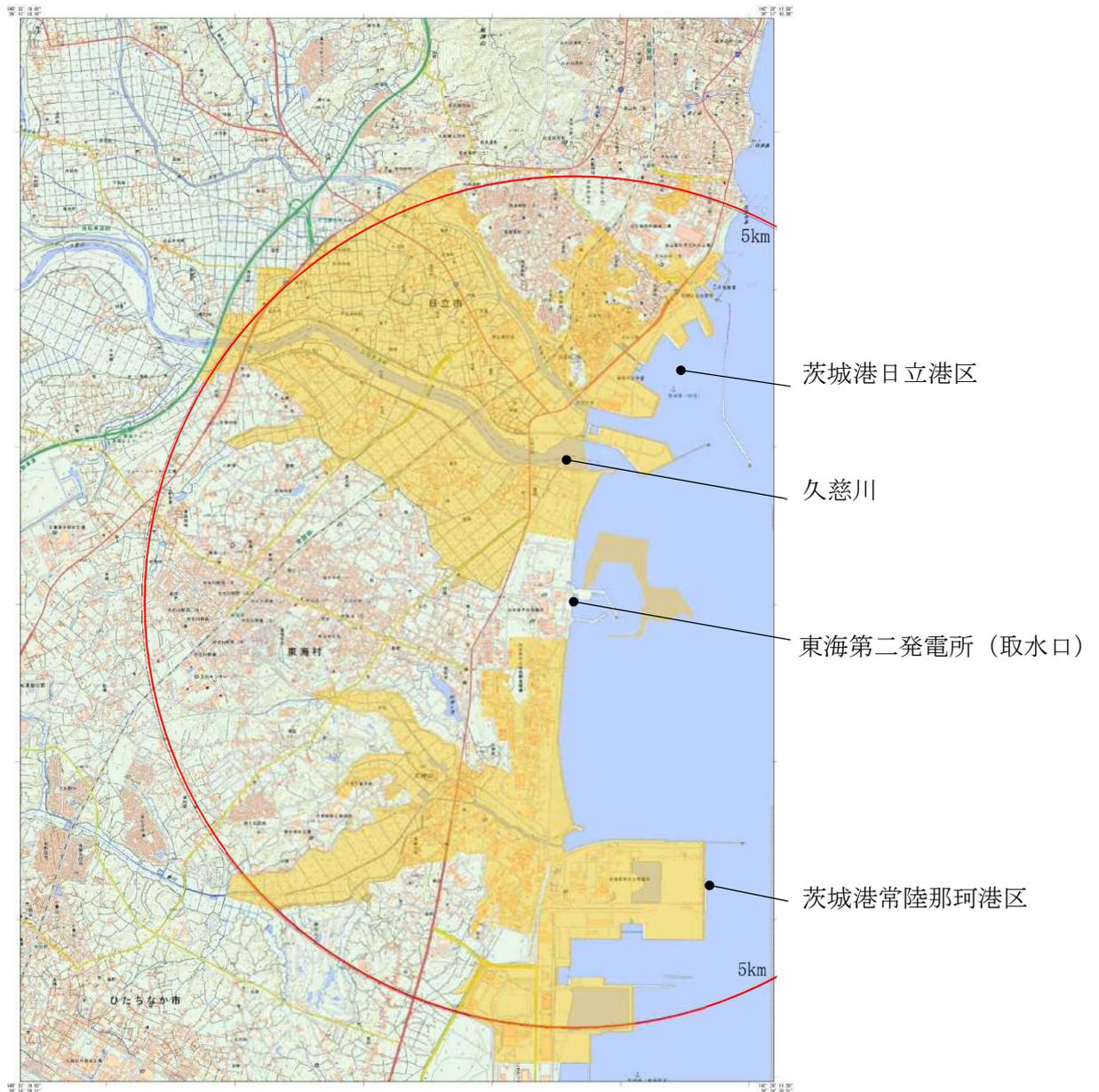
(継続時間)	×	(最大流速)	=	(移動量)
9.9 分	×	5.2 m/s × 60	=	3089 m → 3.1 km

図 4.2-8 抽出地点 (3 km, 150°) (防波堤なし) における水位、流向、流速と漂流物の移動量の算出の考え方



[発電所周辺の遡上範囲]

図 4.2-9 基準津波による発電所周辺の遡上範囲及び漂流物の調査範囲 (1/2)



■ : 調査範囲（遡上解析結果を参考に、実際の調査に当たって広めに設定した範囲）

[漂流物の調査範囲]

図 4.2-9 基準津波による発電所周辺の遡上範囲及び漂流物の調査範囲 (2/2)

(3) 漂流物となる可能性のある施設・設備の抽出

上記(2)で設定した調査範囲に基づき、発電所敷地内及び発電所敷地外に存在する施設・設備について、設計図書、ウォークダウン及び関係者への聞き取りにより調査した。調査方法の詳細を(参考2)に示す。以下に発電所敷地内(防潮堤外側)と発電所敷地外で区分けして整理した調査結果を示す。

a. 発電所敷地内における漂流物調査結果

発電所敷地内については、防潮堤の外側を対象に調査を実施した。漂流物となる可能性のある施設・設備として抽出されたものを以下に示す。

海域の船舶としては、東海港の物揚岸壁に接岸する使用済燃料輸送船及び低レベル放射性廃棄物運搬船(以下「燃料等輸送船」という。)、港湾内における浚渫作業を実施する浚渫船、その他貨物船等が抽出された。

海域の設備類等としては、東海発電所の取水口の箇所にある東海発電所取水鋼管標識ブイ(以下「標識ブイ」という。)が抽出された。

陸域の建物類等としては、基礎に据え付けられているものとして、鉄筋コンクリート造建物の検潮室、海水電解装置建屋、物揚場倉庫等、鉄骨造建物のメンテナンスセンター、輸送本部建屋、輸送本部倉庫等が抽出された。その他の建物として、仮設ハウス、再利用物品置き場テントが抽出された。

陸域の設備類等としては、ジブクレーン、除塵装置、海水電解装置等の機器、クレーン荷重試験用ウェイト、角落し、工事用資材等の資機材の他、フェンス、空調室外機、車両、防砂林等が抽出された。

図4.2-10及び表4.2-3に発電所敷地内における漂流物調査結果を示す。

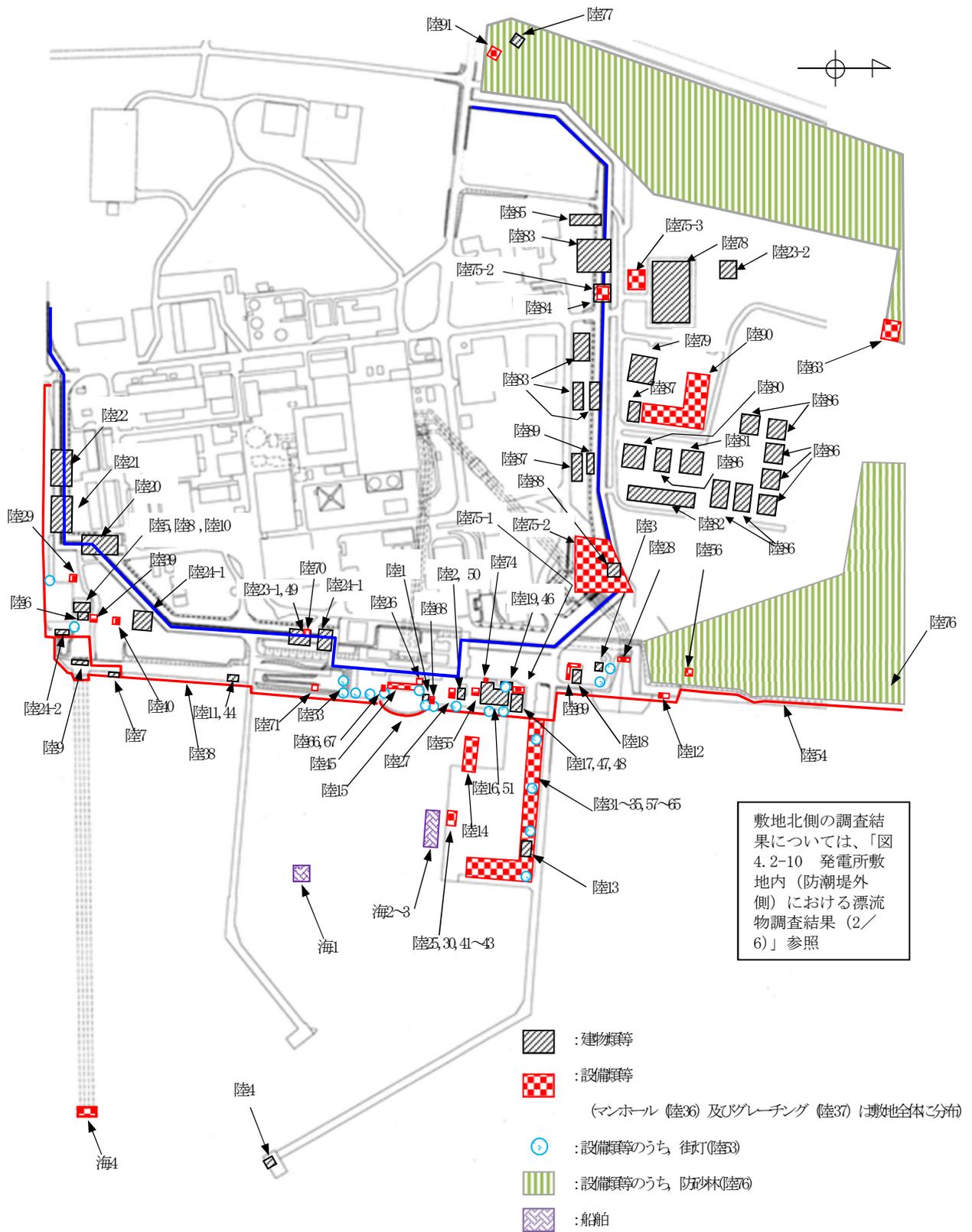


図 4.2-10 発電所敷地内（防潮堤外側）における漂流物調査結果（1/6）

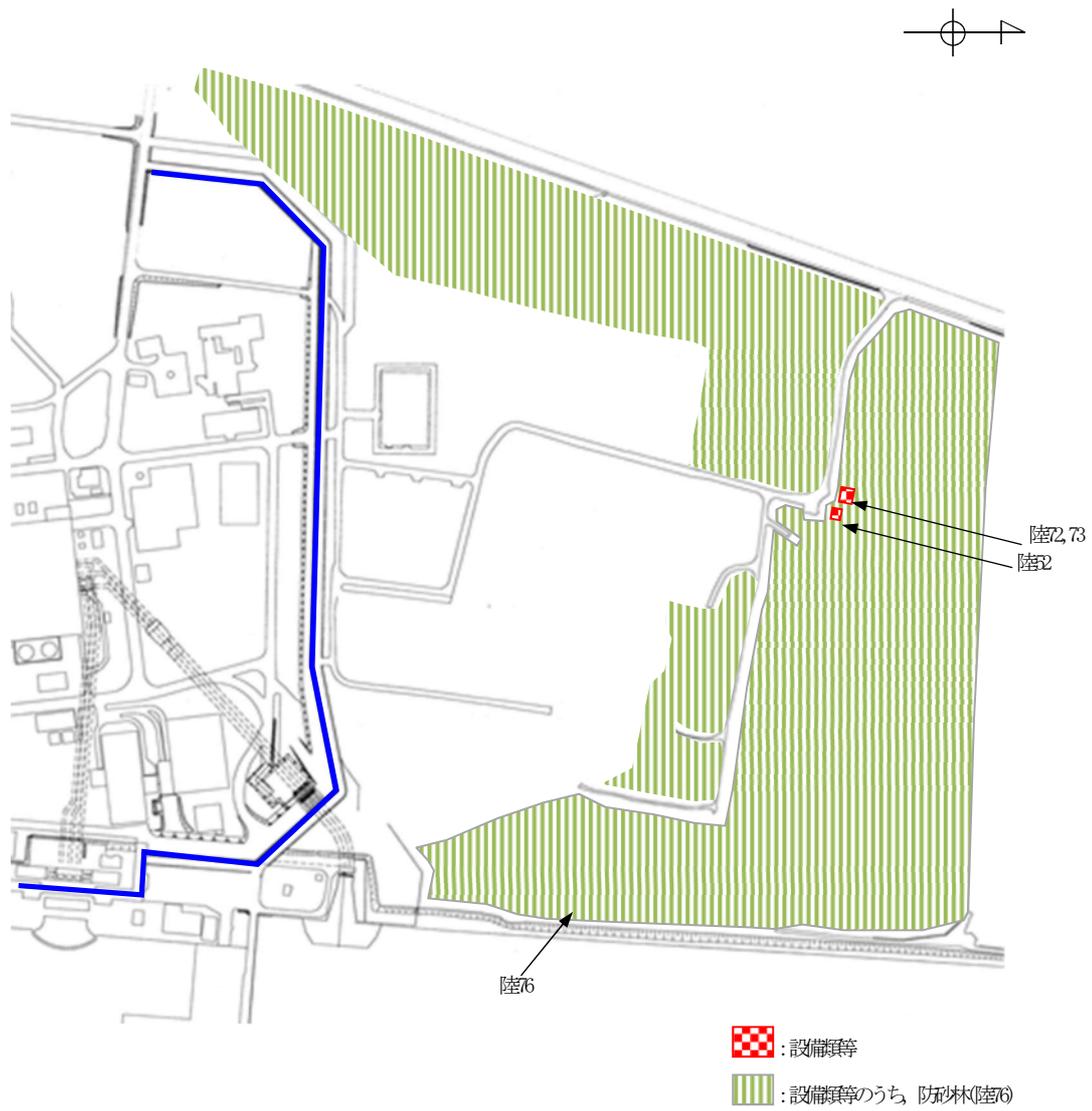


図 4.2-10 発電所敷地内（防潮堤外側）における漂流物調査結果（2/6）

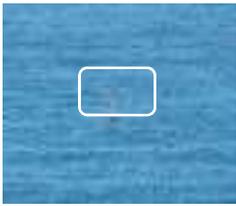
			
海 4 標識ブイ			
			
陸 1 検潮小屋	陸 2 海水電解装置建屋	陸 3 放水口モニター小屋	陸 4 北防波堤灯台
			
陸 5 復水冷却用水路スクリーン室	陸 6 塩素処理室	陸 7 放水口放射能測定機器上屋	陸 8 ロータリースクリーン室
			
陸 9 主ゲート	陸 10 次亜塩素酸ソーダ注入室	陸 11 合併処理浄化槽設備	陸 12 海上レーダー
			
陸 13 物揚場倉庫	陸 14 栈橋	陸 15 カーテンウォール	陸 16 メンテナンスセンター
			
陸 17 輸送本部建屋	陸 18 輸送本部倉庫	陸 19 	陸 20 工作建屋

図 4.2-10 発電所敷地内（防潮堤外側）における漂流物調査結果（3/6）

			
陸 21 資材 3号倉庫	陸 22 資材 1号倉庫	陸 23 仮設ハウス	陸 24 再利用物品置場テント
			
陸 25 ジブクレーン	陸 26 除塵装置制御盤	陸 27 海水電解装置	陸 28 放水口サンプルポンプ
			
陸 29 放射性液体廃棄物希釈水ポンプ	陸 30 ジブクレーン受電箱	陸 31 クレーン荷重試験用ウェイト	陸 32 クレーン荷重試験用吊具
			
陸 33 使用済燃料輸送容器用専用吊具	陸 34 角落とし	陸 35 トレンチ蓋	陸 36 マンホール
			
陸 37 グレーチング	陸 38	陸 39 水路変圧器函	陸 40 放水口モニター
			
陸 41 ジブクレーンケーブル収納箱	陸 42 ホース収納箱	陸 43 ページング・電話ボックス	陸 44 合併処理浄化槽電源盤

図 4.2-10 発電所敷地内（防潮堤外側）における漂流物調査結果（4/6）

			
陸 45 除塵装置	陸 46  空調室外機	陸 47 輸送本部建屋空調室外機	陸 48 輸送本部建屋空調室外機
			
陸 49 仮設ハウス空調室外機	陸 50 海水電解装置建屋空調室外機	陸 51 メンテナンスセンター空調室外機	陸 52 ミラー
			
陸 53 街灯	陸 54 鉄製防護柵	陸 55 自動販売機	陸 56 標識
			
陸 57 潜水用防護柵	陸 58 オイルフェンス巻取機	陸 59 使用済燃料輸送用区画器具保管箱	陸 60 オイルフェンス
			
陸 61 工事用資材	陸 62 工事用資材	陸 63 工事用資材	陸 64 工事用資材
			
陸 65 資材	陸 66 塵芥廃棄用コンテナ	陸 67 塵芥入れかご	陸 68 次亜塩素酸ソーダ注入装置 (仮設)

図 4.2-10 発電所敷地内 (防潮堤外側) における漂流物調査結果 (5/6)

			
陸 69 使用済燃料輸送関連機材	陸 70 工事用資材	陸 71 敷鉄板	陸 72 コンテナ
			
陸 73 パレット	陸 74 手洗いシンク	陸 75 普通車・大型車	陸 76 防砂林
陸 77 モニタ小屋	陸 78 	陸 79 	陸 80 
			
陸 81 	陸 82 	陸 83 事務所	陸 84 車庫
写真なし			
陸 85 校正室	陸 86 大型テント	陸 87 倉庫	陸 88 一般焼却炉
写真なし			
陸 89 作業場	陸 90 足場・工具類	陸 91 鉄塔	

図 4.2-10 発電所敷地内（防潮堤外側）における漂流物調査結果（6/6）

表 4.2-3 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地内分 (1/16)

< 海域 >

番号	分類	名称	場所	数量	状態	主要構造 (形状) / 材質	重量 (最も大きなものを記載)	評価	分類*
海1	船舶	浚渫船	敷地内 港湾エリア	1	航行/停泊	—	約500 t	・あらかじめ、緊急退避の実効性について確認した後に、入港する運用とすることから、漂流物とはならない。	A
海2	船舶	燃料等輸送船	敷地内 港湾エリア	9	航行/停泊	—	約5,000 t (総トン数)	・緊急退避行動の実効性が確認されていることから、漂流物とはならない。	
海3	船舶	貨物船	敷地内 港湾エリア	91	航行/停泊	—	約3,000 t (総トン数)	・あらかじめ、緊急退避の実効性について確認した後に、入港する運用とすることから、漂流物とはならない。	

発電所敷地内分調査実施日：2016年9月8日
 2016年9月9日
 2017年8月4日

表 4.2-3 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地内分 (3/16)

<陸域>

番号	分類	名称	場所	数量	状態	主要構造(形状) / 材質	寸法	重量	評価	分類*		
陸1	建物類等	検潮小屋	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	2.9 m×2.9 m× 2.3 m	—	<p><本体> ・地震又は津波の波力により部分的に損壊するおそれがあるが、建物の形状を維持したまま漂流物となることはないと考えられる。</p>	<本体> A		
陸2	建物類等	海水電解装置建屋	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	8 m×11 m×3.7 m	—				
陸3	建物類等	放水口モニター小屋	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	4 m×5 m×3 m	—				
陸4	建物類等	北防波堤灯台	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	Φ3 m×9 m	—				
陸5	建物類等	復水冷却用水路 スクリーン室	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	—	—			<p><がれき類> 取水機能を有する 安全設備等の取水性 ・コンクリート片等のがれきが取水口へ到達するおそれがあるが、取水口を完全に閉塞させることはないため、非常用海水ポンプの取水性に影響はない。</p>	<がれき類> C1
陸6	建物類等	塩素処理室	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	10 m×13 m×10 m	—				
陸7	建物類等	放水口放射能 測定機器上屋	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	3 m×5 m×3 m	—				
陸8	建物類等	ロータリースクリーン室	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	13 m×21 m×11 m	—				
陸9	建物類等	主ゲート	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	4 m×18 m×10 m	—				
陸10	建物類等	次亜塩素酸ソーダ注入室	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	—	—				
陸11	建物類等	合併処理浄化槽設備	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	10 m×15 m×10 m	—				
陸12	建物類等	海上レーダー	敷地内 発電所構内	1	設置	鋼製支柱	—	—				
陸13	建物類等	物揚場倉庫	敷地内	1	設置	コンクリート製ブロック	7 m×12 m×3 m	—				
陸14	建物類等	栈橋	敷地内 港湾エリア	1	設置	鋼製コンクリート造	1.2 m×40 m×4 m	—	<p>津波防護施設等の機能 ・コンクリート片等のがれきが漂流した場合に、津波防護施設等に対する漂流物となることを否定できないため、津波防護施設等の機能に対する影響評価に考慮する。</p>	E		

表 4.2-3 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地内分 (4/16)

番号	分類	名称	場所	数量	状態	主要構造 (形状) / 材質	寸法	重量	評価	分類*
陸15	建物類等	カーテンウォール	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造 (鋼材支柱)	—	—	<p>取水機能を有する安全設備等の取水性</p> <ul style="list-style-type: none"> 取水口前面にコンクリート部材等が堆積するが、取水口を完全に閉塞させることはないため、非常用海水ポンプの取水性に影響はない。 <p>津波防護施設等の機能</p> <ul style="list-style-type: none"> コンクリート部材等が漂流した場合に、津波防護施設等に対する漂流物となることを否定できないため、津波防護施設等の機能に対する影響評価に考慮する。 	C1 E
陸16	建物類等	メンテナンスセンター	敷地内	1	設置	鉄骨造	34 m×19 m×11 m	—	<p><本体></p> <ul style="list-style-type: none"> 地震又は津波の波力により部分的に損壊するおそれがあるが、建物の形状を維持したまま漂流物となることはないと考えられる。 <p><外装板等></p> <p>取水機能を有する安全設備等の取水性</p> <ul style="list-style-type: none"> 外装板等が取水口へ到達するおそれがあるが、取水口を完全に閉塞させることはないため、非常用海水ポンプの取水性に影響はない。 <p>津波防護施設等の機能</p> <ul style="list-style-type: none"> 外装板等が漂流した場合に、津波防護施設等に対する漂流物となることを否定できないため、津波防護施設等の機能に対する影響評価に考慮する。 	<本体> A
陸17	建物類等	輸送本部建屋	敷地内	1	設置	鉄骨造	22 m×13 m×7 m	—		<外装板等> C1
陸18	建物類等	輸送本部倉庫	敷地内	1	設置	鉄骨造	12 m×8 m×4 m	—		E

表4.2-3 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地内分 (5/16)

番号	分類	名称	場所	数量	状態	主要構造(形状)／材質	寸法	重量	評価	分類*
陸19									取水機能を有する安全設備等の 取水性 ・防潮堤の設置前に、撤去又は津波の流況を考慮して取水口へ到達しないと考えられるエリアへ移設するため、非常用海水ポンプの取水性に影響を与える漂流物とはならない。	B1
陸20	建物類等	工作建屋	敷地内	1	設置	鉄骨造	—	—		
陸21	建物類等	資材3号倉庫	敷地内	1	設置	鉄骨造	—	—		
陸22	建物類等	資材1号倉庫	敷地内	1	設置	鉄骨造	—	—		
陸23-1	建物類等	仮設ハウス	敷地内	1	固定なし	—	—	—	津波防護施設等の機能 ・防潮堤の設置前に、撤去又は津波の流況を考慮して津波防護施設等へ到達しないと考えられるエリアへ移設するため、津波防護施設等の機能に影響を与える漂流物とはならない。	B2

表 4.2-3 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地内分 (6/16)

番号	分類	名称	場所	数量	状態	主要構造(形状)／材質	寸法	重量	評価	分類*
陸 23-2	建物類等	仮設ハウス	敷地内	1	固定あり	—	—	—	<p><本体></p> <ul style="list-style-type: none"> 地震又は津波の波力により部分的に損壊するおそれがあるが、建物の形状を維持したまま漂流物となることはないと考えられる。 <p><構成部材等></p> <p>取水機能を有する安全設備等の取水性</p> <ul style="list-style-type: none"> 地震又は津波の波力による損壊により生じた構成部材等が漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると非常用海水ポンプの取水性に影響を与える漂流物とはならない。 <p>津波防護施設等の機能</p> <ul style="list-style-type: none"> 地震又は津波の波力による損壊により生じた構成部材等が漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると津波防護施設等の機能に影響を与える漂流物とはならない。 	<p><本体> A</p> <p><構成部材等> B1</p> <p>B2</p>

表4.2-3 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地内分 (7/16)

番号	分類	名称	場所	数量	状態	主要構造 (形状) / 材質	寸法	重量	評価	分類*
陸24-1	建物類等	再利用物品置場テント	発電所構内	2	固定あり	—	—	—	<p>取水機能を有する安全設備等の取水性</p> <ul style="list-style-type: none"> 防潮堤の設置前に、撤去又は津波の流況を考慮して取水口へ到達しないと考えられるエリアへ移設するため、非常用海水ポンプの取水性に影響を与える漂流物とはならない。 <p>津波防護施設等の機能</p> <ul style="list-style-type: none"> 防潮堤の設置前に、撤去又は津波の流況を考慮して津波防護施設等へ到達しないと考えられるエリアへ移設するため、津波防護施設等の機能に影響を与える漂流物とはならない。 	B1 B2
陸24-2	建物類等	再利用物品置場テント	発電所構内	1	固定あり	—	—	—	<p><本体></p> <ul style="list-style-type: none"> 地震又は津波の波力により部分的に損壊するおそれがあるが、建物の形状を維持したまま漂流物となることはないと考えられる。 <p><構成部材等></p> <p>取水機能を有する安全設備等の取水性</p> <ul style="list-style-type: none"> 構成部材等が取水口へ到達するおそれがあるが、取水口を完全に閉塞させることはないため、非常用海水ポンプの取水性に影響はない。 <p>津波防護施設等の機能</p> <ul style="list-style-type: none"> 構成部材等が漂流した場合に、津波防護施設等に対する漂流物となることを否定できないため、津波防護施設等の機能に対する影響評価に考慮する。 	<本体> A <構成部材等> C1 E

表4.2-3 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地内分 (8/16)

番号	分類	名称	場所	数量	状態	主要構造(形状)/材質	寸法	重量	評価	分類*
陸25	設備類等	ジブクレーン	敷地内 港湾エリア	1	設置	鋼製	—	—	・地震又は津波の波力により損壊するおそれがあるが、重量物であり、気密性もなく沈降すると考えられることから漂流物とはならない。	A
陸26	設備類等	除塵装置制御盤	敷地内 発電所構内	1	設置	直方体	0.6 m×0.8 m×1.5 m	—		
陸27	設備類等	海水電解装置	敷地内	一式	設置	鋼製	11 m×9.5 m×2 m	—		
陸28	設備類等	放水口サンプルポンプ	敷地内	3	設置	—	—	—		
陸29	設備類等	放射性液体廃棄物 希釈水ポンプ	敷地内	2	設置	円柱/鋼製	Φ1 m×2.5 m	—		
陸30	設備類等	ジブクレーン受電箱	敷地内 港湾エリア	1	設置	直方体/鋼製	0.4 m×1.2 m×2.2 m	—		
陸31	設備類等	クレーン荷重試験用 ウェイト	敷地内 港湾エリア	130	固定なし	直方体/コンクリート	1.5 m×0.8 m×3.5 m	—	・重量物であり、気密性もなく沈降すると考えられることから漂流物とはならない。	A
陸32	設備類等	クレーン荷重試験用 吊具	敷地内 港湾エリア	1	固定なし	直方体/鋼製	6 m×6 m×1.5 m	—		
陸33	設備類等	使用済燃料輸送容器用 専用吊具	敷地内 港湾エリア	1	固定なし	—	3 m×5 m×4 m	—		
陸34	設備類等	角落とし	敷地内 港湾エリア	30	固定なし	直方体/コンクリート	1 m×7 m×0.3 m	—		
陸35	設備類等	トレンチ蓋	敷地内 港湾エリア	17	固定なし	直方体/コンクリート	1 m×7 m×0.3 m	—		
陸36	設備類等	マンホール	敷地内	一式	固定なし	—	—	—		
陸37	設備類等	グレーチング	敷地内	一式	固定なし	—	—	—		

表 4.2-3 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地内分 (9/16)

番号	分類	名称	場所	数量	状態	主要構造(形状) / 材質	寸法	重量	評価	分類*
陸38	設備類等								取水機能を有する安全設備等の取水性 ・地震又は津波の波力により損壊若しくは滑動し、漂流して取水口へ到達するおそれがあるが、取水口を完全に閉塞させることはないため、非常用海水ポンプの取水性に影響はない。	C1
陸39	設備類等	水路変圧器函	敷地内	1	設置	直方	2 m×1.5 m×2 m	—		
陸40	設備類等	放水口モニター	敷地内	1	設置	円柱／鋼製	Φ0.5 m×1.5 m	—		
陸41	設備類等	ジブクレーン ケーブル収納箱	敷地内 港湾エリア	1	設置	直方体	0.6 m×0.6 m×0.6 m	—		
陸42	設備類等	ホース収納箱	敷地内 港湾エリア	1	設置	直方体	0.2 m×0.8 m×1.4 m	—		
陸43	設備類等	ページング・ 電話ボックス	敷地内 港湾エリア	1	設置	直方体	0.2 m×0.5 m×0.5 m	—		
陸44	設備類等	合併処理浄化槽電源盤	敷地内	1	設置	直方体	1 m×1 m×2.5 m	—	津波防護施設等の機能 ・地震又は津波の波力により損壊若しくは滑動し、漂流した場合に、津波防護施設等に対する漂流物となることを否定できないため、津波防護施設等の機能に対する影響評価に考慮する。	E
陸45	設備類等	除塵装置	敷地内	一式	設置	鋼製	2 m×4.1 m×3.8 m	—	・「[5]取水スクリーンの破損による通水性への影響」にて評価を実施。	

表 4.2-3 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地内分 (10/16)

番号	分類	名称	場所	数量	状態	主要構造 (形状) / 材質	寸法	重量	評価	分類*
陸46	設備類等	空調室外機							取水機能を有する安全設備等の取水性 ・地震又は津波の波力により損壊若しくは滑動し、漂流して取水口へ到達するおそれがあるが、取水口を完全に閉塞させることはないため、非常用海水ポンプの取水性に影響はない。 津波防護施設等の機能 ・地震又は津波の波力により損壊若しくは滑動し、漂流した場合に、津波防護施設等に対する漂流物となることを否定できないため、津波防護施設等の機能に対する影響評価に考慮する。	C1
陸47	設備類等	輸送本部建屋空調室外機	敷地内	2	固定あり	直方体	0.5 m×0.8 m×2 m	—		
陸48	設備類等	輸送本部建屋空調室外機	敷地内	1	固定あり	直方体	0.3 m×0.8 m×1.5 m	—		
陸49	設備類等	仮設ハウス空調室外機	敷地内	3	固定あり	直方体	0.8 m×0.3 m×0.6 m	—		
陸50	設備類等	海水電解装置建屋空調室外機	敷地内	1	固定あり	直方体	1.2 m×1 m×2 m	—		
陸51	設備類等	メンテナンスセンター空調室外機	敷地内	1	固定あり	直方体	0.8 m×0.3 m×0.6 m	—		
陸52	設備類等	ミラー	敷地内	1	固定あり	—	高さ2 m	—		
陸53	設備類等	街灯	敷地内 港湾エリア	一式	固定あり	—	—	—		
陸54	設備類等	鉄製防護柵	敷地内	1	固定あり	—	—	—		
陸55	設備類等	自動販売機	敷地内	2	固定あり	直方体	2 m×0.8 m×2 m	—		
陸56	設備類等	標識	敷地内	1	固定あり	—	—	—		
陸57	設備類等	潜水用防護柵	敷地内	1	固定なし	鋼製	2.5 m×3.5 m×1 m	—		

表 4.2-3 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地内分 (11/16)

番号	分類	名称	場所	数量	状態	主要構造 (形状) / 材質	寸法	重量	評価	分類*
陸58	設備類等	オイルフェンス巻取機	敷地内 港湾エリア	1	固定なし	—	6 m×7 m×6 m	—	<p>取水機能を有する安全設備等の取水性</p> <p>・地震又は津波の波力により損壊若しくは滑動し、漂流して取水口へ到達するおそれがあるが、取水口を完全に閉塞させることはないため、非常用海水ポンプの取水性に影響はない。</p> <p>津波防護施設等の機能</p> <p>・地震又は津波の波力により損壊若しくは滑動し、漂流した場合に、津波防護施設等に対する漂流物となることを否定できないため、津波防護施設等の機能に対する影響評価に考慮する。</p>	C1
陸59	設備類等	使用済燃料輸送用区画器具保管箱	敷地内 港湾エリア	1	固定なし	直方体	1.2 m×2.5 m×1.6 m	—		
陸60	設備類等	オイルフェンス	敷地内	一式	固定なし	—	5 m×5 m×0.3 m	—		
陸61	設備類等	工事中資材	敷地内 港湾エリア	一式	固定なし	鋼製架台	3 m×5 m×0.5 m	—		
陸62	設備類等	工事中資材	敷地内 港湾エリア	3	固定なし	鋼材等	Φ0.8 m×8 m	—		
陸63	設備類等	工事中資材	敷地内 港湾エリア	一式	固定なし	鋼材等	6 m×6 m×1.5 m	—		
陸64	設備類等	工事中資材	敷地内 港湾エリア	5	固定なし	鋼製	5 m×7 m×6 m	—		E
陸65	設備類等	資材	敷地内 港湾エリア	1	固定なし	直方体	1 m×3 m×3 m	—		
陸66	設備類等	塵芥廃棄用コンテナ	敷地内	2	固定なし	直方体	3 m×1.5 m×1.5 m	—		
陸67	設備類等	塵芥入れかご	敷地内	1	固定なし	直方体	1 m×1 m×1 m	—		
陸68	設備類等	次亜塩素酸ソーダ注入装置 (仮設)	敷地内	一式	固定なし	—	3 m×3 m×2 m	—		
陸69	設備類等	使用済燃料輸送関連機材	敷地内	1	固定なし	直方体	1.5 m×6 m×1 m	—		
陸70	設備類等	工事中資材	敷地内	一式	固定なし	—	—	—		
陸71	設備類等	敷鉄板	敷地内	35	固定なし	直方体	1 m×8 m×0.1 m	—		

表4.2-3 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地内分 (12/16)

番号	分類	名称	場所	数量	状態	主要構造(形状)／材質	寸法	重量	評価	分類*
陸72	設備類等	コンテナ	敷地内	1	固定なし	直方体	2 m×4 m×1 m	—	取水機能を有する安全設備等の取水性 ・地震又は津波の波力により損壊若しくは滑動し、漂流して取水口へ到達するおそれがあるが、取水口を完全に閉塞させることはないため、非常用海水ポンプの取水性に影響はない。 津波防護施設等の機能 ・地震又は津波の波力により損壊若しくは滑動し、漂流した場合に、津波防護施設等に対する漂流物となることを否定できないため、津波防護施設等の機能に対する影響評価に考慮する。	C1
陸73	設備類等	パレット	敷地内	6	固定なし	直方体	1.2 m×1.2 m×0.2 m	—		
陸74	設備類等	手洗いシンク	敷地内	1	固定なし	—	0.6 m×2 m×1 m	—		E
陸75-1	設備類等	普通車・大型車	敷地内	2	駐車	—	—	—	取水機能を有する安全設備等の取水性 ・地震又は津波の波力により損壊若しくは滑動し、漂流して取水口へ到達するおそれがあるが、取水口を完全に閉塞させることはないため、非常用海水ポンプの取水性に影響はない。 津波防護施設等の機能 ・地震又は津波の波力により損壊若しくは滑動し、漂流した場合に、津波防護施設等に対する漂流物となることを否定できないため、津波防護施設等の機能に対する影響評価に考慮する。	C1 E
陸75-2	設備類等	普通車・大型車	敷地内	約310	駐車	—	—	—	・当該エリアについては、防潮堤の設置前に駐車不可となるため、漂流物とはならない。	A

表4.2-3 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地内分 (13/16)

番号	分類	名称	場所	数量	状態	主要構造(形状)／材質	寸法	重量	評価	分類*
陸75-3	設備類等	普通車	敷地内	約50	駐車	—	—	—	<u>取水機能を有する安全設備等の取水性</u> ・津波の波力により滑動し漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると非常用海水ポンプの取水性に影響を与える漂流物とはならない。	B1
									<u>津波防護施設等の機能</u> ・津波の波力により滑動し漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると津波防護施設等の機能に影響を与える漂流物とはならない。	B2
陸76	設備類等	防砂林	敷地内	—	—	—	—	—	<u>取水機能を有する安全設備等の取水性</u> ・津波の波力により倒木し、漂流するおそれがあるが、防砂林の分布及び流況を考慮すると非常用海水ポンプの取水性に影響を与える漂流物とはならない。	B1
									<u>津波防護施設等の機能</u> ・津波の波力により倒木し、漂流するおそれがあるが、防砂林の分布及び流況を考慮すると津波防護施設等の機能に影響を与える漂流物とはならない。	B2

表4.2-3 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地内分 (14/16)

番号	分類	名称	場所	数量	状態	主要構造(形状)／材質	寸法	重量	評価	分類*
陸77	建物類等	モニタ小屋	敷地内	1	設置	鉄筋コンクリート造	—	—	<p><本体></p> <ul style="list-style-type: none"> 地震又は津波の波力により部分的に損壊するおそれがあるが、建物の形状を維持したまま漂流物となることはないと考えられる。 <p><がれき類></p> <p>取水機能を有する安全設備等の取水性</p> <ul style="list-style-type: none"> 地震又は津波の波力による損壊により生じたコンクリート片等のがれき、外装板等が漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると非常用海水ポンプの取水性に影響を与える漂流物とはならない。 <p>津波防護施設等の機能</p> <ul style="list-style-type: none"> 地震又は津波の波力による損壊により生じたコンクリート片等のがれき、外装板等が漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると津波防護施設等の機能に影響を与える漂流物とはならない。 	<本体> A
陸78	建物類等									<がれき類> B1
陸79	建物類等									
陸80	建物類等									
陸81	建物類等									
陸82	建物類等									
陸83	建物類等	事務所	敷地内	1	設置	鉄骨造	—	—	<p>取水機能を有する安全設備等の取水性</p> <ul style="list-style-type: none"> 防潮堤の設置前に、撤去又は津波の流況を考慮して取水口へ到達しないと考えられるエリアへ移設するため、非常用海水ポンプの取水性に影響を与える漂流物とはならない。 	B1
陸84	建物類等	車庫	敷地内	1	設置	鉄骨造	—	—	<p>津波防護施設等の機能</p> <ul style="list-style-type: none"> 防潮堤の設置前に、撤去又は津波の流況を考慮して津波防護施設等へ到達しないと考えられるエリアへ移設するため、津波防護施設等の機能に影響を与える漂流物とはならない。 	
陸85	建物類等	校正室	敷地内	1	設置	鉄骨造	—	—		

表 4.2-3 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地内分 (15/16)

番号	分類	名称	場所	数量	状態	主要構造 (形状) / 材質	寸法	重量	評価	分類*
陸86	建物類等	大型テント	敷地内	1	固定あり	—	—	—	<p><本体></p> <ul style="list-style-type: none"> 地震又は津波の波力により部分的に損壊するおそれがあるが、建物の形状を維持したまま漂流物となることはないと考えられる。 <p><構成部材等></p> <p>取水機能を有する安全設備等の取水性</p> <ul style="list-style-type: none"> 地震又は津波の波力による損壊により生じた構成部材等が漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると非常用海水ポンプの取水性に影響を与える漂流物とはならない。 <p>津波防護施設等の機能</p> <ul style="list-style-type: none"> 地震又は津波の波力による損壊により生じた構成部材等が漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると津波防護施設等の機能に影響を与える漂流物とはならない。 	<p><本体> A</p> <p><構成部材等> B1</p> <p>B2</p>
陸87	建物類等	倉庫	敷地内	1	固定あり	—	—	—	<p>取水機能を有する安全設備等の取水性</p> <ul style="list-style-type: none"> 地震又は津波の波力による損壊により生じた構成部材等が漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると非常用海水ポンプの取水性に影響を与える漂流物とはならない。 	B1
陸88	建物類等	一般焼却炉	敷地内	1	設置	—	—			
陸89	建物類等	作業場	敷地内	1	固定あり	—	—	<p>津波防護施設等の機能</p> <ul style="list-style-type: none"> 地震又は津波の波力による損壊により生じた構成部材等が漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると津波防護施設等の機能に影響を与える漂流物とはならない。 		

表 4.2-3 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地内分 (16/16)

番号	分類	名称	場所	数量	状態	主要構造 (形状) / 材質	寸法	重量	評価	分類*
陸90	設備類等	足場・工具類	敷地内	一式	固定なし	—	—	—	<本体> ・地震又は津波の波力により部分的に損壊するおそれがあるが、建物の形状を維持したまま漂流物となることはないと考えられる。 <構成部材等類> 取水機能を有する安全設備等の取水性 ・地震又は津波の波力による損壊により生じた構成部材等が漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると非常用海水ポンプの取水性に影響を与える漂流物とはならない。	<本体> A <構成部材等類> B1
陸91	設備類等	鉄塔	敷地内	1	設置	—	—	—	津波防護施設等の機能 ・地震又は津波の波力による損壊により生じた構成部材等が漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると津波防護施設等の機能に影響を与える漂流物とはならない。	B2

* : 図 4.2-1 に示す分類 (取水機能を有する安全設備等の取水性に対する影響評価)
 分類 A : 漂流物とはならない。
 分類 B1 : 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。
 分類 C1 : 取水機能を有する安全設備等の取水性への影響なし。
 分類 D1 : 取水機能を有する安全設備等の取水性を確保するための対策を実施する。

* : 図 4.2-1 に示す分類 (津波防護施設等の機能に対する影響評価)
 分類 A : 漂流物とはならない。
 分類 B2 : 津波防護施設等に対する漂流物とはならない。
 分類 E : 津波防護施設等の機能に対する影響評価に考慮する施設・設備。

b. 発電所敷地外における漂流物調査結果

発電所敷地外には、民家、商業施設、倉庫等の他、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構、日立LNG基地、モータプール、常陸那珂火力発電所、工場等の施設があり、これらを含めて調査した結果を以下に示す。

また、発電所から北方約4 kmの位置に久慈漁港があるため、漁船が発電所付近で操業することを考慮して調査を実施した結果を以下に示す。

発電所敷地外の調査範囲には、民家の家屋、商業施設、学校、工場等の建物類等が点在しており、これらを抽出した。また、鉄塔、電柱、車両等を抽出した。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構では、建物、構築物、資機材、車両、防砂林等が抽出された。

茨城港日立港区の日立LNG基地では、建物、構築物、資機材、車両等が抽出された。

茨城港日立港区のモータプールでは、建物、自動販売機等が抽出された。

茨城港日立港区の工場では、建物、車両等が抽出された。

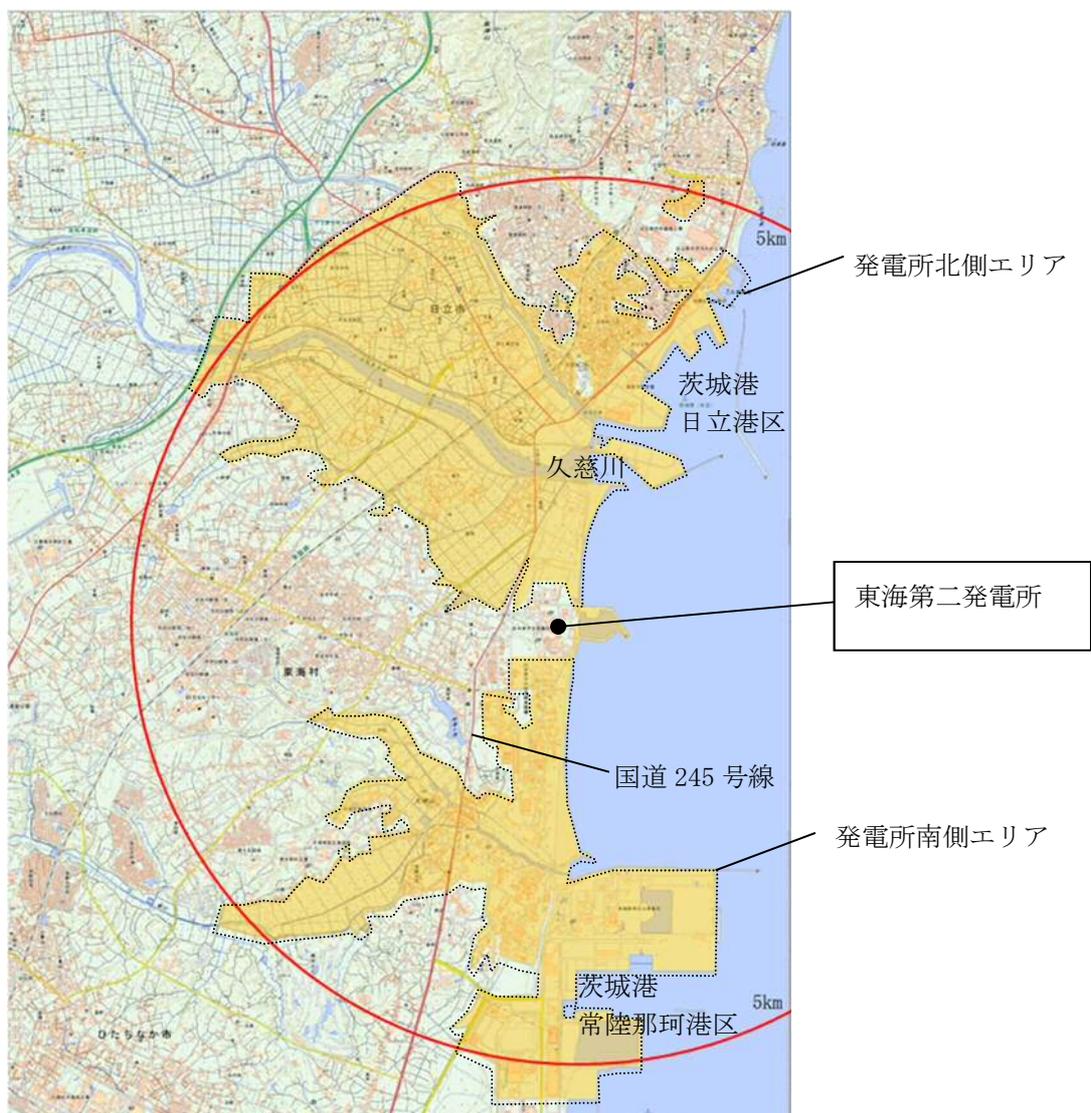
茨城港日立港区では、船舶が抽出された。

茨城港常陸那珂港区の常陸那珂火力発電所では、建物、構築物、資機材、車両等が抽出された。

茨城港常陸那珂港区の常陸那珂火力発電所以外の箇所については、建物、構築物、車両等が抽出された。

茨城港常陸那珂港区では、船舶が抽出された。

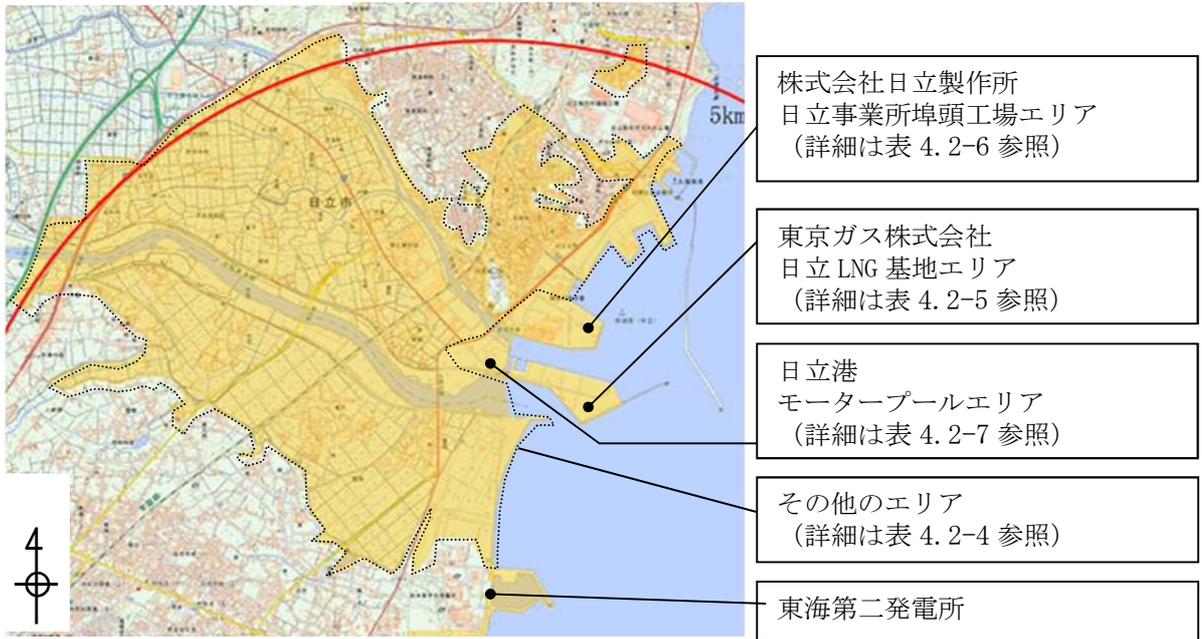
図4.2-11に発電所敷地外における漂流物調査のエリアを示す。また、表4.2-4～表4.2-11に発電所敷地外における漂流物調査結果を示す。



■ : 調査範囲 (基準津波の遡上域を包絡した範囲)

図 4.2-11 発電所敷地外における漂流物調査のエリア図 (1/2)

< 発電所北側エリア >



< 発電所南側エリア >

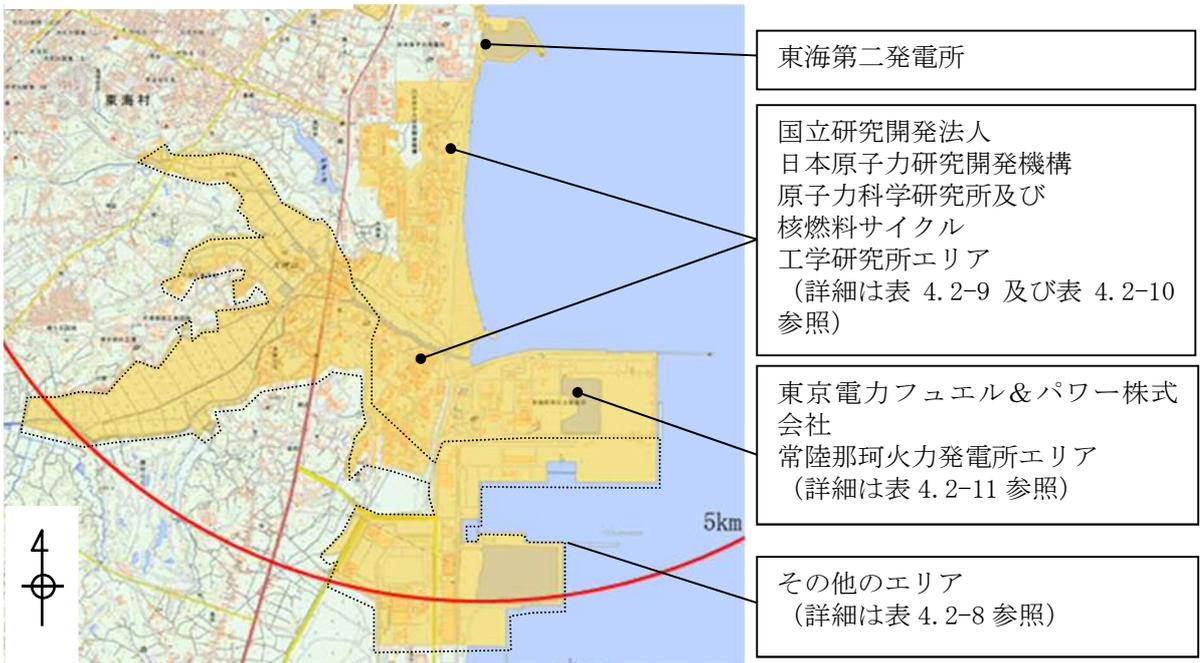


図 4.2-11 発電所敷地外における漂流物調査のエリア図 (2/2)

表4.2-4 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地外分（発電所北側エリア）（その他）（1/4）

< 海域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	重量 （最も大きなものを記載）	評価	分類*
船舶	漁船	敷地外	35	航行／停泊	—	5t未満	<p>取水機能を有する安全設備等の取水性</p> <ul style="list-style-type: none"> ・漁船が発電所付近で操作することを考慮すると、津波襲来時に漂流して取水口へ到達する可能性があるが、取水口を完全に閉塞することはないため、非常用海水ポンプの取水性に影響はない。 <p>津波防護施設等の機能</p> <ul style="list-style-type: none"> ・漁船が発電所付近で操作することを考慮すると、津波襲来時に漂流して津波防護施設等に対する漂流物となることを否定できないため、津波防護施設等の機能に対する影響評価に考慮する。 	C1 E
船舶	漁船	敷地外	7	航行／停泊	—	5～20t	<p>取水機能を有する安全設備等の取水性</p> <ul style="list-style-type: none"> ・津波により漂流する可能性があるが、流況を考慮すると非常用海水ポンプの取水性に影響を与える漂流物とはならない。 <p>津波防護施設等の機能</p> <ul style="list-style-type: none"> ・津波により漂流する可能性があるが、流況を考慮すると津波防護施設等の機能に影響を与える漂流物とはならない。 	B1 B2

表 4.2-4 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地外分（発電所北側エリア）（その他）（2/4）

<陸域>

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	評価	分類*
建物類等	衛生センター	敷地外	一式	設置	—	—	—	<p><本体></p> <ul style="list-style-type: none"> 地震又は津波の波力により部分的に損壊するおそれがあるが、建物の形状を維持したまま漂流物となることはないと考えられる。 <p><がれき類></p> <p>取水機能を有する安全設備等の取水性</p> <ul style="list-style-type: none"> 地震又は津波の波力による損壊により生じたコンクリート片等のがれき、木片、外装板等が漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると非常用海水ポンプの取水性に影響を与える漂流物とはならない。 <p>津波防護施設等の機能</p> <ul style="list-style-type: none"> 地震又は津波の波力による損壊により生じたコンクリート片等のがれき、木片、外装板等が漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると津波防護施設等の機能に影響を与える漂流物とはならない。 	<p><本体></p> <p>A</p> <p><がれき類></p> <p>B1</p> <p>B2</p>

発電所敷地外分（発電所北側エリア）（その他）調査実施日：2016年11月10日
 2016年11月11日
 2017年3月13日

表 4.2-4 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地外分（発電所北側エリア）（その他）（3/4）

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	評価	分類*
建物類等	工場	敷地外	一式	設置	—	—	—	<p><本体></p> <ul style="list-style-type: none"> 地震又は津波の波力により部分的に損壊するおそれがあるが、建物の形状を維持したまま漂流物となることはないと考えられる。 	<本体> A
建物類等	学校	敷地外	一式	設置	—	—	—	<p><がれき類></p> <p>取水機能を有する安全設備等の取水性</p> <ul style="list-style-type: none"> 地震又は津波の波力による損壊により生じたコンクリート片等のがれき、木片、外装板等が漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると非常用海水ポンプの取水性に影響を与える漂流物とはならない。 	<がれき類> B1
建物類等	鉄塔	敷地外	一式	設置	—	—	—	<p>津波防護施設等の機能</p> <ul style="list-style-type: none"> 地震又は津波の波力による損壊により生じたコンクリート片等のがれき、木片、外装板等が漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると津波防護施設等の機能に影響を与える漂流物とはならない。 	B2
建物類等	家屋	敷地外	一式	設置	—	—	—	<p>取水機能を有する安全設備等の取水性</p> <ul style="list-style-type: none"> 地震又は津波の波力により損壊し漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると非常用海水ポンプの取水性に影響を与える漂流物とはならない。 	B1
設備類等	柵	敷地外	一式	固定あり	—	—	—	<p>津波防護施設等の機能</p> <ul style="list-style-type: none"> 地震又は津波の波力により損壊し漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると津波防護施設等の健全性、非常用海水ポンプの取水性に影響を与える漂流物とはならない。 	B2
設備類等	石油タンク	敷地外	一式	設置	—	—	—	<p><本体></p> <ul style="list-style-type: none"> 地震又は津波の波力により損壊するおそれがあるが、重量物であり、気密性もなく沈降すると考えられることから漂流物とはならない。 	A
設備類等	電柱、街灯	敷地外	一式	固定あり	—	—	—	<p>取水機能を有する安全設備等の取水性</p> <ul style="list-style-type: none"> 地震又は津波の波力により損壊し漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると非常用海水ポンプの取水性に影響を与える漂流物とはならない。 	B1
設備類等	墓石、記念碑	敷地外	一式	固定あり	—	—	—	<p>津波防護施設等の機能</p> <ul style="list-style-type: none"> 地震又は津波の波力により損壊するおそれがあるが、重量物であり、気密性もなく沈降すると考えられることから漂流物とはならない。 	A

表 4.2-4 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地外分（発電所北側エリア）（その他）（4/4）

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	評価	分類*
設備類等	普通車, 大型車	敷地外	約 3500	駐車	—	—	—	取水機能を有する安全設備等の取水性 ・津波の波力により滑動し漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると非常用海水ポンプの取水性に影響を与える漂流物とはならない。 津波防護施設等の機能 ・津波の波力により滑動し漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると津波防護施設等の機能に影響を与える漂流物とはならない。	B1 B2
設備類等	防砂林	敷地内	—	—	—	—	—	取水機能を有する安全設備等の取水性 ・津波の波力により倒木し、漂流するおそれがあるが、防砂林の分布及び流況を考慮すると非常用海水ポンプの取水性に影響を与える漂流物とはならない。 津波防護施設等の機能 ・津波の波力により倒木し、漂流するおそれがあるが、防砂林の分布及び流況を考慮すると津波防護施設等の機能に影響を与える漂流物とはならない。	B1 B2

4.2.1-54

<p>*：図 4.2-1 に示す分類（取水機能を有する安全設備等の取水性に対する影響評価）</p> <p>分類 A：漂流物とはならない。</p> <p>分類 B1：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。</p> <p>分類 C1：取水機能を有する安全設備等の取水性への影響なし。</p> <p>分類 D1：取水機能を有する安全設備等の取水性を確保するための対策を実施する。</p>	<p>*：図 4.2-1 に示す分類（津波防護施設等の機能に対する影響評価）</p> <p>分類 A：漂流物とはならない。</p> <p>分類 B2：津波防護施設等に対する漂流物とはならない。</p> <p>分類 E：津波防護施設等の機能に対する影響評価に考慮する施設・設備。</p>
--	--

表 4.2-5 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分（発電所北側エリア）（東京ガス株式会社日立LNG基地）（1/4）

<海域>

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	重量 （最も大きなものを記載）	評価	分類*
船舶								
設備類等								

発電所敷地外分（発電所北側エリア）
（東京ガス株式会社日立LNG基地）調査実施日：2017年3月14日

表 4.2-5 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分（発電所北側エリア）（東京ガス株式会社日立LNG基地）（2/4）

<陸域>

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	評価	分類*
建物類等									

表 4.2-5 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分（発電所北側エリア）（東京ガス株式会社日立LNG基地）（3/4）

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	評価	分類*
建物類等									
建物類等									
建物類等									

表 4.2-5 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分（発電所北側エリア）（東京ガス株式会社日立LNG基地）（4/4）

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	評価	分類*
設備類等									
設備類等									
設備類等	資機材								

4.2.1-58

*：図 4.2-1 に示す分類（取水機能を有する安全設備等の取水性に対する影響評価）
 分類 A：漂流物とはならない。
 分類 B1：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。
 分類 C1：取水機能を有する安全設備等の取水性への影響なし。
 分類 D1：取水機能を有する安全設備等の取水性を確保するための対策を実施する。

*：図 4.2-1 に示す分類（津波防護施設等の機能に対する影響評価）
 分類 A：漂流物とはならない。
 分類 B2：津波防護施設等に対する漂流物とはならない。
 分類 E：津波防護施設等の機能に対する影響評価に考慮する施設・設備。

表 4.2-6 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分（発電所北側エリア）（日立GEニュークリア・エナジー株式会社日立事業所埠頭工場）（1/3）

<海域>

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	重量 （最も大きなものを記載）	評価	分類*
船舶								

表 4.2-6 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分（発電所北側エリア）（日立GEニュークリア・エナジー株式会社日立事業所埠頭工場）（2/3）

<陸域>

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	評価	分類*
建物類等									

表 4.2-6 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分（発電所北側エリア）（日立GEニュークリア・エナジー株式会社日立事業所埠頭工場）（3/3）

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	評価	分類*
建物類等									
建物類等									
建物類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等	自動販売機								
設備類等	電柱								
設備類等	大型車・普通車								

4.2.1-61

*：図 4.2-1 に示す分類（取水機能を有する安全設備等の取水性に対する影響評価）
 分類 A：漂流物とはならない。
 分類 B1：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。
 分類 C1：取水機能を有する安全設備等の取水性への影響なし。
 分類 D1：取水機能を有する安全設備等の取水性を確保するための対策を実施する。

*：図 4.2-1 に示す分類（津波防護施設等の機能に対する影響評価）
 分類 A：漂流物とはならない。
 分類 B2：津波防護施設等に対する漂流物とはならない。
 分類 E：津波防護施設等の機能に対する影響評価に考慮する施設・設備。

表 4.2-7 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分（発電所北側エリア）（茨城港日立港区モータプール）

< 海域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	重量 （最も大きなものを記載）	評価	分類*
船舶								

< 陸域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	評価	分類*
建物類等									
設備類等	自動販売機								
設備類等	街灯								
設備類等									
設備類等									

*：図 4.2-1 に示す分類（取水機能を有する安全設備等の取水性に対する影響評価）
 分類 A：漂流物とはならない。
 分類 B1：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。
 分類 C1：取水機能を有する安全設備等の取水性への影響なし。
 分類 D1：取水機能を有する安全設備等の取水性を確保するための対策を実施する。

*：図 4.2-1 に示す分類（津波防護施設等の機能に対する影響評価）
 分類 A：漂流物とはならない。
 分類 B2：津波防護施設等に対する漂流物とはならない。
 分類 E：津波防護施設等の機能に対する影響評価に考慮する施設・設備。

発電所敷地外分（発電所北側エリア）

（茨城港日立港区モータプール）調査実施日：2017年2月28日

表 4.2-8 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地外分（発電所南側エリア）（その他）（1/2）

<海域>

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／ 材質	重量 （最も大きなものを記載）	評価	分類*
船舶								
船舶								

<陸域>

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	評価	分類*
設備類等	鉄塔	敷地外	一式	設置	—	—	—	<本体> ・地震又は津波の波力により部分的に損壊するおそれがあるが、建物の形状を維持したまま漂流物となることはないと考えられる。	<本体> A
建物類等	倉庫	敷地外	一式	設置	—	—	—		
建物類等	工場	敷地外	一式	設置	—	—	—	<がれき類> 取水機能を有する安全設備等の取水性 ・地震又は津波の波力による損壊により生じたコンクリート片等のがれき、木片、外装板等が漂流し取水口へ到達するおそれがあるが、取水口を完全に閉塞させることはないため、非常用海水ポンプの取水性に影響はない。 津波防護施設等の機能 ・地震又は津波の波力による損壊により生じたコンクリート片等のがれき、木片、外装板等が漂流した場合に、津波防護施設等に対する漂流物となることを否定できないため、津波防護施設等の機能に対する影響評価に考慮する。	<がれき類> C1
建物類等	下水処理場	敷地外	一式	設置	—	—	—		
建物類等	家屋	敷地外	一式	設置	—	—	—		
建物類等	大型商業施設	敷地外	一式	設置	—	—	—		
建物類等	事務所建屋	敷地外	一式	設置	—	—	—		
設備類等	ジブクレーン	敷地外	2	設置	—	—	—	・地震又は津波の波力により損壊するおそれがあるが、重量物であり、気密性もなく沈降すると考えられることから漂流物とはならない。	A
設備類等	門型クレーン	敷地外	4	設置	—	—	—		

発電所敷地外分（発電所南側エリア）（その他）調査実施日：2016年11月10日
 : 2016年11月11日
 : 2017年4月26日

表 4.2-8 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地外分（発電所南側エリア）（その他）（2/2）

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	評価	分類*
設備類等	コンテナ	敷地外	約350	固定なし	—	—	—	取水機能を有する安全設備等の取水性 ・地震又は津波の波力により損壊若しくは滑動し、漂流して取水口へ到達するおそれがあるが、取水口を完全に閉塞させることはないため、非常用海水ポンプの取水性に影響はない。	C1
設備類等	電柱、街灯	敷地外	一式	固定あり	—	—	—		
設備類等	倉庫	敷地外	一式	固定あり	—	—	—	津波防護施設等の機能 ・地震又は津波の波力により損壊若しくは滑動し、漂流した場合に、津波防護施設等に対する漂流物となることを否定できないため、津波防護施設等の機能に対する影響評価に考慮する。	E
設備類等	普通車、大型車	敷地外	約3500	駐車	—	—	—	取水機能を有する安全設備等の取水性 ・津波の波力により滑動し、漂流するおそれがあるが、漂流過程で沈降すると考えられることから、非常用海水ポンプの取水性に影響を与える漂流物とはならない。	B1
設備類等	建設重機	敷地外	一式	駐車	—	—	—		
設備類等	トレーラー	敷地外	約200	固定なし	—	—	—	津波防護施設等の機能 ・津波の波力により滑動し、漂流するおそれがあるが、漂流過程で沈降すると考えられることから、津波防護施設等の機能に影響を与える漂流物とはならない。	B2

*：図 4.2-1 に示す分類（取水機能を有する安全設備等の取水性に対する影響評価）
 分類 A：漂流物とはならない。
 分類 B1：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。
 分類 C1：取水機能を有する安全設備等の取水性への影響なし。
 分類 D1：取水機能を有する安全設備等の取水性を確保するための対策を実施する。

*：図 4.2-1 に示す分類（津波防護施設等の機能に対する影響評価）
 分類 A：漂流物とはならない。
 分類 B2：津波防護施設等に対する漂流物とはならない。
 分類 E：津波防護施設等の機能に対する影響評価に考慮する施設・設備。

表 4.2-9 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分（発電所南側エリア）（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（原子力科学研究所））（1/5）

<陸域>

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	評価	分類*
建物類等									
建物類等	自転車置場								

発電所敷地外分（発電所南側エリア）

（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（原子力科学研究所））調査実施日：2017年3月1日

表 4.2-9 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分（発電所南側エリア）（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（原子力科学研究所））（2/5）

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	評価	分類*
建物類等	プレハブ	敷地外	5	固定あり	—	—	—	取水機能を有する安全設備等の取水性 ・地震又は津波の波力により損壊若しくは滑動し、漂流して取水口へ到達するおそれがあるが、取水口を完全に閉塞させることはないため、非常用海水ポンプの取水性に影響はない。	C1
建物類等	大型テント	敷地外	5	固定あり	—	—	—		
建物類等	仮設ハウス	敷地外	6	固定あり	—	—	—		
建物類等	倉庫	敷地外	11	固定あり	—	—	—	津波防護施設等の機能 ・地震又は津波の波力により損壊若しくは滑動し、漂流した場合に、津波防護施設等に対する漂流物となることを否定できないため、津波防護施設等の機能に対する影響評価に考慮する。	E
設備類等	タンク	敷地外	25	設置	—	—	—		
設備類等	蒸発器	敷地外	2	設置	—	—	—	・地震又は津波の波力により損壊するおそれがあるが、重量物であり、気密性もなく沈降すると考えられることから漂流物とはならない。	A
設備類等	制御盤・電源盤類	敷地外	10	設置	—	—	—		
設備類等	屋外恒設蒸気系配管	敷地外	一式	設置	—	—	—		
設備類等	ポンベ類	敷地外	一式	設置	—	—	—	取水機能を有する安全設備等の取水性 ・地震又は津波の波力により損壊若しくは滑動し、漂流して取水口へ到達するおそれがあるが、取水口を完全に閉塞させることはないため、非常用海水ポンプの取水性に影響はない。	C1
								津波防護施設等の機能 ・地震又は津波の波力により損壊若しくは滑動し、漂流した場合に、津波防護施設等に対する漂流物となることを否定できないため、津波防護施設等の機能に対する影響評価に考慮する。	E

表 4.2-9 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分（発電所南側エリア）（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（原子力科学研究所））（3/5）

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	評価	分類*
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									

表 4.2-9 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分（発電所南側エリア）（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（原子力科学研究所））（4/5）

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	評価	分類*
設備類等	街灯								
設備類等									
設備類等	自動販売機								
設備類等									
設備類等									
設備類等	資機材								
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等	消火器入り保管箱								
設備類等									
設備類等	自転車								

表 4.2-9 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分（発電所南側エリア）（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（原子力科学研究所））（5/5）

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	評価	分類*
設備類等	植生								
設備類等	防砂林								
設備類等	マンホール								
設備類等	普通車・大型車								

4.2.1-69

*：図 4.2-1 に示す分類（取水機能を有する安全設備等の取水性に対する影響評価）
 分類 A：漂流物とはならない。
 分類 B1：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。
 分類 C1：取水機能を有する安全設備等の取水性への影響なし。
 分類 D1：取水機能を有する安全設備等の取水性を確保するための対策を実施する。

*：図 4.2-1 に示す分類（津波防護施設等の機能に対する影響評価）
 分類 A：漂流物とはならない。
 分類 B2：津波防護施設等に対する漂流物とはならない。
 分類 E：津波防護施設等の機能に対する影響評価に考慮する施設・設備。

表 4.2-10 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分（発電所南側エリア）（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（核燃料サイクル工学研究所））（1/3）

<陸域>

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	評価	分類*
建物類等									
建物類等									
建物類等									
建物類等									
建物類等									
建物類等									
建物類等	車庫								
建物類等									
建物類等									
設備類等									
設備類等									

4.2.1-70

発電所敷地外分（発電所南側エリア）

（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（核燃料サイクル工学研究所）） 調査実施日：2017年3月1日

表 4.2-10 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分（発電所南側エリア）（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（核燃料サイクル工学研究所））（2/3）

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／ 材質	寸法	重量	評価	分類*
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									

表 4.2-10 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分（発電所南側エリア）（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（核燃料サイクル工学研究所））（3/3）

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	評価	分類*
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等	防砂林								
設備類等	普通車								
設備類等									

4.2.1-72

*：図 4.2-1 に示す分類（取水機能を有する安全設備等の取水性に対する影響評価）
 分類 A：漂流物とはならない。
 分類 B1：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。
 分類 C1：取水機能を有する安全設備等の取水性への影響なし。
 分類 D1：取水機能を有する安全設備等の取水性を確保するための対策を実施する。

*：図 4.2-1 に示す分類（津波防護施設等の機能に対する影響評価）
 分類 A：漂流物とはならない。
 分類 B2：津波防護施設等に対する漂流物とはならない。
 分類 E：津波防護施設等の機能に対する影響評価に考慮する施設・設備。

表 4.2-11 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分（発電所南側エリア）（東京電力フュエル&パワー株式会社常陸那珂火力発電所）（1/5）

<陸域>

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	評価	分類*
建物類等									
建物類等									
建物類等									
建物類等									
建物類等									
建物類等									
建物類等									
建物類等									
建物類等	車庫								
建物類等									
建物類等									
建物類等									
建物類等									

発電所敷地外分（発電所南側エリア）

（東京電力フュエル&パワー株式会社常陸那珂火力発電所） 調査実施日：2017年4月26日

表 4.2-11 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分（発電所南側エリア）（東京電力フュエル&パワー株式会社常陸那珂火力発電所）（2/5）

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	評価	分類*
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									

表 4.2-11 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分（発電所南側エリア）（東京電力フュエル&パワー株式会社常陸那珂火力発電所）（3/5）

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	評価	分類*
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									

表 4.2-11 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分（発電所南側エリア）（東京電力フュエル&パワー株式会社常陸那珂火力発電所）（4/5）

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	評価	分類*
設備類等									
設備類等									
設備類等									

表 4.2-11 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分（発電所南側エリア）（東京電力フュエル&パワー株式会社常陸那珂火力発電所）（5/5）

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	評価	分類*
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等									
設備類等	普通車・大型車								
設備類等									

4.2.1-77

*：図 4.2-1 に示す分類（取水機能を有する安全設備等の取水性に対する影響評価）
 分類 A：漂流物とはならない。
 分類 B1：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。
 分類 C1：取水機能を有する安全設備等の取水性への影響なし。
 分類 D1：取水機能を有する安全設備等の取水性を確保するための対策を実施する。

*：図 4.2-1 に示す分類（津波防護施設等の機能に対する影響評価）
 分類 A：漂流物とはならない。
 分類 B2：津波防護施設等に対する漂流物とはならない。
 分類 E：津波防護施設等の機能に対する影響評価に考慮する施設・設備。

また、「a. 発電所敷地内における漂流物調査結果」及び「b. 発電所敷地外における漂流物調査結果」にて抽出した施設・設備の他に、地震・津波により漂流物化した場合における波及的影響を評価する必要がある施設・設備を抽出した。抽出結果を「c. 波及的影響を評価する対象の施設・設備の抽出結果」に示す。

c. 波及的影響を評価する対象の施設・設備の抽出結果

波及的影響を評価する対象の施設・設備として、東海第二発電所の防波堤を抽出した。地震・津波により防波堤が漂流物化した場合に、取水施設である取水口及びS A用海水ピット取水塔の取水機能並びに貯留堰の海水貯留機能に波及的影響を及ぼすおそれがあることから、地震・津波による防波堤の波及的影響を「(4) 漂流物検討対象の選定」にて評価する。

(4) 漂流物検討対象の選定

(3)の漂流物となる可能性のある施設・設備の抽出結果に基づき、取水機能を有する安全設備等の取水性に対する影響及び津波防護施設等の機能に対する影響について評価を実施した。なお、漂流物となる可能性のある施設・設備の評価のうち「漂流物となるか」の評価において、漂流物とはならないと評価するもの（分類：A）、「取水機能を有する安全設備等に到達する漂流物となるか」の評価において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と評価するもの（分類：B1）及び「津波防護施設等に到達する漂流物となるか」の評価において津波防護施設等に対する漂流物とはならないと評価するもの（分類：B2）については図 4.2-12 に示す通り判断基準を整理した。

漂流物とはならないと評価するもの（分類：A）

- ・ 撤去するため漂流物とはならない。
- ・ 重量物であり、気密性がなく沈降するため漂流物とはならない。
- ・ 施設・設備が本来の形状を維持したまま滑動し漂流を続ける事例は確認されていないため、本来の形状を維持したまま漂流物とはならない。^{*1}
（損壊により生じたがれき等については別途評価）
- ・ 退避可能であるため漂流物とはならない。^{*2}

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と評価するもの（分類：B1） 津波防護施設等に対する漂流物とはならないと評価するもの（分類：B2）

- ・ 設置位置及び津波の流況から到達しない。^{*3}
- ・ 津波の流況を考慮の上到達しないと考えられるエリアへ移設するため到達しない。
- ・ 漂流過程で沈降するため到達しない。^{*4}

- * 1 過去の被災事例をもとに評価
- * 2 退避の実効性を確認することにより評価
- * 3 施設・設備の設置位置及び津波の流況により評価
- * 4 参考文献等をもとに評価

図 4.2-12 漂流物評価における分類：A、分類：B1 及び分類 B2 の判断基準

a. 発電所敷地内

発電所敷地内の評価結果について、以下に示す。また、表 4.2-3 に評価結果の一覧を示す。

(a) 建物類等

検潮室、海水電解装置建屋、物揚場倉庫、メンテナンスセンター、輸送本部建屋、輸送本部倉庫等の鉄筋コンクリート造及び鉄骨造の建屋については、基礎に固定された建物である。これらの建物が地震又は波力により部分的に損壊するおそれがあるが、過去の被災事例を考慮すると、本来の形状を維持したまま漂流物となることはないと考えられる。過去の被災事例として、東北地方太平洋沖地震時の被害状況を整理し、東海第二発電所における地震・津波による被害想定を実施した。東北地方太平洋沖地震時の被害状況を踏まえた東海第二発電所の地震・津波による被害想定の詳細を（参考3）に示す。鉄筋コンクリート造建物のコンクリート壁は地震又は波力により損壊するおそれがあり、損壊により生じたコンクリート片等のがれきが漂流物となる可能性がある。鉄骨造建物の外装板は波力により破損する可能性がある、破損した外装板及び建屋内の軽量な物品等が漂流物となる可能性がある。評価の結果、がれき、外装板及び軽量な物品等が漂流した場合、取水口及び津波防護施設等へ向かう可能性を否定できないため、非常用海水ポンプの取水性に与える影響及び津波防護施設等の機能に与える影響について評価した。非常用海水ポンプの取水性及び津波防護施設等の機能に対する評価結果については「c. 非常用海水ポンプの取水性及び津波防護施設等の機能に対する評価結果」に示す。

なお、調査にて抽出された仮設ハウス、再利用物品置場テント等については、防潮堤の設置前に移設又は撤去することから、漂流物とはならない。

(b) 設備類等

ジブクレーン、海水電解装置等の機器については、支持構造物により基礎に固定されている。これらの設備が地震又は波力により、損壊するおそれがあるが、重量物であり、気密性もなく沈降すると考えられることから漂流物とはならない。

クレーン荷重試験用ウェイト、角落し等については重量物であることから漂流物とはならない。

フェンス、空調室外機、車両等の比較的軽量なものは、漂流物となる可能性がある。評価の結果、フェンス、空調室外機、車両等の比較的軽量なものが漂流した場合、取水口及び津波防護施設等へ向かう可能性を否定できないため、非常用海水ポンプの取水性に与える影響及び津波防護施設等の機能に与える影響について評価した。非常用海水ポンプの取水性及び津波防護施設等の機能に対する評価結果については「c. 非常用海水ポンプの取水性及び津波防護施設等の機能に対する評価結果」に示す。

防砂林については、津波により倒木して漂流物となる可能性があるが、津波の流況を踏まえた漂流物の取水口及び津波防護施設等への到達可能性評価の結果から、設置位置及び津波の流況を考慮すると取水口へは向かわないと考えられることから、取水機能を有する安全設備及び津波防護施設等に対する漂流物とはならない。津波の流況を踏まえた漂流物の取水口及び津波防護施設等への到達可能性評価結果の詳細を（参考4）

に示す。

なお、除塵装置については、「d. 取水スクリーンの破損による通水性への影響」において、評価する。

発電所敷地前面の沖合にある標識ブイは、津波の波力によりチェーンが破損し、漂流する可能性があるため、漂流するものとして評価した。評価の結果、標識ブイが漂流した場合、取水口及び津波防護施設等へ向かう可能性を否定できないため、非常用海水ポンプの取水性に与える影響及び津波防護施設等の機能に与える影響について評価した。非常用海水ポンプの取水性及び津波防護施設等の機能に対する評価結果については「c. 非常用海水ポンプの取水性及び津波防護施設等の機能に対する評価結果」に示す。

また、港湾施設である防波堤は、防波堤のマウンドの被覆材の漂流物化が考えられるが、マウンドの被覆材が取水設備の周辺に堆積したとしても取水設備が取水機能を失うことはない。地震後の防波堤の津波による影響評価の詳細を（参考5）に示す。

(c) 船舶（燃料等輸送船）

発電所敷地内には港湾施設として物揚岸壁があり、燃料等輸送船が停泊する。図 4.2-13 に燃料等輸送船の入港から出港までの主な輸送行程を示す。

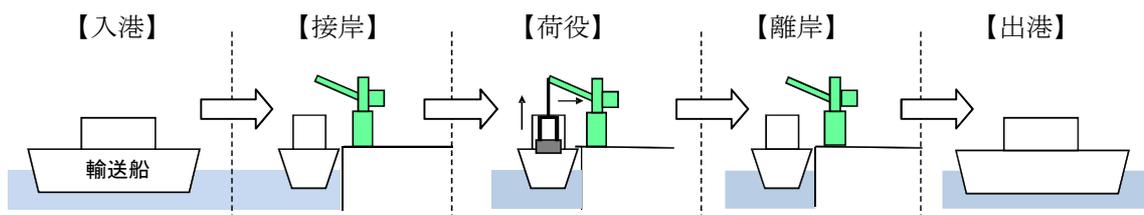
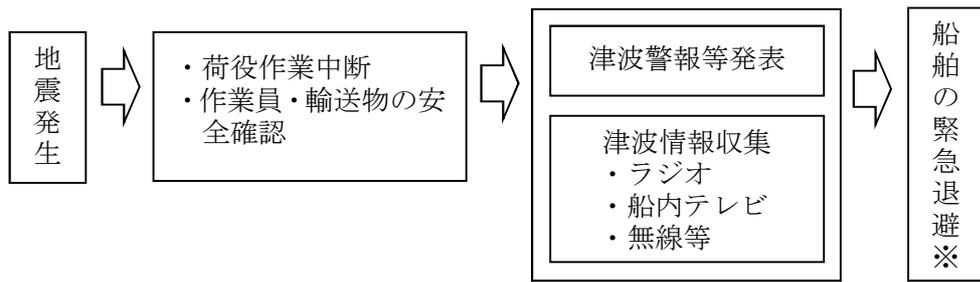


図 4.2-13 燃料等輸送船の主な輸送行程

燃料等輸送船は、港湾施設に停泊中に大津波警報、津波警報又は津波注意報（以下「津波警報等」という。）発表時には、緊急退避を行うこととしており、2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえ、輸送に先立ち、図 4.2-14 に示す緊急退避フローを取り込んだマニュアルを整備している。

また、燃料等輸送船の緊急退避についての当社と船会社の対応分担は図 4.2-15 に示すとおりであり、これら一連の対応を行うため、当社は、当社と船会社間の連絡体制を整備するとともに、地震・津波発生時のマニュアルを整備し、緊急退避訓練を実施している。燃料等輸送船の緊急退避は船会社が実施するため、当社は、緊急対応の措置の状況を、監査や訓練報告書等により確認している。



※津波到達時間等を考慮し船長が判断・指示

図 4.2-14 燃料等輸送船の緊急退避フロー

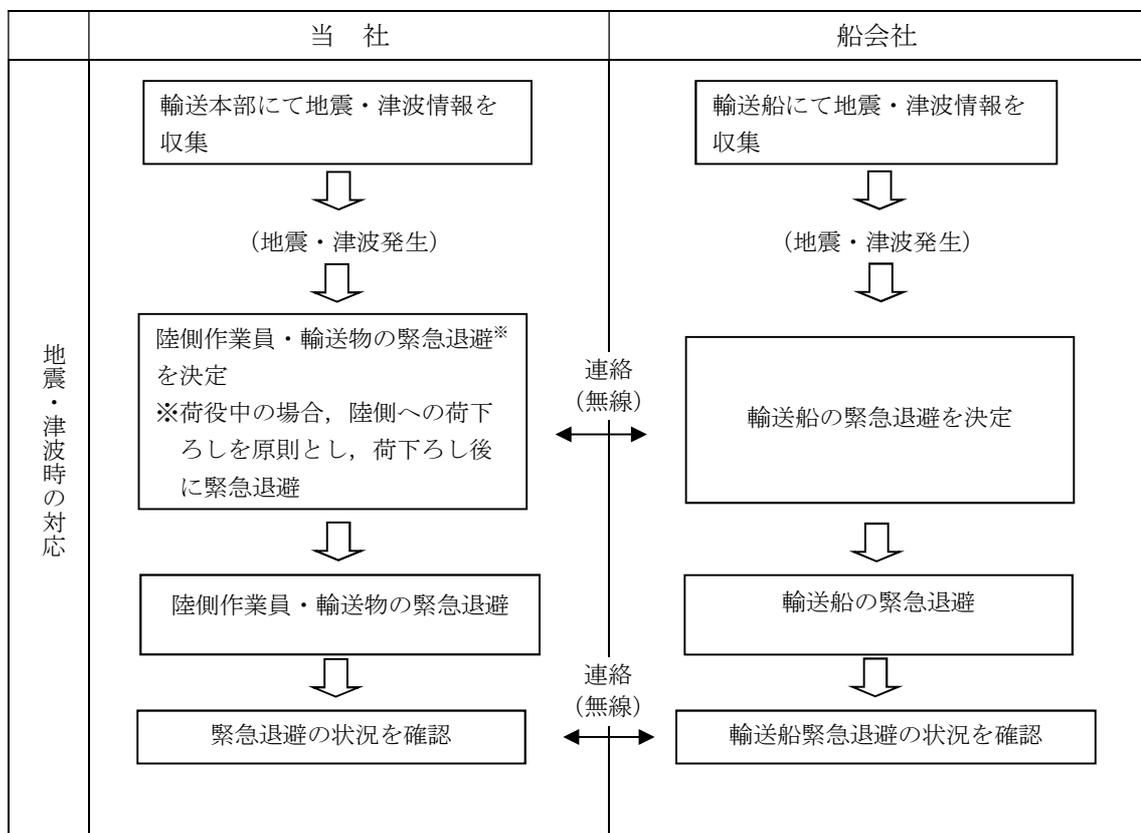


図 4.2-15 燃料等輸送船の緊急退避時の当社と船会社の運用の対応分担

燃料等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、緊急退避訓練の実績から津波警報等発表から数分で緊急退避が可能である。燃料等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、また、電源喪失時にも物揚岸壁クレーンを使用可能とし、緊急退避ができるように、物揚岸壁クレーンには非常用電源を用意していること、さらに緊急離岸が可能となるまでの時間（係留索解らん完了）は、緊急退避訓練の実績から地震発生後約 13 分であり、基準津波の到達時間である約 37 分までに緊急退避が可能である。また、夜間は東海港に停泊せず沖合に停泊する運用としてい

る。このため、燃料等輸送船は漂流物とはならない。図 4.2-16 に津波襲来時の緊急退避可能時間を示す。

なお、数分で津波が襲来する場合を想定すると、「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り得るが、以下の理由から燃料等輸送船は航行不能になるとは考えられず、燃料等輸送船は漂流物とはならない。

- ・物揚岸壁に係留されており、津波高さと同水位高さの関係から物揚岸壁を越えず留まる。
- ・物揚岸壁に接触しても防げん材を有しており、かつ、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している。

（参考 6）に燃料等輸送船の係留索の耐力の評価結果の詳細、（参考 7）に燃料等輸送船の喫水と津波高さとの関係の詳細を示す。

また、陸側にある輸送物（使用済燃料輸送容器）は原則として、輸送車両とともに、津波到達前までに当社敷地内の津波が到達しない場所へ退避（図 4.2-16 参照）するが、万一津波を受けても重量物（約 t：空状態）であることから、漂流物とはならない。なお、退避ルートは、基準地震動 S₀ 発生後も車両等が通行できるように形状を維持する設計とすることから、輸送車両の退避に支障を及ぼさない。

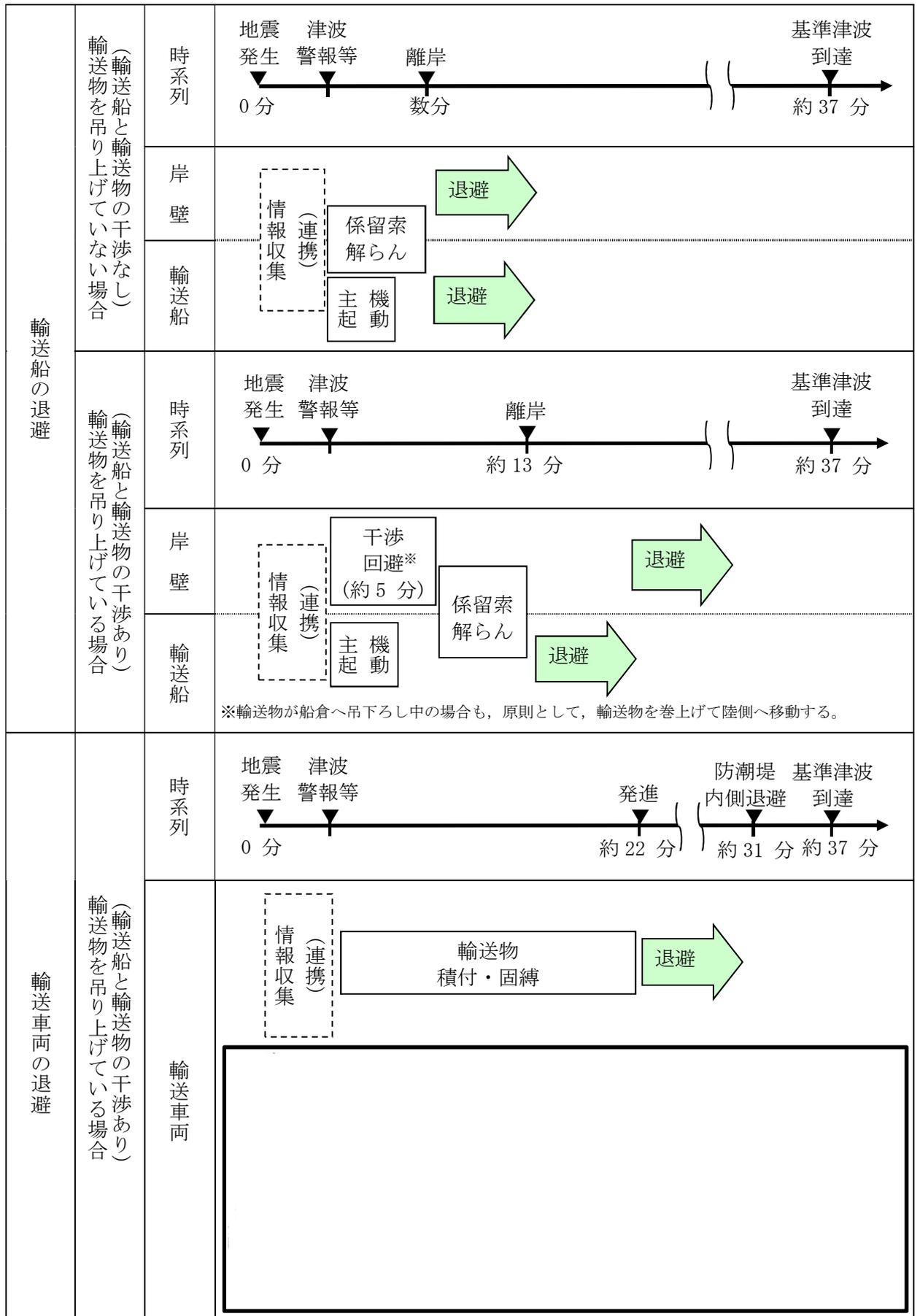


図 4.2-16 津波襲来時の緊急退避可能時間

(d) 船舶（浚渫船，貨物船等）

発電所港湾内には、燃料等輸送船のほか、浚渫作業のための浚渫船，設備・資機材の搬出入のための貨物船等が不定期に入港する。これらの浚渫船，貨物船等については入港する前に、地震・津波発生時の緊急対応の体制及び手順が整備され、基準津波が到達するまでに緊急退避が可能なこと又は津波防護施設への影響がないことを当社が確認する。また、当社と船会社との連絡体制を確立することにより、緊急退避の実効性があることを確認する。

b. 発電所敷地外

発電所敷地外の評価結果について、以下に示す。なお、発電所敷地外については発電所北側エリア及び発電所南側エリアに分けて評価を実施する。発電所北側エリアにおける評価結果の一覧を表 4.2-4～表 4.2-7 に、発電所南側エリアにおける評価結果の一覧を表 4.2-8～表 4.2-11 にそれぞれ示す。

(a) 発電所北側エリア

イ. 建物類等

鉄筋コンクリート造及び鉄骨造の建屋及び構築物については、基礎に固定された建物である。これらの建物が地震又は波力により部分的に損壊するおそれがあるが、過去の被災事例を考慮すると、本来の形状を維持したまま漂流物となることはないと考えられる。過去の被災事例として、東北地方太平洋沖地震時の被害状況を整理し、東海第二発電所における地震・津波による被害想定を実施した。東北地方太平洋沖地震時の被害状況を踏まえた東海第二発電所の地震・津波による被害想定の詳細を（参考 3）に示す。鉄筋コンクリート造建物のコンクリート壁は地震又は波力により損壊するおそれがあり、損壊により生じたコンクリート片等ののがれきが漂流物となる可能性がある。鉄骨造建物の外装板は波力により破損する可能性がある。破損した外装板及び建屋内の軽量な物品等が漂流物となる可能性がある。家屋、倉庫等は、波力により破損する可能性がある。破損した部材及び建屋内の軽量な物品等が漂流物となる可能性がある。上記の施設・設備が漂流物となった場合においても、津波の流況を踏まえた漂流物の取水口及び津波防護施設等への到達可能性評価の結果に示す通り、設置位置及び津波の流況から津波防護施設等及び取水口へは向かわないと考えられることから、津波防護施設等及び取水機能を有する安全設備に対する漂流物とはならないと評価した。津波の流況を踏まえた漂流物の取水口及び津波防護施設等への到達可能性評価結果の詳細を（参考 4）に示す。

ロ. 設備類等

株式会社日立製作所日立事業所埠頭工場の揚重設備等の機器については支持構造物により基礎に固定されている。これらの設備が地震又は波力により、損壊するおそれがあるが、重量物であり、気密性もなく沈降すると考えられることから漂流物とはならない。

日立港区モータープールのコンクリート資材等については重量物であることから漂流物とはならない。

東京ガス株式会社日立 LNG 基地、株式会社日立製作所日立事業所埠頭工場の貯

蔵容器等の機器は、支持構造物により基礎に固定されているが、地震又は波力により、損壊若しくは滑動して漂流物となる可能性がある。その他の設備類等についても、多くのものが漂流物となり海域に流出する可能性があると考えられる。上記の施設・設備が漂流物となった場合においても、津波の流況を踏まえた漂流物の取水口及び津波防護施設等への到達可能性評価の結果に示す通り、設置位置及び津波の流況から津波防護施設等及び取水口へは向かわないと考えられることから、津波防護施設等及び取水機能を有する安全設備に対する漂流物とはならないと評価した。津波の流況を踏まえた漂流物の取水口及び津波防護施設等への到達可能性評価結果の詳細を（参考4）に示す。

ハ. 船舶（漁船，定期船）

発電所敷地の北方約4 kmに漁港があり、5 t未満（総トン数）の漁船については、発電所近郊の海上で操業することを考慮し、保守的に津波襲来時に漂流する可能性があるものとして評価した。評価の結果、漁船が津波により航行不能になり漂流するとした場合、取水口及び津波防護施設等に向かう可能性は否定できないため、非常用海水ポンプの取水性及び津波防護施設等の機能に与える影響について評価した。非常用海水ポンプの取水性及び津波防護施設等の機能への評価結果については「c. 非常用海水ポンプの取水性及び津波防護施設等の機能に対する評価結果」に示す。

また、発電所周辺を定期的に航行する定期船としては、発電所敷地北方約2.5 kmに位置する茨城港日立港区に寄港する船舶がある。これらの船舶が停泊しているときに津波警報等が発表された場合には、荷役及び作業を中止した上で、緊急退避又は係留避泊する運用としていることから、漂流物とはならない。

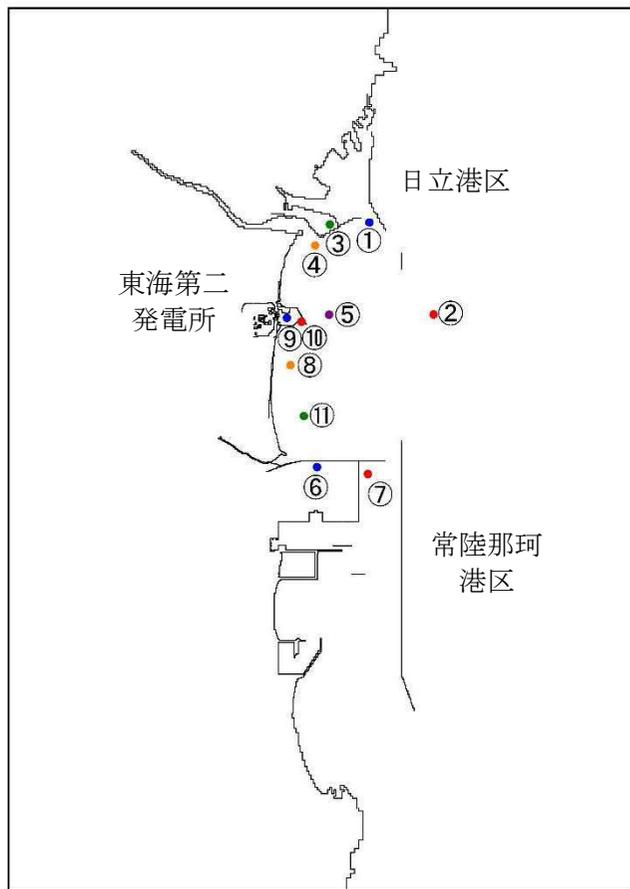
ニ. 津波の流向について

図4.2-17に発電所敷地周辺に漂流物を想定した軌跡解析を実施した結果を示す。発電所北側エリアのうち日立港区周辺の評価点（初期配置①，③）及び久慈川河口周辺の評価点（初期配置④）については、防波堤ありケースと防波堤なしケースにおいて大きな挙動の違いは確認されなかった。日立港区周辺の評価点（初期配置①，③）は初期地点の近辺にて漂流を続ける挙動を示しており、久慈川河口周辺の評価点（初期配置④）は久慈川へ遡上する挙動が確認された。発電所前面海域の評価点（初期配置⑤）及び遠洋海域の評価点（初期配置②）については防波堤なしケースに比べて防波堤ありケースの解析において漂流範囲が広がる傾向が確認された。漂流範囲が広がる傾向にあった防波堤ありケースでは、発電所前面海域の評価点（初期配置⑤）については南方向へ移動する挙動が確認され、遠洋海域の評価点（初期配置②）については外海方向へ移動する挙動が確認された。以上より、軌跡解析の結果からも発電所北側エリアで発生する漂流物は発電所へ接近してこないと考えられる。

また、防潮堤の設置ルート変更による評価点の挙動への影響確認を実施した。影響確認結果の詳細を（参考8）に示す。

なお、解析は水粒子の軌跡のシミュレーションであり、漂流物の挙動と水粒子の軌跡が完全に一致するものではないが、水粒子の軌跡は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うえで重要な流向（漂流物の移動方向）

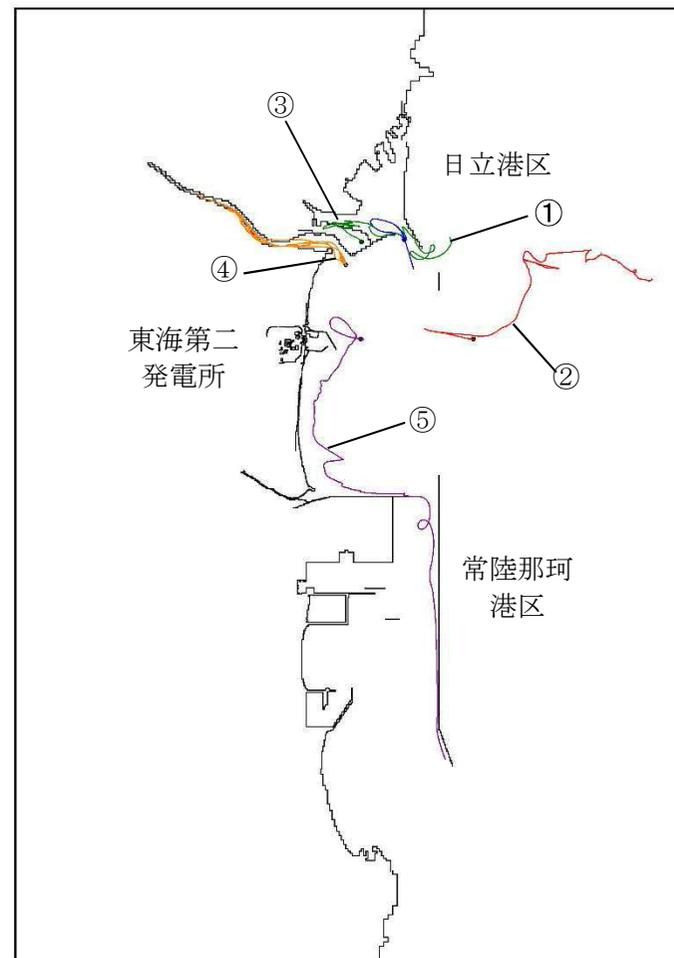
については、十分に把握できると考えられる。また、水粒子の軌跡は押し波、引き波を交互に受けてある一定の範囲内を移動する挙動又は発電所へ接近してこない傾向を示していることから、漂流物に作用する慣性力を考慮したとしても、漂流物が発電所に影響を及ぼすような挙動を示すおそれはない。



漂流物軌跡解析の初期配置図

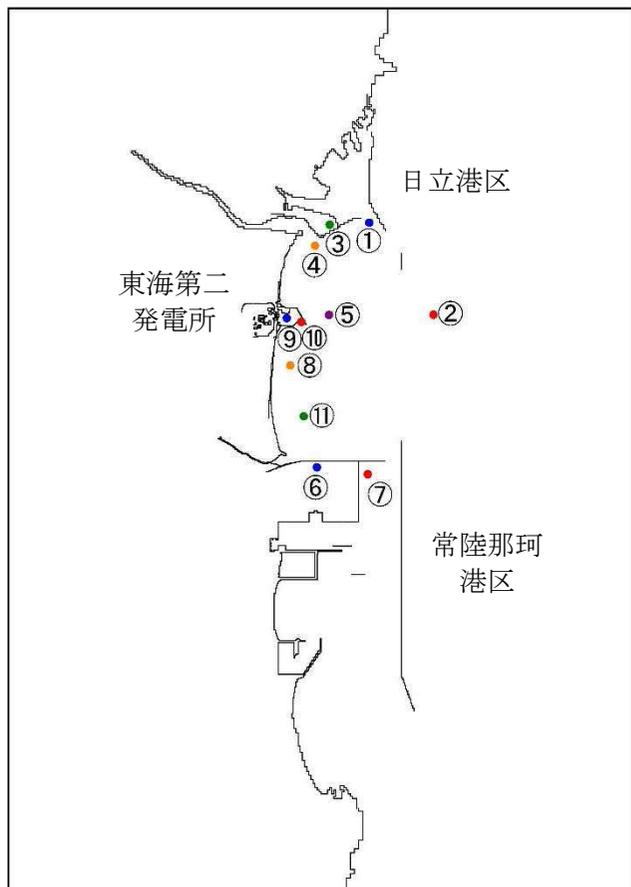
解析条件

- ・漂流物移動開始：浸水深 10 cm
- ・解析時間：地震発生から 240 分



①～⑤の軌跡
(防波堤あり)

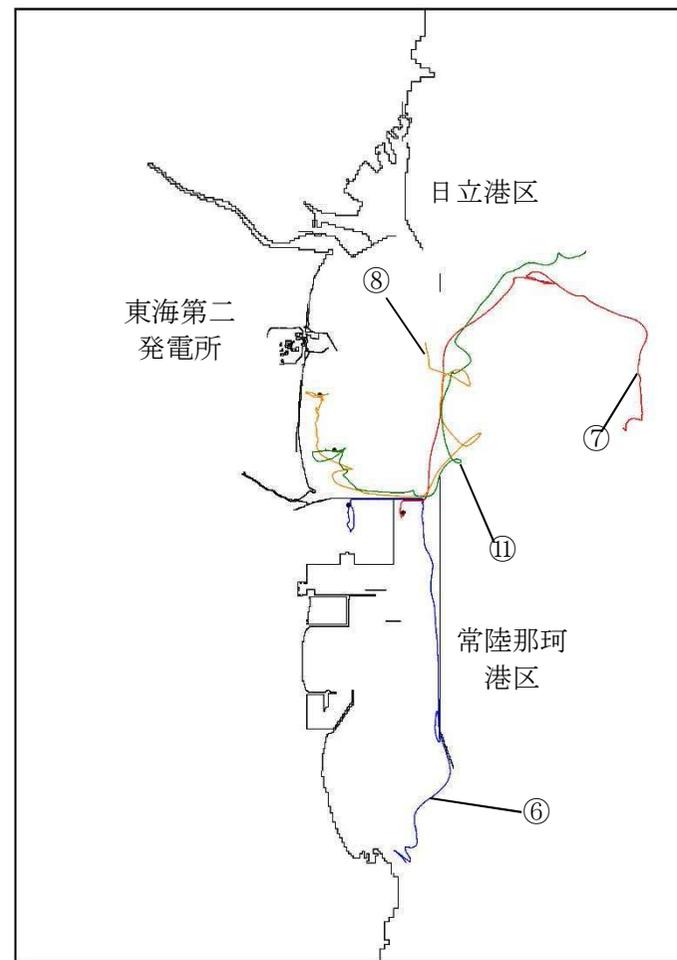
図 4. 2-17 漂流物の軌跡解析結果 (1/4)



漂流物軌跡解析の初期配置図

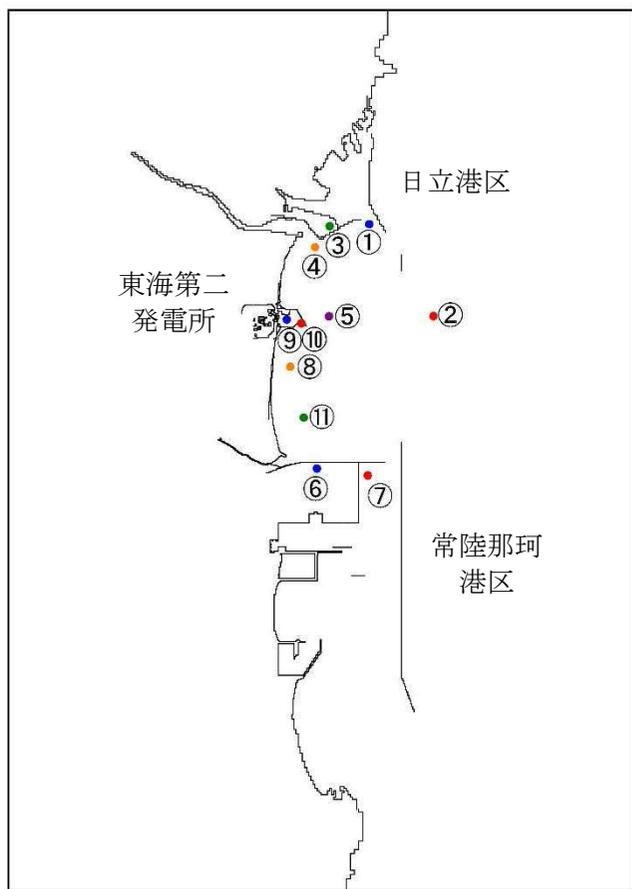
解析条件

- ・漂流物移動開始：浸水深 10 cm
- ・解析時間：地震発生から 240 分



⑥～⑧, ⑪の軌跡
(防波堤あり)

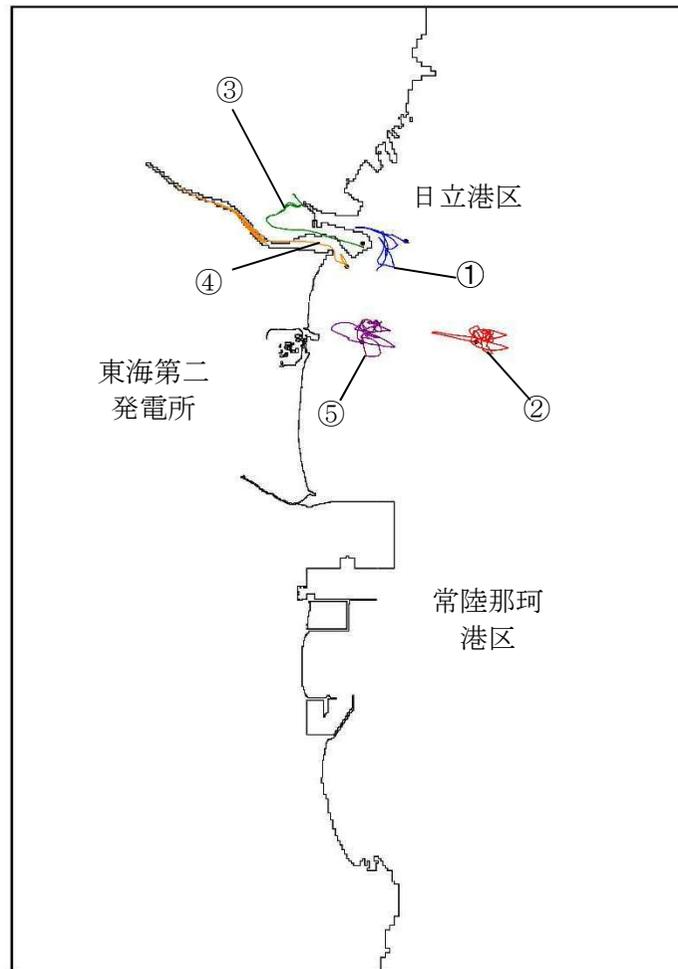
図 4. 2-17 漂流物の軌跡解析結果 (2/4)



漂流物軌跡解析の初期配置図

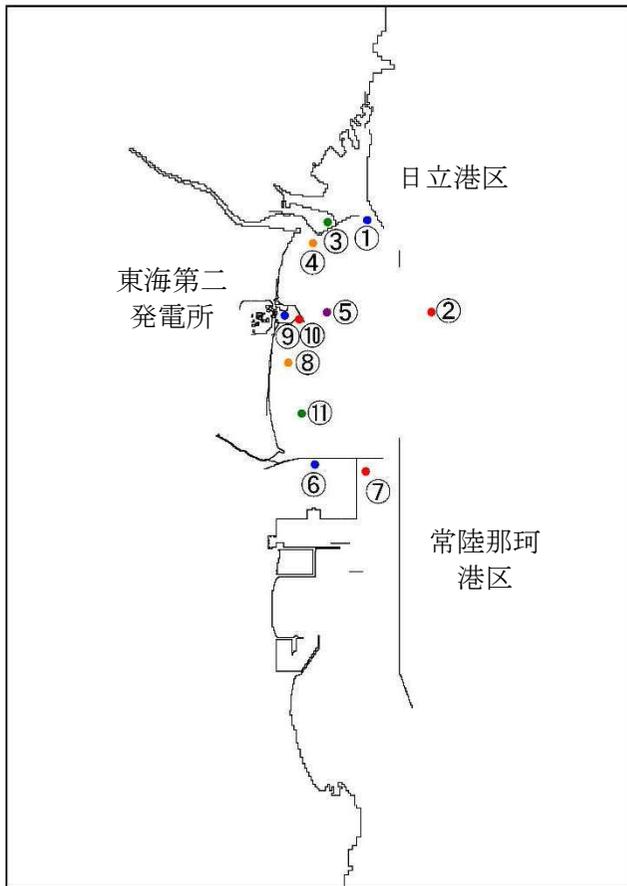
解析条件

- ・漂流物移動開始：浸水深 10 cm
- ・解析時間：地震発生から 240 分



①～⑤の軌跡
(防波堤なし)

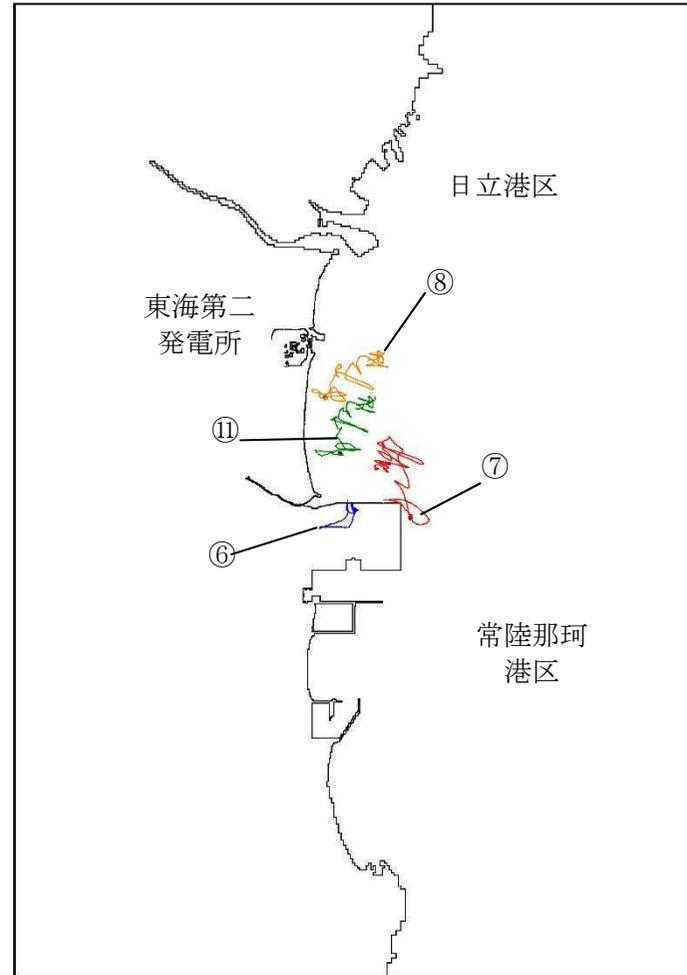
図 4. 2-17 漂流物の軌跡解析結果 (3/4)



漂流物軌跡解析の初期配置図

解析条件

- ・漂流物移動開始：浸水深 10 cm
- ・解析時間：地震発生から 240 分



⑥～⑧, ⑪の軌跡
(防波堤なし)

図 4. 2-17 漂流物の軌跡解析結果 (4/4)

(b) 発電所南側エリア

イ. 建物類等

鉄筋コンクリート造及び鉄骨造の建屋及び構築物については、基礎に固定された建物である。これらの建物が地震又は波力により部分的に損壊するおそれがあるが、過去の被災事例を考慮すると、本来の形状を維持したまま漂流物となることはないと考えられる。過去の被災事例として、東北地方太平洋沖地震時の被害状況を整理し、東海第二発電所における地震・津波による被害想定を実施した。東北地方太平洋沖地震時の被害状況を踏まえた東海第二発電所の地震・津波による被害想定の詳細を(参考3)に示す。鉄筋コンクリート造建物のコンクリート壁は地震又は波力により損壊するおそれがあり、損壊により生じたコンクリート片等のがれきが漂流物となる可能性がある。また、鉄骨造建物の外装板は波力により破損する可能性があり、破損した外装板及び建屋内の軽量な物品等が漂流物となる可能性がある。家屋、倉庫等は、波力により破損する可能性があり、破損した部材及び建屋内の軽量な物品等が漂流物となる可能性がある。評価の結果、がれき、外装板及び軽量な物品等が漂流した場合、取水口及び津波防護施設等へ向かう可能性を否定できないため、非常用海水ポンプの取水性に与える影響及び津波防護施設等の機能に与える影響について評価した。非常用海水ポンプの取水性及び津波防護施設等の機能に対する評価結果については「c. 非常用海水ポンプの取水性及び津波防護施設等の機能に対する評価結果」に示す。

ロ. 設備類等

東京電力フュエル&パワー株式会社常陸那珂火力発電所の揚重設備等の機器については支持構造物により基礎に固定されている。これらの設備が地震又は波力により、損壊するおそれがあるが、重量物であり、気密性もなく沈降すると考えられることから漂流物とはならない。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構のコンクリート資材等については重量物であることから漂流物とはならない。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構、東京電力フュエル&パワー株式会社常陸那珂火力発電所の貯蔵容器等の機器は支持構造物により基礎に固定されているが、地震又は波力により、損壊若しくは滑動して漂流物となる可能性がある。また、各調査エリアに存在する街灯等の比較的軽量なものは、漂流物となる可能性がある。評価の結果、貯蔵容器、街灯等の比較的軽量なものが漂流した場合、取水口及び津波防護施設等へ向かう可能性を否定できないため、非常用海水ポンプの取水性に与える影響及び津波防護施設等の機能に与える影響について評価した。非常用海水ポンプの取水性及び津波防護施設等の機能に対する評価結果については「c. 非常用海水ポンプの取水性及び津波防護施設等の機能に対する評価結果」に示す。

車両については漂流物となる可能性があるが、漂流の過程で沈降すると考えられることから、津波防護施設等及び取水機能を有する安全設備に対する漂流物とはならない。

防砂林については、津波により倒木して漂流物となる可能性がある。評価の結果、

防砂林が漂流した場合、取水口及び津波防護施設等へ向かう可能性を否定できないため、非常用海水ポンプの取水性に与える影響及び津波防護施設等の機能に与える影響について評価した。非常用海水ポンプの取水性及び津波防護施設等の機能に対する評価結果については「c. 非常用海水ポンプの取水性及び津波防護施設等の機能に対する評価結果」に示す。

ハ. 船舶（定期船）

発電所周辺を定期的に航行する定期船としては、発電所敷地南方約 3 kmに位置する常陸那珂火力発電所に寄港する船舶がある。船舶が停泊しているときに津波警報等が発表された場合には、荷役及び作業を中止した上で、緊急退避又は係留避泊する運用としていることから、漂流物とはならない。

ニ. 津波の流向について

図 4.2-17 に発電所敷地周辺に漂流物を想定した軌跡解析を実施した結果を示す。発電所南側エリアの評価点については、防波堤なしケースに比べて防波堤ありケースの解析において漂流範囲が広がる傾向が確認された。漂流範囲が広がる傾向にあった防波堤ありケースでは、発電所南側エリアの北部の評価点（初期配置⑧）については発電所南側エリアの北部の前面海域を漂流する挙動が確認された。発電所南側エリアの北部の他の評価点（初期配置⑩）及び常陸那珂火力発電所敷地前面海域の評価点（初期配置⑦）については北上しながら外海方向へ移動する挙動が確認された。常陸那珂火力発電所敷地の評価点（初期配置⑥）については外海方向へ移動した後南方向へ移動する挙動が確認された。

以上より、軌跡解析の結果では発電所南側エリアで発生する漂流物が発電所へ接近してくる挙動は確認されなかった。

また、防潮堤の設置ルート変更による評価点の挙動への影響確認を実施した。影響確認結果の詳細を（参考 8）に示す。

なお、解析は水粒子の軌跡のシミュレーションであり、漂流物の挙動と水粒子の軌跡が完全に一致するものではないが、水粒子の軌跡は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うえで重要な流向（漂流物の移動方向）については、十分に把握できると考えられる。また、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又は発電所へ接近してこない傾向を示していることから、漂流物に作用する慣性力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おそれはない。

c. 非常用海水ポンプの取水性及び津波防護施設等の機能に対する評価結果

(a) 評価結果の整理

「a. 発電所敷地内における漂流物調査結果」及び「b. 発電所敷地外における漂流物調査結果」において、津波襲来時に取水機能を有する安全設備等、津波防護施設等に対する漂流物となる可能性が否定できない施設・設備として、発電所敷地内においては標識ブイ、建物の部分的な損壊によって生じるおそれのあるがれきや外装板及び構成部材等、車両、資機材等の軽量な物品が抽出され、発電所敷地外においては発電所北側の船舶、発電所南側の建物や設備の部分的な損壊によって生じるおそれのあるがれきや外装板及び構成部材等、貯蔵容器、資機材等の軽量な物品、防砂林が抽出された。発電所敷地内評価結果のうち取水機能を有する安全設備等、津波防護施設等へ向かう可能性が否定できない施設・設備と評価した対象物一覧を表 4.2-12 に、発電所敷地外評価結果のうち取水機能を有する安全設備等、津波防護施設等へ向かう可能性が否定できない施設・設備と評価した対象物一覧を表 4.2-13 にそれぞれ示す。

なお、発電所敷地外のうち発電所南側エリアの施設・設備が漂流物となった場合、軌跡解析の結果から取水機能を有する安全設備等、津波防護施設等へ向かうことは考え難いが、保守的に取水機能を有する安全設備等、津波防護施設等へ向かうことが否定できない施設・設備として評価した。

表 4.2-12 取水機能を有する安全設備等，津波防護施設等に対する漂流物となる可能性が
否定できない施設・設備（発電所敷地内）（1/5）

<海域>

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	重量 （最も大きな ものを記載）	備考	到達可能性評価*	
								取水機能を有する安全設備等	津波防護施設等
設備類等	標識ブイ	敷地内 港湾エリア	一式	固定あり	—	—		○	○

<陸域>

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	備考	到達可能性評価*	
									取水機能を有する安全設備等	津波防護施設等
建物類等	検潮小屋	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	2.9 m×2.9 m×2.3 m	—	がれき類 のみ	○	○
建物類等	海水電解装置建屋	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	8 m×11 m×3.7 m	—		○	○
建物類等	放水口モニター小屋	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	4 m×5 m×3 m	—		○	○
建物類等	北防波堤灯台	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	Φ3 m×9 m	—		○	○
建物類等	復水冷却用水路 スクリーン室	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	—	—		○	○
建物類等	塩素処理室	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	10 m×13 m×10 m	—		○	○
建物類等	放水口放射能 測定機器上屋	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	3 m×5 m×3 m	—		○	○
建物類等	ロータリースクリーン室	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	13 m×21 m×11 m	—		○	○
建物類等	主ゲート	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	4 m×18 m×10 m	—		○	○
建物類等	次亜塩素酸ソーダ注入室	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	—	—		○	○

*：「○」は到達することを否定できないことを示す。

表 4.2-12 取水機能を有する安全設備等，津波防護施設等に対する漂流物となる可能性が
否定できない施設・設備（発電所敷地内）（2/5）

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	備考	到達可能性評価*	
									取水機能を有する安全設備等	津波防護施設等
建物類等	合併処理浄化槽設備	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	10 m×15 m×10 m	—	がれき類のみ	○	○
建物類等	海上レーダー	敷地内 発電所構内	1	設置	鋼製支柱	—	—		○	○
建物類等	物揚場倉庫	敷地内	1	設置	コンクリート製ブロック	7 m×12 m×3 m	—		○	○
建物類等	栈橋	敷地内 港湾エリア	1	設置	鋼製コンクリート造	1.2 m×40 m×4 m	—		○	○
建物類等	カーテンウォール	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造 （鋼材支柱）	—	—	○	○	
建物類等	メンテナンスセンター	敷地内	1	設置	鉄骨造	34 m×19 m×11 m	—	外装板等のみ	○	○
建物類等	輸送本部建屋	敷地内	1	設置	鉄骨造	22 m×13 m×7 m	—		○	○
建物類等	輸送本部倉庫	敷地内	1	設置	鉄骨造	12 m×8 m×4 m	—		○	○
建物類等	再利用物品置場テント	発電所構内	1	固定あり	—	—	—	構成部材等のみ	○	○
設備類等	水路変圧器函	敷地内	1	設置	直方	2 m×1.5 m×2 m	—	○	○	
設備類等	放水口モニター	敷地内	1	設置	円柱／鋼製	Φ0.5 m×1.5 m	—	○	○	
設備類等	ジブクレーン ケーブル収納箱	敷地内 港湾エリア	1	設置	直方体	0.6 m×0.6 m×0.6 m	—	○	○	
設備類等	ホース収納箱	敷地内 港湾エリア	1	設置	直方体	0.2 m×0.8 m×1.4 m	—	○	○	
設備類等	ペーキング・ 電話ボックス	敷地内 港湾エリア	1	設置	直方体	0.2 m×0.5 m×0.5 m	—	○	○	

*：「○」は到達することを否定できないことを示す。

表 4.2-12 取水機能を有する安全設備等，津波防護施設等に対する漂流物となる可能性が
否定できない施設・設備（発電所敷地内）（3/5）

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	備考	到達可能性評価*	
									取水機能を有する安全設備等	津波防護施設等
設備類等	合併処理浄化槽電源盤	敷地内	1	設置	直方体	1 m×1 m×2.5 m	—		○	○
設備類等	空調室外機									
設備類等	輸送本部建屋空調室外機	敷地内	2	固定あり	直方体	0.5 m×0.8 m×2 m	—		○	○
設備類等	輸送本部建屋空調室外機	敷地内	1	固定あり	直方体	0.3 m×0.8 m×1.5 m	—		○	○
設備類等	仮設ハウス空調室外機	敷地内	3	固定あり	直方体	0.8 m×0.3 m×0.6 m	—		○	○
設備類等	海水電解装置建屋 空調室外機	敷地内	1	固定あり	直方体	1.2 m×1 m×2 m	—		○	○
設備類等	メンテナンスセンター 空調室外機	敷地内	1	固定あり	直方体	0.8 m×0.3 m×0.6 m	—		○	○
設備類等	ミラー	敷地内	1	固定あり	—	高さ2 m	—		○	○
設備類等	街灯	敷地内 港湾エリア	一式	固定あり	—	—	—		○	○
設備類等	鉄製防護柵	敷地内	1	固定あり	—	—	—		○	○
設備類等	自動販売機	敷地内	2	固定あり	直方体	2 m×0.8 m×2 m	—		○	○
設備類等	標識	敷地内	1	固定あり	—	—	—		○	○
設備類等	潜水用防護柵	敷地内	1	固定なし	鋼製	2.5 m×3.5 m×1 m	—		○	○
設備類等	オイルフェンス巻取機	敷地内 港湾エリア	1	固定なし	—	6 m×7 m×6 m	—		○	○
設備類等	使用済燃料輸送用 区画器具保管箱	敷地内 港湾エリア	1	固定なし	直方体	1.2 m×2.5 m×1.6 m	—		○	○

*：「○」は到達することを否定できないことを示す。

表 4.2-12 取水機能を有する安全設備等，津波防護施設等に対する漂流物となる可能性が
否定できない施設・設備（発電所敷地内）（4/5）

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	備考	到達可能性評価*	
									取水機能を有する安全設備等	津波防護施設等
設備類等	オイルフェンス	敷地内	一式	固定なし	—	5 m×5 m×0.3 m	—		○	○
設備類等	工事用資材	敷地内 港湾エリア	一式	固定なし	鋼製架台	3 m×5 m×0.5 m	—		○	○
設備類等	工事用資材	敷地内 港湾エリア	3	固定なし	鋼材等	Φ0.8 m×8 m	—		○	○
設備類等	工事用資材	敷地内 港湾エリア	一式	固定なし	鋼材等	6 m×6 m×1.5 m	—		○	○
設備類等	工事用資材	敷地内 港湾エリア	5	固定なし	鋼製	5 m×7 m×6 m	—		○	○
設備類等	資材	敷地内 港湾エリア	1	固定なし	直方体	1 m×3 m×3 m	—		○	○
設備類等	塵芥廃棄用コンテナ	敷地内	2	固定なし	直方体	3 m×1.5 m×1.5 m	—		○	○
設備類等	塵芥入れかご	敷地内	1	固定なし	直方体	1 m×1 m×1 m	—		○	○
設備類等	次亜塩素酸ソーダ 注入装置（仮設）	敷地内	一式	固定なし	—	3 m×3 m×2 m	—		○	○
設備類等	使用済燃料輸送関連機材	敷地内	1	固定なし	直方体	1.5 m×6 m×1 m	—		○	○
設備類等	工事用資材	敷地内	一式	固定なし	—	—	—		○	○
設備類等	敷鉄板	敷地内	35	固定なし	直方体	1 m×8 m×0.1 m	—		○	○
設備類等	コンテナ	敷地内	1	固定なし	直方体	2 m×4 m×1 m	—		○	○
設備類等	パレット	敷地内	6	固定なし	直方体	1.2 m×1.2 m×0.2 m	—		○	○
設備類等	手洗いシンク	敷地内	1	固定なし	—	0.6 m×2 m×1 m	—		○	○

*：「○」は到達することを否定できないことを示す。

表 4.2-12 取水機能を有する安全設備等，津波防護施設等に対する漂流物となる可能性が
否定できない施設・設備（発電所敷地内）（5/5）

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	備考	到達可能性評価*	
									取水機能を有する安全設備等	津波防護施設等
設備類等	普通車	敷地内	2	駐車	—	—	—		○	○

*：「○」は到達することを否定できないことを示す。

表 4.2-13 取水機能を有する安全設備等, 津波防護施設等に対する漂流物となる可能性が
 否定できない施設・設備 (発電所敷地外) (1/8)
 < 発電所北側エリア (その他) 海域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造 (形状) / 材質	重量 (最も大きなものを記載)	備考	到達可能性評価*	
								取水機能を有する 安全設備等	津波防護施設等
船舶	漁船	敷地外	35	航行/停泊	—	5 t (総トン数) 15 t (排水トン数)	総トン数5 tを3 倍した15 tを排 水トン数として 設定する。	○	○

* : 「○」は到達することを否定できない
 ことを示す。

表 4.2-13 取水機能を有する安全設備等，津波防護施設等に対する漂流物となる可能性が
 否定できない施設・設備（発電所敷地外）（2/8）
 < 発電所南側エリア（その他） 陸域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	備考	到達可能性評価*	
									取水機能を有する安全設備等	津波防護施設等
設備類等	鉄塔	敷地外	一式	設置	—	—	—	がれき類のみ	○	○
建物類等	倉庫	敷地外	一式	設置	—	—	—		○	○
建物類等	工場	敷地外	一式	設置	—	—	—		○	○
建物類等	下水処理場	敷地外	一式	設置	—	—	—		○	○
建物類等	家屋	敷地外	一式	設置	—	—	—		○	○
建物類等	大型商業施設	敷地外	一式	設置	—	—	—		○	○
建物類等	事務所建屋	敷地外	一式	設置	—	—	—		○	○
設備類等	コンテナ	敷地外	約350	固定なし	—	—	—		○	○
設備類等	電柱，街灯	敷地外	一式	固定あり	—	—	—		○	○
設備類等	倉庫	敷地外	一式	固定あり	—	—	—		○	○

*：「○」は到達することを否定できないことを示す。

表 4.2-13 取水機能を有する安全設備等，津波防護施設等に対する漂流物となる可能性が
否定できない施設・設備（発電所敷地外）（3/8）

＜発電所南側エリア（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（原子力科学研究所） 陸域＞

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	備考	到達可能性評価*	
									取水機能を有する 安全設備等	津波防護施設等
建物類等										
建物類等										
建物類等										
建物類等										
建物類等										
建物類等										
設備類等										
設備類等										
設備類等	街灯									
設備類等										
設備類等	自動販売機									
設備類等										
設備類等										
設備類等										

*：「○」は到達することを否定できないことを示す。

表 4.2-13 取水機能を有する安全設備等，津波防護施設等に対する漂流物となる可能性が
否定できない施設・設備（発電所敷地外）（4/8）

＜発電所南側エリア（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（原子力科学研究所） 陸域＞

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	備考	到達可能性評価*	
									取水機能を有する安全設備等	津波防護施設等
設備類等										
設備類等										
設備類等										
設備類等										
設備類等										
設備類等	消火器入り保管箱									
設備類等										
設備類等	自転車									
設備類等	植生									
設備類等	防砂林									

*：「○」は到達することを否定できないことを示す。

表 4.2-13 取水機能を有する安全設備等，津波防護施設等に対する漂流物となる可能性が
否定できない施設・設備（発電所敷地外）（5/8）

<発電所南側エリア（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（核燃料サイクル工学研究所）） 陸域>

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	備考	到達可能性評価*	
									取水機能を有する安全設備等	津波防護施設等
建物類等										
建物類等										
建物類等										
建物類等										
建物類等										
建物類等										
建物類等	車庫									
建物類等										
建物類等										
設備類等										
設備類等										
設備類等										
設備類等										
設備類等										

4.2.1-104

*：「○」は到達することを否定できないことを示す。

表 4.2-13 取水機能を有する安全設備等，津波防護施設等に対する漂流物となる可能性が
否定できない施設・設備（発電所敷地外）（6/8）

<発電所南側エリア（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（核燃料サイクル工学研究所）） 陸域>

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	備考	到達可能性評価*	
									取水機能を有する 安全設備等	津波防護施設等
設備類等	防砂林									

*：「○」は到達することを否定できないことを示す。

表 4.2-13 取水機能を有する安全設備等，津波防護施設等に対する漂流物となる可能性が
否定できない施設・設備（発電所敷地外）（7/8）

＜発電所南側エリア（東京電力フュエル&パワー株式会社常陸那珂火力発電所） 陸域＞

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	備考	到達可能性評価*	
									取水機能を有する安全設備等	津波防護施設等
建物類等										
建物類等										
建物類等										
建物類等										
建物類等										
建物類等										
建物類等										
建物類等	車庫									
建物類等										
建物類等										
建物類等										
建物類等										
設備類等										

4.2.1-106

*：「○」は到達することを否定できないことを示す。

表 4.2-13 取水機能を有する安全設備等，津波防護施設等に対する漂流物となる可能性が
否定できない施設・設備（発電所敷地外）（8/8）

＜発電所南側エリア（東京電力フュエル&パワー株式会社常陸那珂火力発電所） 陸域＞

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）／材質	寸法	重量	備考	到達可能性評価*	
									取水機能を有する安全設備等	津波防護施設等
設備類等										
設備類等										
設備類等										
設備類等										
設備類等										
設備類等										
設備類等										
設備類等										
設備類等										
設備類等										

*：「○」は到達することを否定できないことを示す。

(b) 漂流物による影響を考慮した取水性評価

表4.2-12及び表4.2-13に示す施設・設備に対して、非常用海水ポンプの取水性に及ぼす影響について評価した。具体的には、漂流物による取水口の閉塞を想定した取水性及び漂流物の貯留堰内での堆積を想定した非常用海水ポンプの取水性について評価を実施した。以下に評価結果を示す。

イ. 漂流物による取水口の閉塞を想定した取水性評価

漂流物が取水口へ到達した場合に取水口を閉塞させ、取水性に影響を及ぼすおそれがあることから、漂流物による取水口の閉塞を想定した取水性評価を実施した。取水口上部の標高はT.P. +3.31 mであるのに対し、基準津波による取水口前面における水位はT.P. 約+14 mであることから、漂流した場合、取水口へ向かう可能性が否定できない表4.2-14及び表4.2-15に示す施設・設備のうち発電所敷地内の海域における施設・設備及び発電所敷地外における施設・設備については、津波襲来時においては取水口の上部を通過し、取水口の上部を通過後は発電所敷地内の施設・設備も同様に、敷地前面東側から敷地側面北側又は敷地側面南側へ防潮堤に沿うように移動するものと考えられる。また、引き波時には外海方向へ移動するものと考えられることから取水口前面へは向かわないと考えられるが、ここでは保守的に表4.2-14及び表4.2-15に示す施設・設備が取水口前面に到達するものとして扱い、通水性に与える影響について評価した。

津波は流向を有していることから、漂流物が全て取水口前面に到達する可能性は低いと考えられる。万が一、漂流物の全てが取水口前面へ集約された場合を想定しても、漂流物が隙間なく整列することは考えにくい。また、漂流物の形状から取水口に密着することは考えにくいため、取水口を完全に閉塞させることはなく、非常用海水ポンプの取水は可能であると考えられる。

実際に漂流物が取水口前面に堆積した場合における通水性に与える影響は、取水口を閉塞させるおそれのある面積に依存して大きくなることから、通水性に対する主要な影響因子は表4.2-14及び表4.2-15から発電所敷地内のメンテナンスセンターの外装板であると考えられる。表4.2-16にメンテナンスセンターの主要諸元を示す。

表4.2-16 メンテナンスセンターの主要諸元

対象	主要構造	寸法	棟数
メンテナンスセンター	鉄骨造	長さ約34 m×幅約19 m×高さ約11 m	1

「(4) a. (a) 建物類等」にて示したとおり、メンテナンスセンターについては外装板が波力により破損する可能性がある。破損した外装板が漂流した場合に、壁一面分の面積を有したまま取水口へ到達することは考え難いが、保守的に壁一面分の面積を有したまま取水口へ到達した場合を想定して取水性評価を実施した。図4.2-18に取水口構造及び外装板による閉塞想定図、表4.2-17に外装板の取水口前面への到達を想定した取水性評価結果を示す。表4.2-17に示すとおり想定閉塞面

積に対して、取水口呑口面積が大きいため取水口を完全に閉塞させることはなく、非常用海水ポンプの取水は可能である。

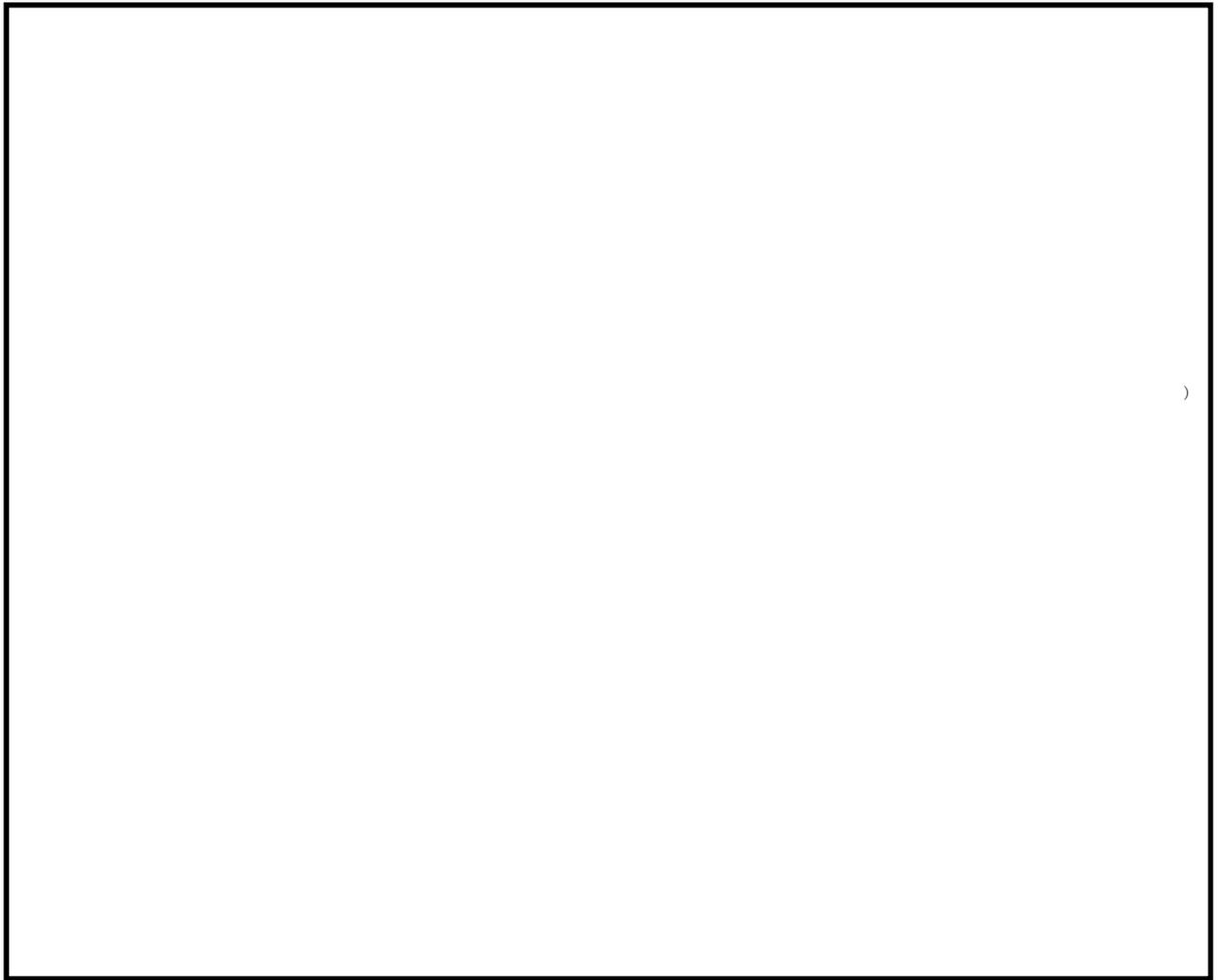


図 4.2-18 取水口構造及び外装板による閉塞想定図

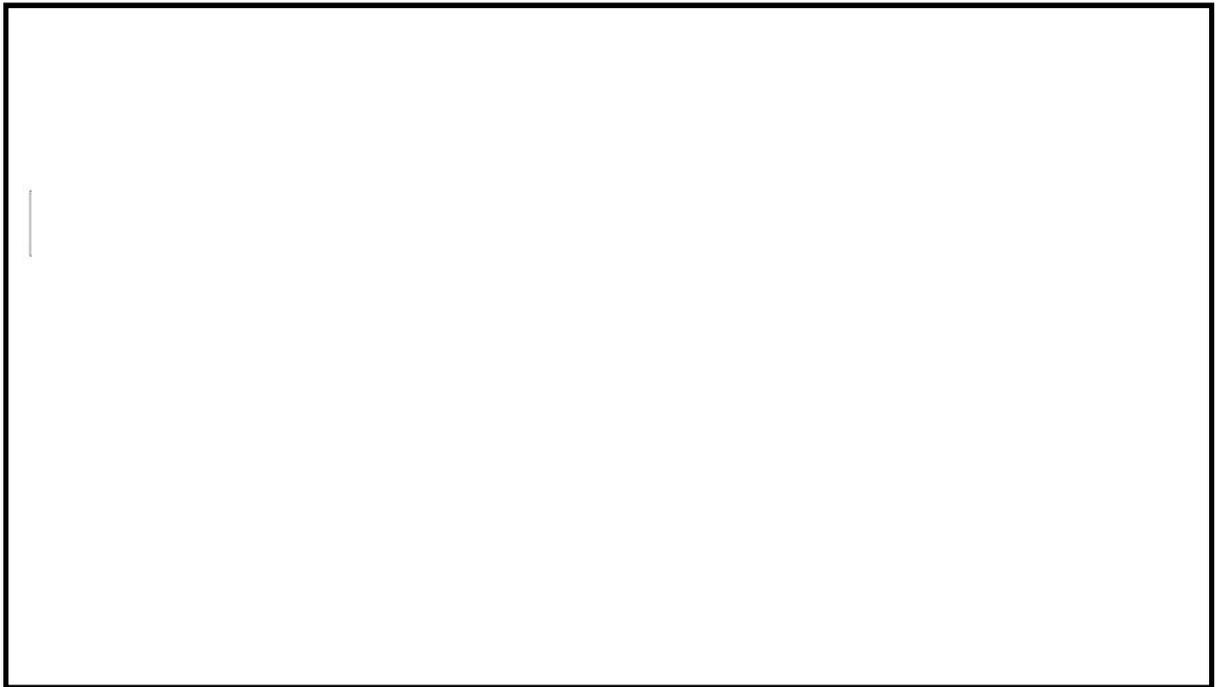
表 4.2-17 外装板の取水口前面への到達を想定した取水性評価

対象	想定閉塞面積 (m ²)	取水口呑口面積 (m ²)	取水の可否
メンテナンスセンター 外装板	約 234 ^{※1}	約 <input type="text"/> ^{※2}	可

※1 : 表 4.2-16 に示す寸法をもとに、外装板を長さ 34 m、高さ 11 m の長方形として扱い、外装板に閉塞されうる取水口呑口面積を算出

※2 : 図 4.2-18 に示す内部寸法から、1 口当たりの有効面積を幅 m、高さ m の長方形の面積とし、8 口分の面積として算出

次に地震又は津波の波力によりカーテンウォールが倒壊した場合の取水性評価結果について示す。カーテンウォールが地震又は津波により倒壊した場合は、取水口前面に堆積し、取水性に影響を及ぼす可能性があることから取水性評価を実施した。カーテンウォールの構造を図 4.2-18 に示す。カーテンウォールについては、基準地震動 S_s による耐震性を確認していないことから、漂流物に対する捕捉効果は期待しない。表 4.2-18 にカーテンウォールが倒壊し、取水口前面に堆積した場合における取水性評価結果を示す。表 4.2-18 に示すとおり想定閉塞面積に対して、取水口呑口面積が大きいいため取水口を完全に閉塞させることはなく、非常用海水ポンプの取水は可能である。



A - A断面図

図 4.2-18 カーテンウォール構造図

表 4.2-18 カーテンウォールの倒壊を想定した取水性評価

対象	想定閉塞面積 (m ²)	取水口呑口面積 (m ²)	取水の可否
カーテンウォール	164 ^{※1}	約 <input type="text"/> ^{※2}	可

※1：想定閉塞高さについては保守的にカーテンウォールの高さ 5 m、想定閉塞幅については、取水口前面に到達しうる最大の幅として取水口呑口の幅である 42.8 m とし、長方形の面積として算出

※2：図 4.2-18 に示す内部寸法から、1 口当たりの有効面積を幅 m、高さ m の長方形の面積とし、8 口分の面積として算出

ロ. 漂流物の貯留堰内での堆積を想定した非常用海水ポンプの取水性評価

漂流物の取水口前面又は固定バースクリーンへの到達可能性について再整理すると、「(4) b. (a) ニ. 津波の流向について」及び「(4) b. (b) ニ. 津波の流向について」にて示した軌跡解析結果及び津波の流況から漂流物はそもそも東海第二発電所へ到達し難く、仮に取水口周辺に到達した場合においても貯留堰やカーテンウォールの鋼管杭等の存在、海底 (T.P. 約-6.9 m) と取水口呑口下端 (T.P. -6.04 m) との高低差等を考慮すると、漂流物が取水口前面又は固定バースクリーンへ到達し難いことは明らかである。しかしながら、万が一漂流物が取水口周辺まで漂流し、かつ上記の障害をくぐり抜けて貯留堰内に堆積した場合に、貯留堰の有効容量が低減し、引き波時における非常用海水ポンプの継続運転に影響を及ぼす可能性があることから、漂流物の貯留堰内での堆積を想定した引き波時における非常用海水ポンプの取水性評価を実施した。貯留堰の有効容量及び堆積物により想定する低減範囲を図 4.2-19 に示す。仮に取水口前面に漂流物が堆積した場合においても、堆積物による低減を想定した場合の有効容量は表 4.2-19 に示すとおり約 517 m³ であり、非常用海水ポンプの運転継続可能時間は約 7 分である。引き波継続時間は図 4.2-20 に示すとおり約 3 分であることから、取水口前面への漂流物の堆積を想定した場合においても非常用海水ポンプの取水性への影響はない。

表 4.2-19 貯留堰内への漂流物の堆積を想定した
非常用海水ポンプの取水性評価

項目	評価結果
①有効貯留面積	1008.6 m ² ※ ¹
②有効水深	0.76 m ※ ²
③スロッシングによる溢水量	249 m ³
④有効容量 (①×②-③)	約 517 m ³
⑤低減容量を差し引いた有効貯留容量における非常用海水ポンプの運転継続可能時間	約 7 分 ※ ³

※1：取水ピット内構造物及び海水ポンプの面積を控除した図 4.2-19 に示す面積とした。

※2：貯留堰天端高さと同残熱除去系海水系ポンプの取水可能水位の差から算出

※3：非常用海水ポンプ取水量を 4,323 m³/h とし算出

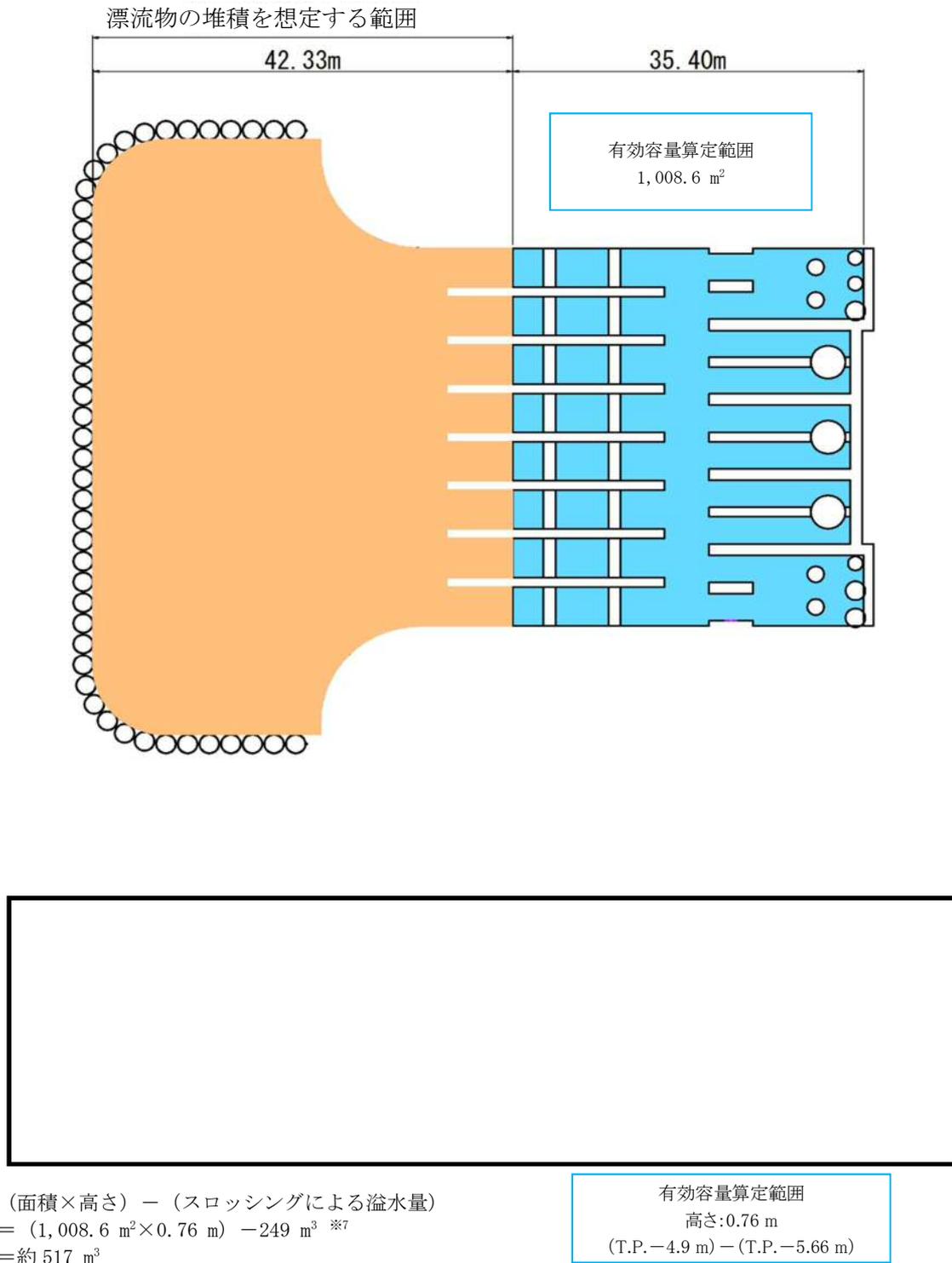


図 4.2-19 貯留堰の有効容量及び堆積物により想定する低減範囲

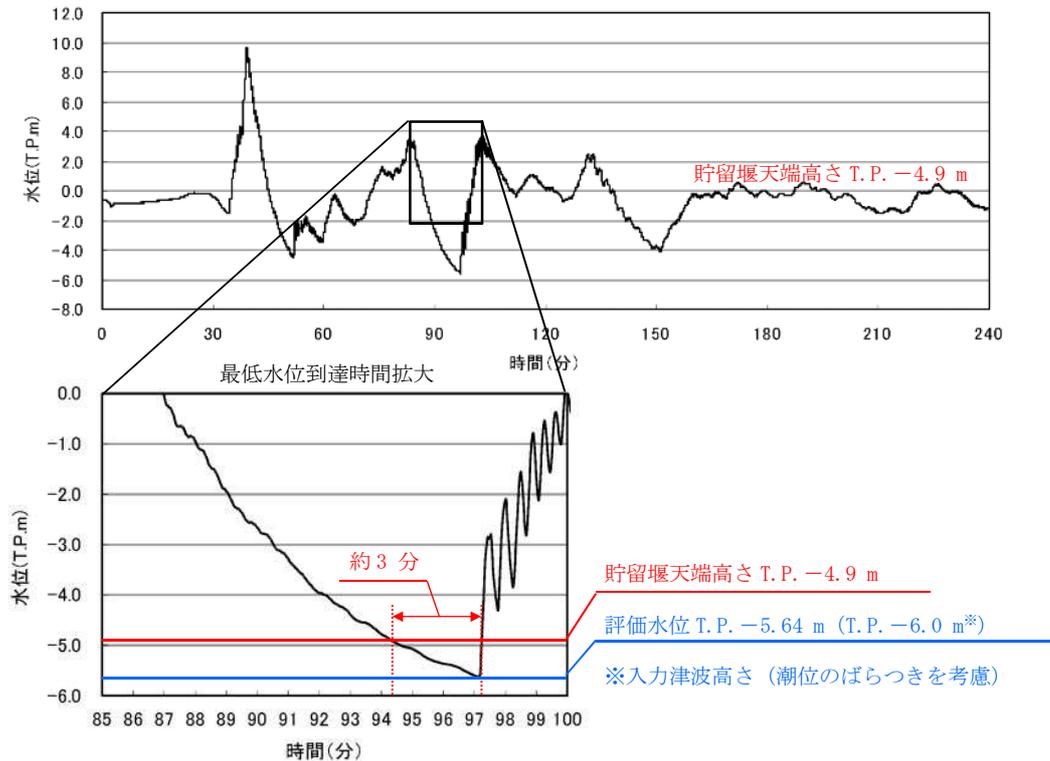


図 4.2-20 引き波の継続時間

「イ. 漂流物による取水口の閉塞を想定した取水性評価」及び「ロ. 漂流物の貯留堰内での堆積を想定した非常用海水ポンプの取水性評価」の評価結果から、漂流物による取水性への影響はないものと考えられる。また、地震発生後長期間においてがれきや流木等が取水口付近に到達する可能性があるが、大津波警報発表時は循環水ポンプが停止しており、比較的取水量が少ない非常用海水ポンプのみの運転状態であることから、万が一がれきや流木等が取水口付近に到達した場合においても、漂流物が引き寄せられ取水口を完全に閉塞させることはないと考えられる。しかしながら、漂流物による取水性への影響がないことを確認するため、津波・構内監視カメラにより取水口前面における漂流物の堆積状況を監視し、取水ピット水位計により取水ピット内の水位が取水可能な水位であることを監視することとする。さらに、必要な場合には取水口前面の堆積物の除去を行うこととする。上記に示す津波に対する長期的な対応については運用を定めることとする。

(c) 漂流物による影響を考慮した津波防護施設等の機能に対する影響評価

表4.2-12及び表4.2-13に示す施設・設備が津波防護施設等へ到達した場合に、津波防護施設等の機能に及ぼす影響について評価する。表4.2-12及び表4.2-13に示す施設・設備が発電所敷地付近にて漂流した場合、津波防護施設等のうち敷地を取り囲む形で設置する防潮堤又は防潮扉が影響を受ける可能性が最も高いと考えられることから、防潮堤又は防潮扉を代表として衝突を考慮する対象漂流物を設定する。「(3) 漂流物となる可能性のある施設・設備の抽出」における抽出結果から、防潮堤又は防潮扉の設置に伴い撤去又は移設する施設・設備を除き、建物類等の倒壊範囲に防潮堤又は防潮扉は設置されないため、遡上した津波により万が一敷地の建物類等が転倒した場合においても建物類等の転倒により防潮堤又は防潮扉に衝突するおそれはない。また、(参考4)の漂流物の到達可能性評価結果に示すとおり、漂流物の衝突力が大きいと考えられる津波襲来時は敷地前面東側においては防潮堤又は防潮扉の概ね軸直交方向に津波が襲来し、敷地側面北側及び敷地側面南側においては防潮堤又は防潮扉に沿うように概ね軸方向に津波が襲来することから、津波の流向を考慮すると漂流物の衝突による影響が大きくなるのは敷地前面東側であると考えられ、敷地側面北側及び敷地側面南側において仮に漂流物が衝突した場合を想定しても、衝突による影響は比較的小さいと考えられる。以上より、衝突による影響が大きいと考えられる発電所敷地内における敷地前面東側の陸域及び敷地前面海域に存在する施設・設備のうち衝突を考慮する必要のある対象物に対し、対象物毎に適切な算定式に基づき漂流物衝突荷重を算定する。漂流物の衝突を考慮する必要のある津波防護施設等は、津波防護施設等の機能に対する影響を及ぼさないように、衝突荷重に対して機能が十分保持できるよう設計する。津波防護施設等の機能に対する影響評価の詳細については「4.3 漂流物衝突力について」に示す。

d. 取水スクリーンの破損による通水性への影響

海水中の塵芥を除去するために設置されている除塵装置（固定バースクリーン、回転レイキ付バースクリーン及びトラベリングスクリーン）については、異物の混入を防止する効果が期待できるが、津波時に破損して、それ自体が漂流物となる可能性がある。この場合には、破損・分離し漂流物となった構成部材等が取水路を閉塞させることより、取水路の通水性に影響を与えることが考えられるため、その可能性について確認した。

その結果、除塵装置は、基準津波により破損して漂流物になることはなく、非常用海水ポンプの取水性に影響を及ぼすものではないことを確認した。以下に除塵装置に構造を示すとともに、確認内容、確認結果を示す。

(a) 構造

除塵装置は、取水する海水中の塵芥を除去するために、取水口から取水ピットに至る取水路の経路8区画に対して設置されており、取水口から固定バースクリーン、回転レイキ付バースクリーン、トラベリングスクリーンの順に設置されている。図4.2-20に除塵装置の配置図、図4.2-21に除塵装置の概略構造図を示す。

固定バースクリーンは、鋼材を溶接により格子状に接合した固定バー枠構造であり、取水路1区画当たり4分割された固定バー枠からなる。固定バー枠の上端及び下端は取水路に支持され、中間部分は中間受桁により支持される。

回転レイキ付バースクリーン及びトラベリングスクリーンは、それぞれ多数のバスケット（バー枠又は網枠）がキャリングチェーンにより接合された構造であり、キャリングチェーンは上部の駆動機構により回転する。下部スプロケットは取水路、上部スプロケットは駆動装置に支持される。

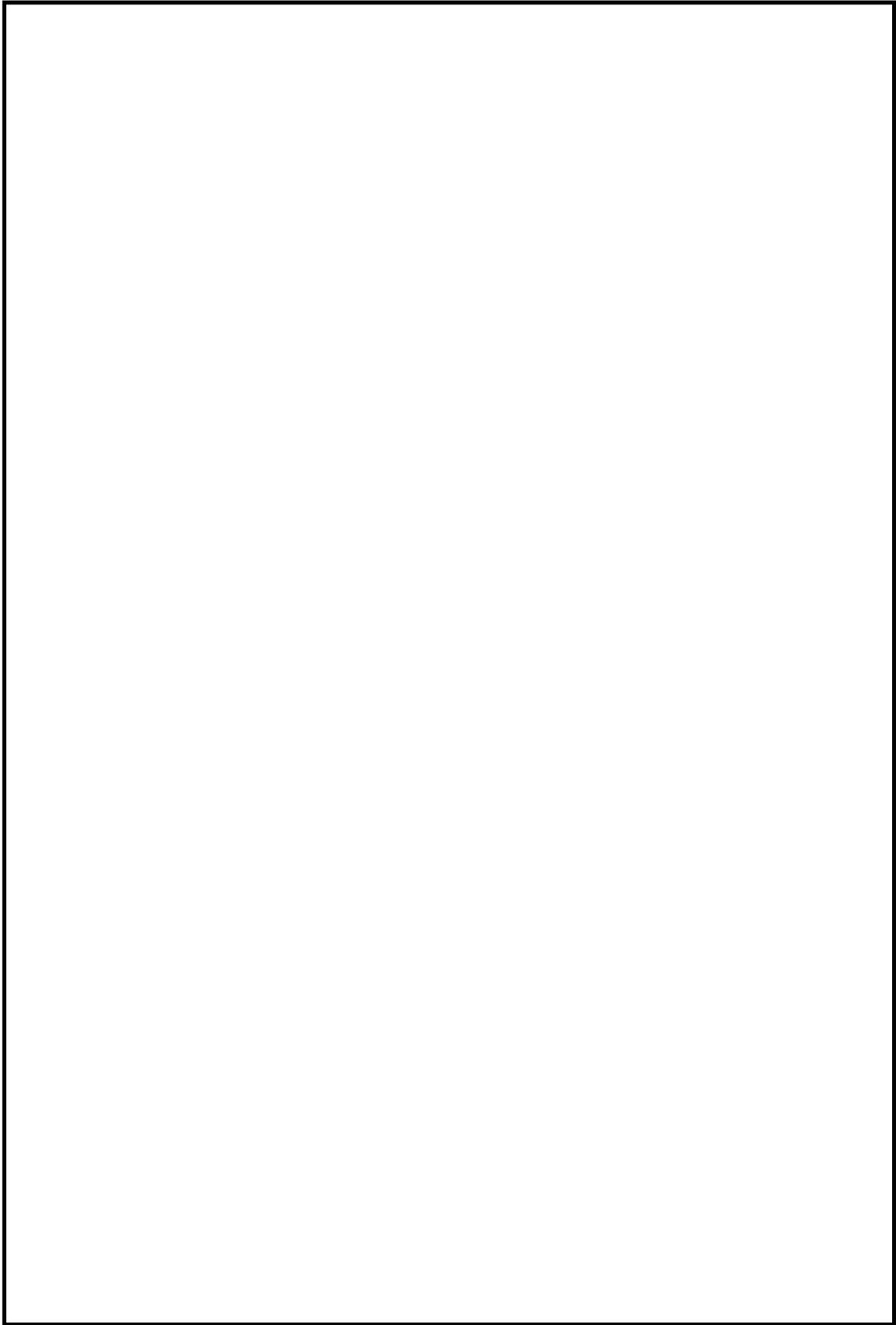
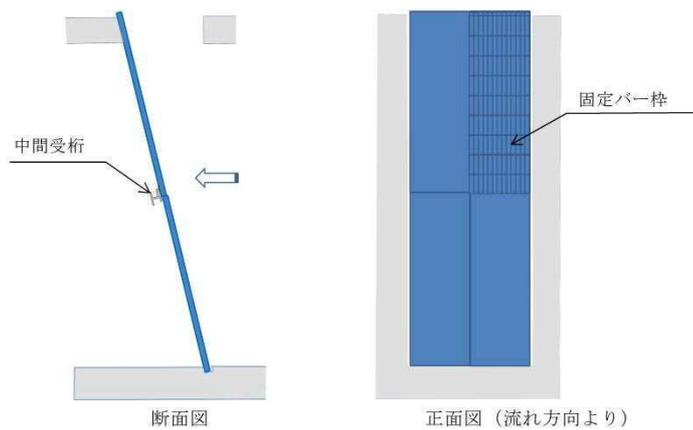
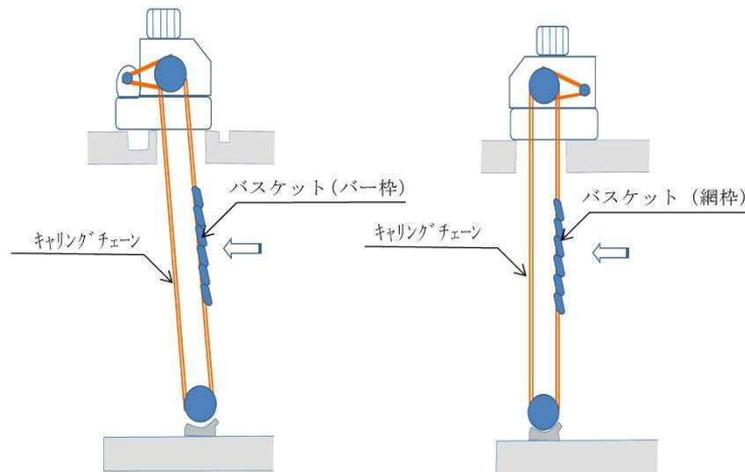


图 4.2-20 除塵装置配置图



(固定バースクリーン)



(回転レイキ付バースクリーン)

(トラベリングスクリーン)

図 4.2-21 除塵装置概略構造

(b) 評価内容

イ. 評価条件

- ・取水路内の津波流速は、取水路の管路解析により得られた取水口前面の流速である 1.5 m/s を適用する。
- ・取水路内流速 1.5 m/s において、除塵装置に生じる水位差（損失水頭）が設計水位差内に収まっていることを確認する。
- ・除塵装置に生じる水位差が設計水位差を超える場合には、構造部材の強度評価を実施する。

ロ. 評価結果

固定バースクリーンについては、設計水位差内であったが、回転レイキ付バースクリーン及びトラベリングスクリーンについては、設計水位差以上であった。

このため、回転レイキ付バースクリーン及びトラベリングスクリーンに対して、基準津波により生じる水位差によって発生する荷重又は応力を評価した。その結果、各

スクリーンの許容値以下であることを確認した。

以上の確認結果より、いずれの除塵装置においても基準津波によって破損することはないため、漂流物にならないため、取水性に影響を及ぼすものではないことを確認した。表 4.2-20 に除塵装置の取水性影響評価結果を示す。

表 4.2-20 流速 1.5 m/s 時の除塵装置の取水性影響確認結果

設備	部材	設計水位差	流速 1.5m/s 時の水位差	基準津波による水位差の際の発生値/許容値	判定
①固定バースクリーン	バースクリーン	0.5 m	0.2 m	—	○
	中間受桁	0.5 m	0.2 m	—	○
②回転レイキ付バースクリーン	キャリングチェーン	1.5 m	1.5 m	124 kN / 156 kN (張力/許容張力)	○
	バスケット(バー枠)	1.5 m	1.5 m	84 N/mm ² / 156 N/mm ² (発生応力/許容応力)	○
③トラベリングスクリーン	キャリングチェーン	1.5 m	2.0 m	138 kN / 156 kN (張力/許容張力)	○
	バスケット(網枠)	1.5 m	2.0 m	149 N/mm ² / 156 N/mm ² (発生応力/許容応力)	○

(参考 1) 漂流物の移動量算出の考え方について

漂流物調査の範囲は、漂流物が東海第二発電所へ到達する可能性がある距離から、東海第二発電所から半径約 5 km を範囲として設定している。漂流物が到達する可能性がある距離として、津波の流向及び流速とその継続時間から漂流物の移動量を算出している。漂流物の移動量算出の考え方の詳細について、以下に示す。

漂流物の移動量は、東海第二発電所周辺の海域の 18 箇所の抽出地点での流向及び流速より求める。図 1 に水位、流向及び流速の抽出地点を示す。

津波の流向が発電所の方向へ向かっている時に、漂流物が発電所に接近すると考え、取水口より北側の抽出地点では東から西への方向かつ北から南への方向の流向を抽出し、取水口より南側の抽出地点では東から西への方向かつ南から北への方向の流向を抽出して評価する。また、90° 方向については、東から西へ向かう方向の流向を抽出して評価する。図 2 に、各抽出地点において考慮する流向の範囲を示す。

流速については、発電所へ向かう流向が継続している間にも流速は刻々と変化しているが、保守的に最大流速が継続しているものと仮定する。

以上より、抽出された流向の継続時間と最大流速の積により漂流物の移動量を算出する。

各抽出地点における各々の抽出された流向について、同様に漂流物の移動量を算出し、最大となった値をその抽出地点の漂流物の移動量とする。

抽出地点 (1 km, 90°) (防波堤あり) においては、8 箇所で東から西へ向かう流向となる。これらの抽出された流向のうち、継続時間 37.2 分、最大流速 1.6 m/s の時に移動量が最大となり、移動量は 3.6 km (3572 m) となる。図 3 に抽出地点 (1 km, 90°) (防波堤あり) における漂流物の移動量の算出の考え方を示す。

抽出地点 (3 km, 150°) (防波堤なし) においては、11 箇所で東から西かつ南から北へ向かう流向となる。これらの抽出された流向のうち、継続時間 9.9 分、最大流速 5.2 m/s の時に移動量が最大となり、移動量は 3.1 km (3089 m) となる。図 4 に抽出地点 (3 km, 150°) (防波堤なし) における漂流物の移動量の算出の考え方を示す。

他の抽出地点においても同様に漂流物の移動量を算出する。表 1 に、各抽出地点における漂流物の移動量の算出結果を示す。

また、図 5-1 から図 16-3 に各抽出地点における水位、流速及び流向の時刻歴を示す。

表 1 各抽出地点における漂流物の移動量
(防波堤ありの場合)

抽出地点	30 °	60 °	90 °	120 °	150 °	180 °
1 km	206 m	510 m	3572 m	1275 m	2099 m	2278 m
3 km	170 m	1131 m	1772 m	22 m	1014 m	1512 m
5 km	429 m	572 m	1575 m	644 m	610 m	1422 m

(防波堤なしの場合)

抽出地点	30 °	60 °	90 °	120 °	150 °	180 °
1 km	461 m	792 m	1449 m	1268 m	1155 m	1710 m
3 km	445 m	857 m	1772 m	1556 m	3089 m	10 m
5 km	1232 m	1063 m	1575 m	1575 m	1470 m	1617 m

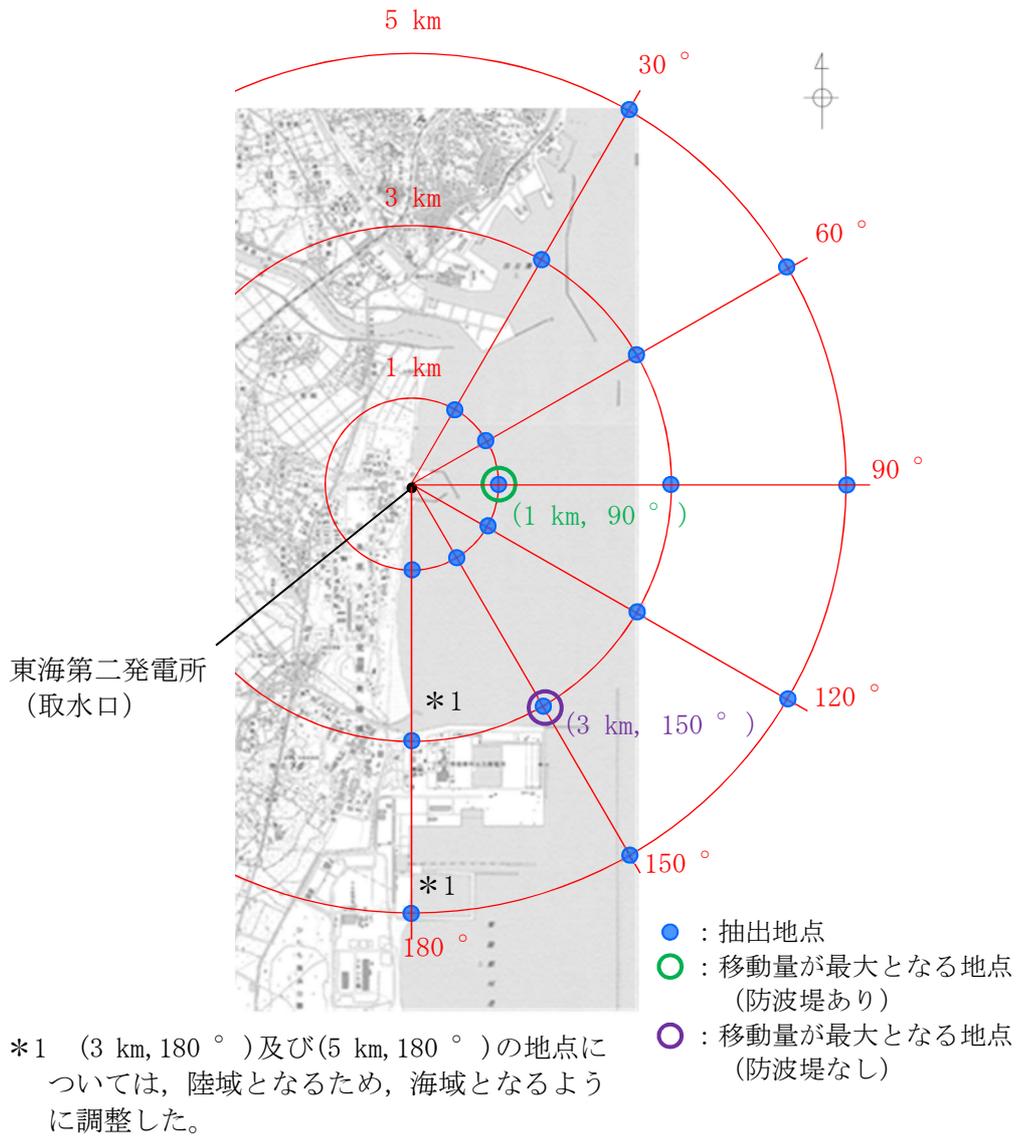


図1 水位，流向，流速の抽出地点

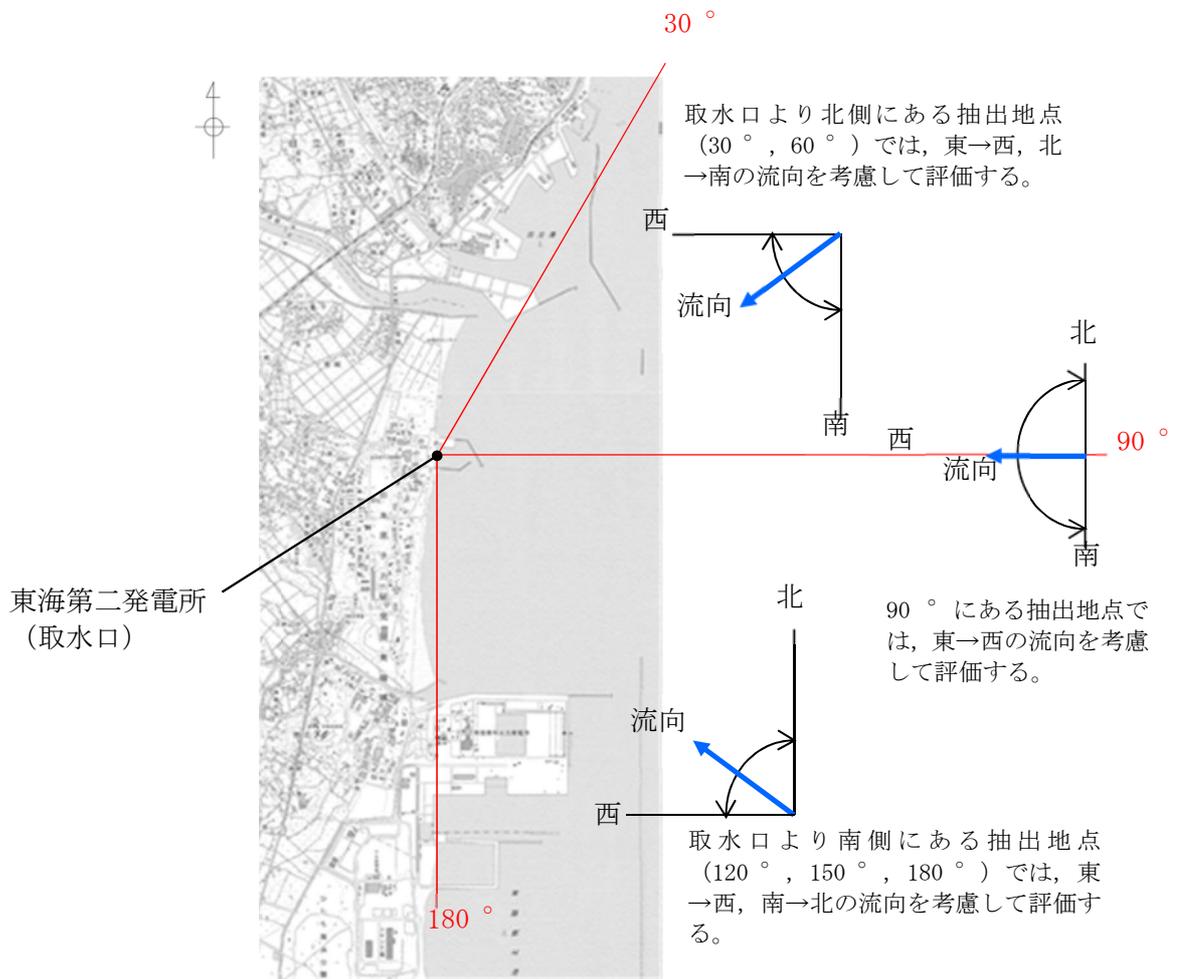
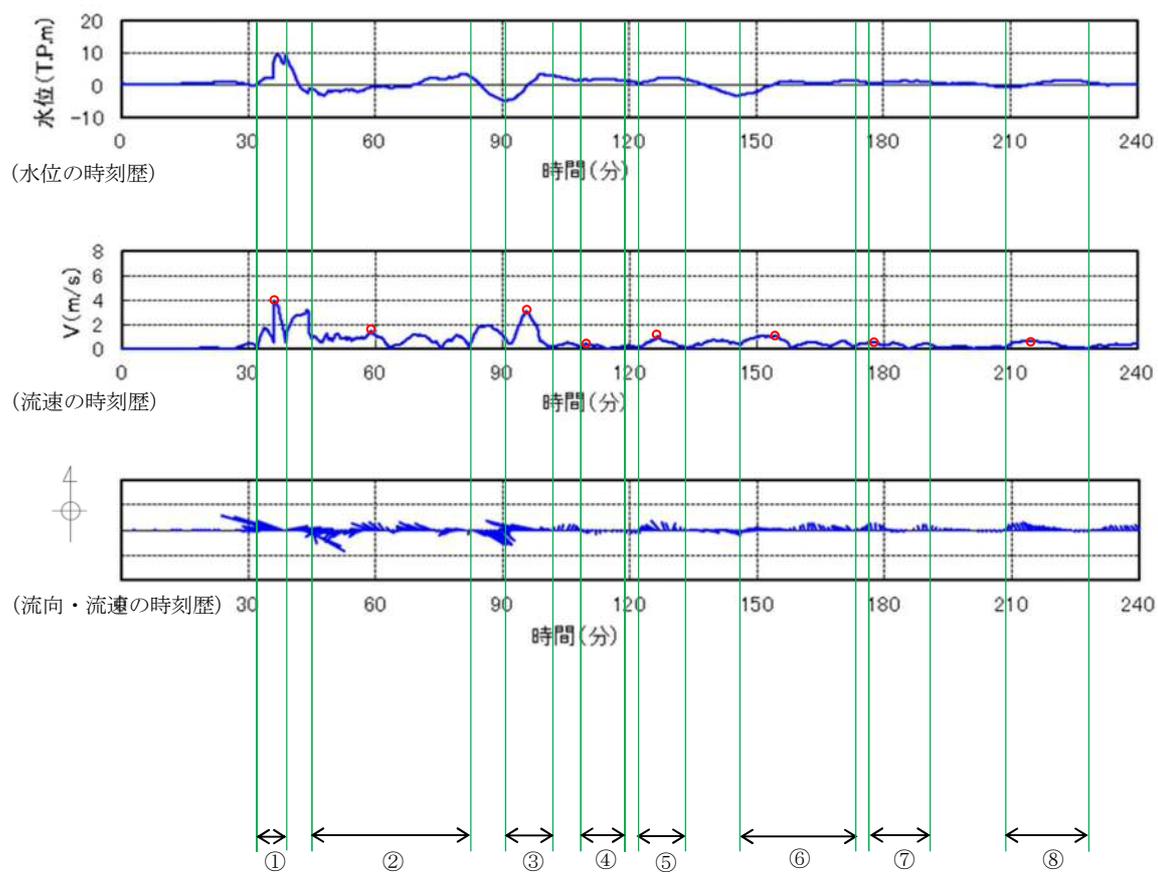
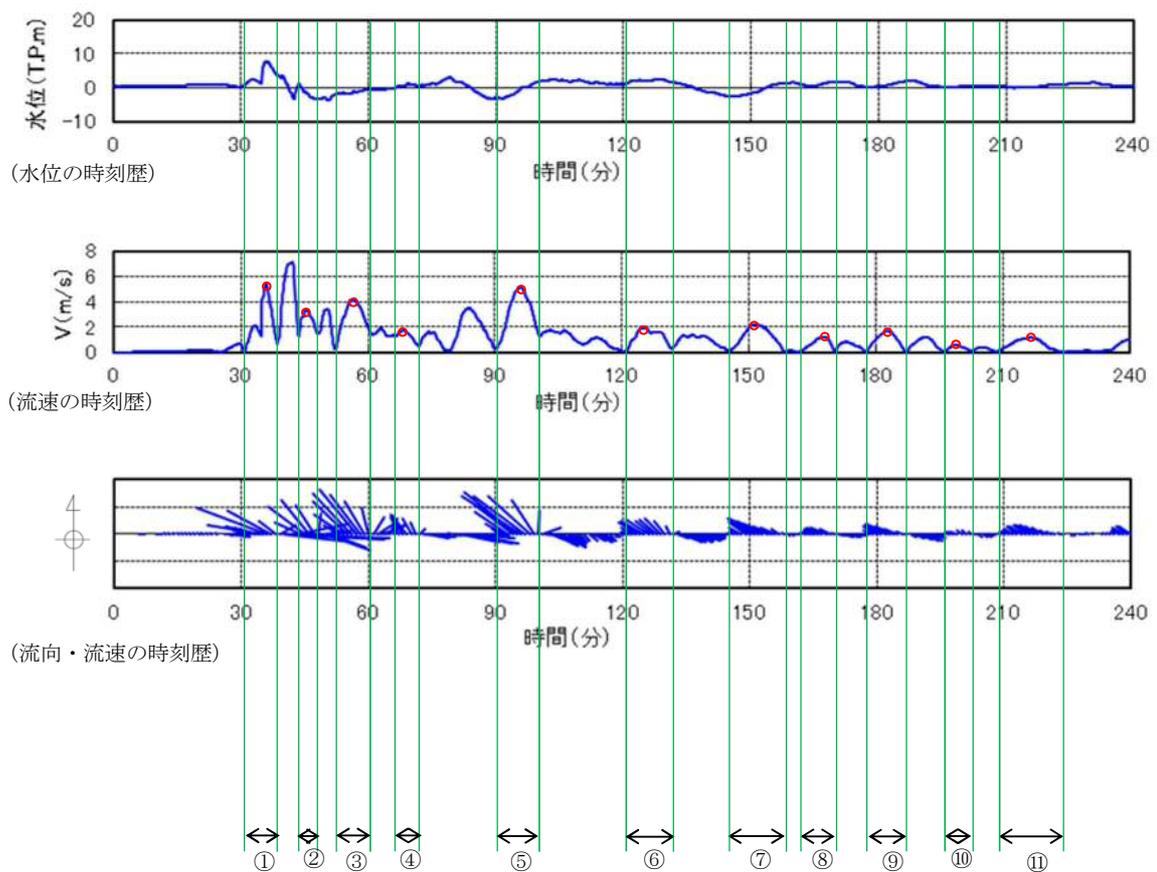


図2 時系列データの抽出地点において考慮する流向の範囲



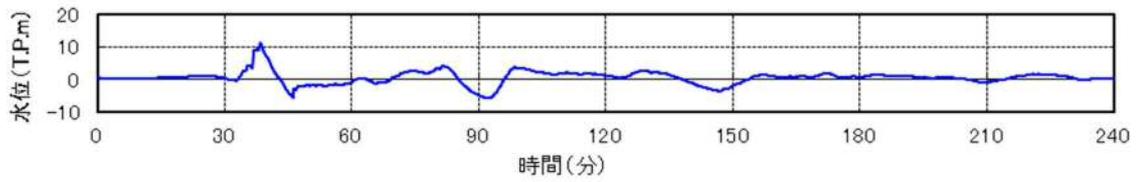
	(継続時間)	×	(最大流速)	=	(移動量)
①	6.9 [分]	×	4.0 [m/s] × 60	=	1656 [m] → 1.7 [km]
②	<u>37.2 [分]</u>	×	<u>1.6 [m/s] × 60</u>	=	<u>3572 [m] → 3.6 [km]</u>
③	10.8 [分]	×	3.1 [m/s] × 60	=	2009 [m] → 2.1 [km]
④	10.9 [分]	×	0.5 [m/s] × 60	=	327 [m] → 0.4 [km]
⑤	11.1 [分]	×	1.1 [m/s] × 60	=	733 [m] → 0.8 [km]
⑥	26.9 [分]	×	1.1 [m/s] × 60	=	1776 [m] → 1.8 [km]
⑦	14.5 [分]	×	0.6 [m/s] × 60	=	522 [m] → 0.6 [km]
⑧	19.1 [分]	×	0.8 [m/s] × 60	=	917 [m] → 1.0 [km]

図3 抽出地点 (1 km, 90 °) (防波堤あり) における漂流物の移動量の算出の考え方

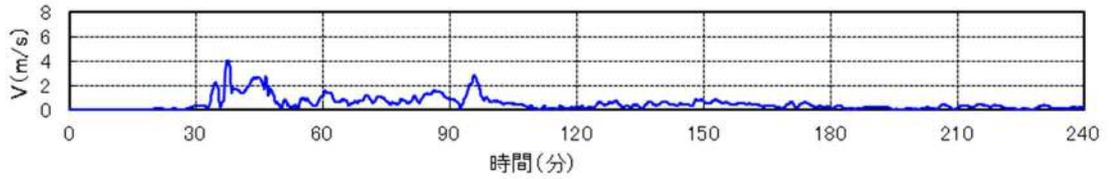


	(継続時間)	×	(最大流速)	=	(移動量)
①	7.9 [分]	×	5.5 [m/s] × 60	=	2607 [m] → 2.7 [km]
②	4.5 [分]	×	3.4 [m/s] × 60	=	918 [m] → 1.0 [km]
③	8.3 [分]	×	4.3 [m/s] × 60	=	2142 [m] → 2.2 [km]
④	5.7 [分]	×	1.8 [m/s] × 60	=	616 [m] → 0.7 [km]
⑤	<u>9.9 [分]</u>	×	<u>5.2 [m/s] × 60</u>	=	<u>3089 [m] → 3.1 [km]</u>
⑥	10.5 [分]	×	2.0 [m/s] × 60	=	1260 [m] → 1.3 [km]
⑦	13.4 [分]	×	2.2 [m/s] × 60	=	1769 [m] → 1.8 [km]
⑧	8.8 [分]	×	1.3 [m/s] × 60	=	687 [m] → 0.7 [km]
⑨	9.5 [分]	×	1.7 [m/s] × 60	=	969 [m] → 1.0 [km]
⑩	6.1 [分]	×	0.7 [m/s] × 60	=	257 [m] → 0.3 [km]
⑪	15.6 [分]	×	1.2 [m/s] × 60	=	1124 [m] → 1.2 [km]

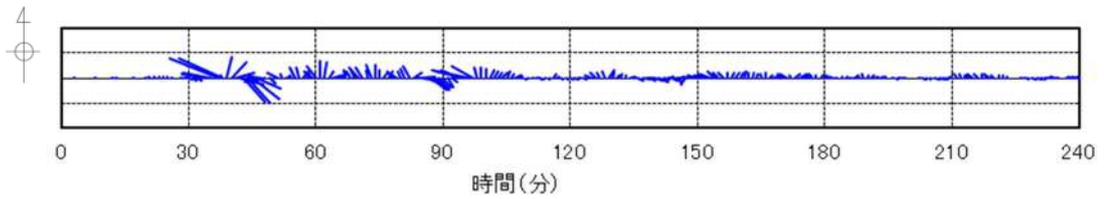
図4 抽出地点 (3 km, 150°) (防波堤なし) における漂流物の移動量の算出の考え方



(水位の時刻歴)

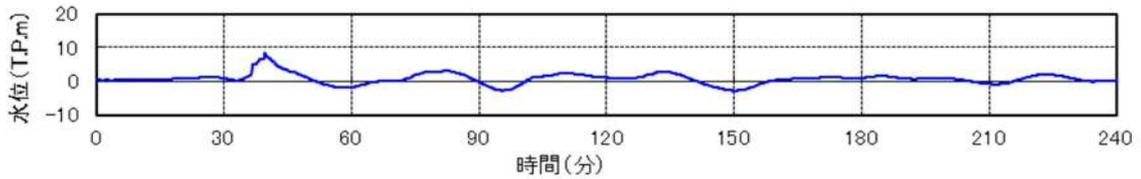


(流速の時刻歴)

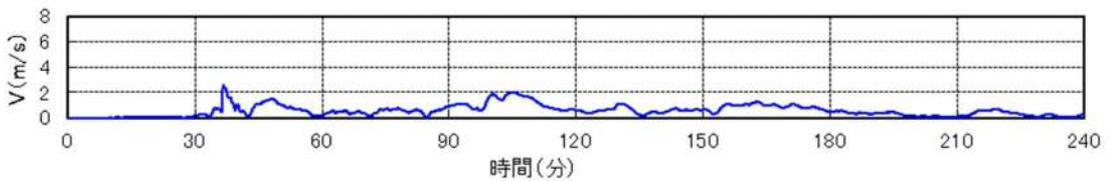


(流向・流速の時刻歴)

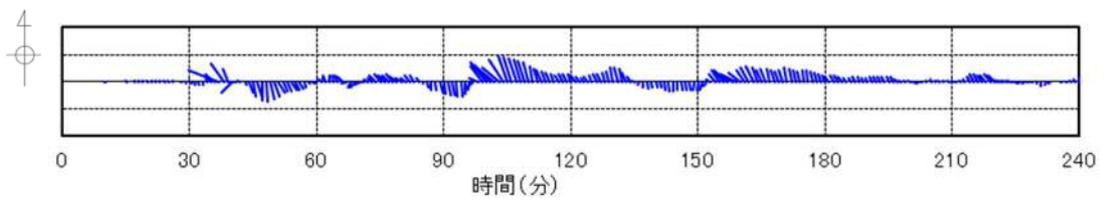
図 5-1 抽出地点 (1 km, 30 °) (防波堤あり)
の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)



(流速の時刻歴)



(流向・流速の時刻歴)

図 5-2 抽出地点 (3 km, 30 °) (防波堤あり)
の水位, 流速及び流向

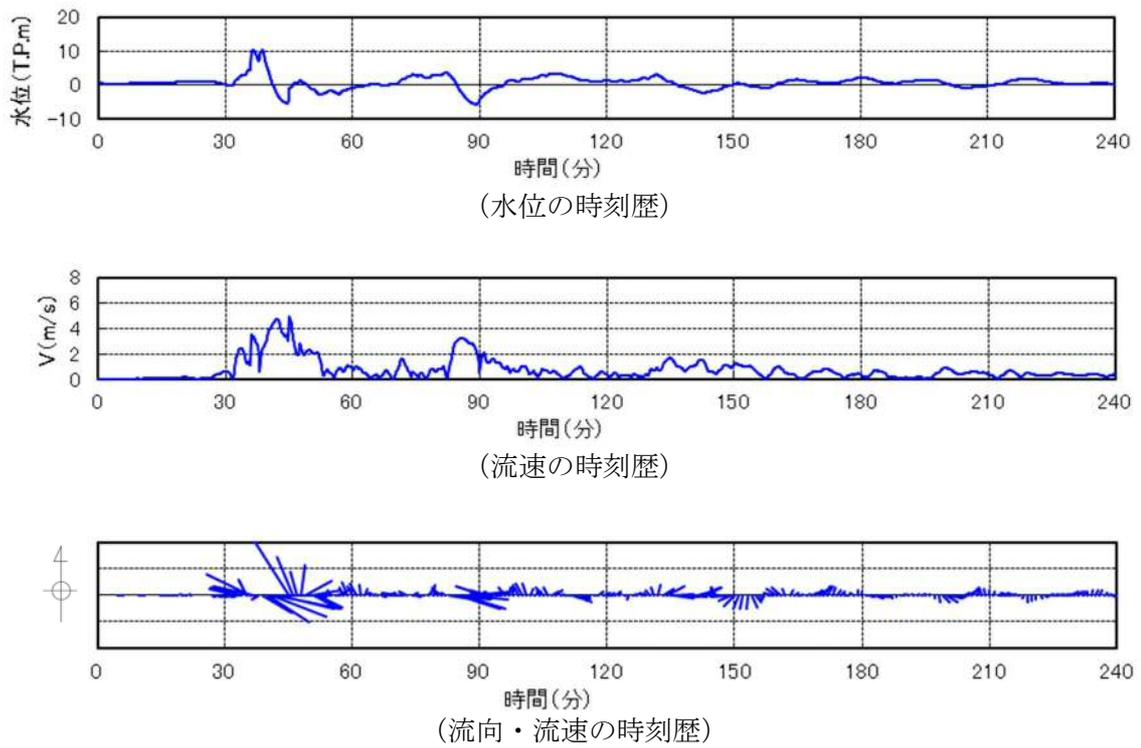


図 5-3 抽出地点 (5 km, 30 °) (防波堤あり)
の水位, 流速及び流向

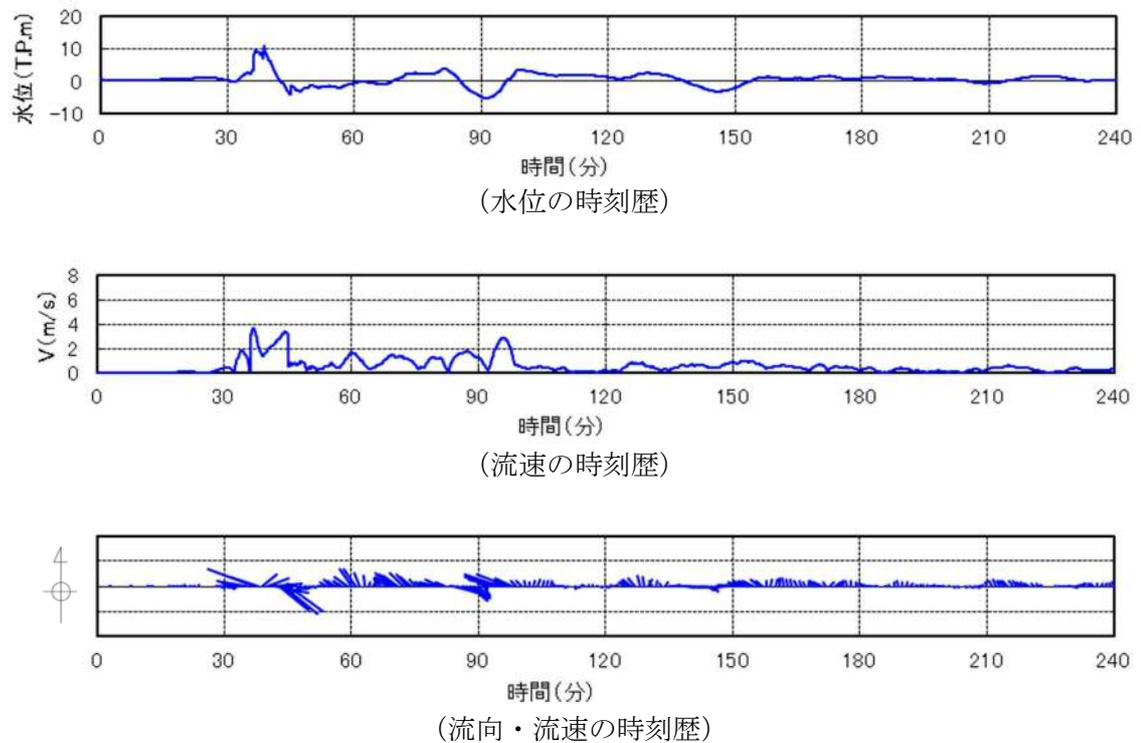
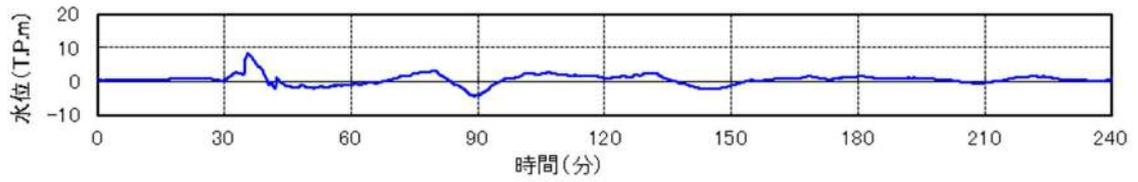
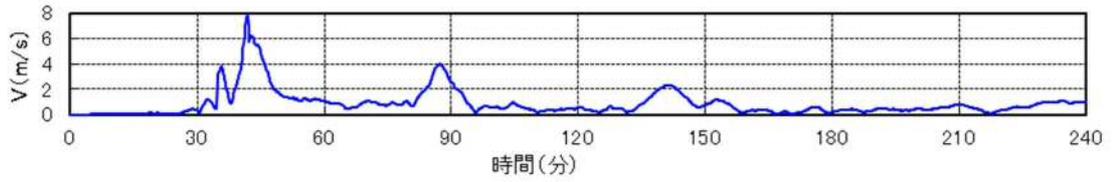


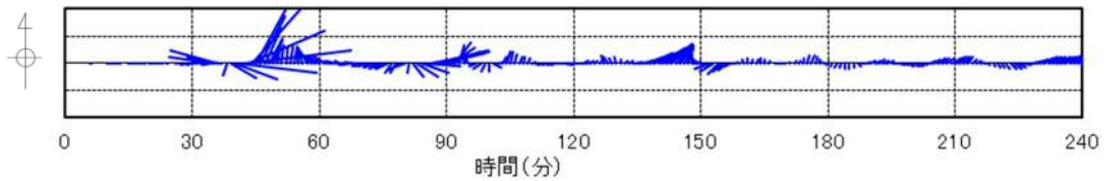
図 6-1 抽出地点 (1 km, 60 °) (防波堤あり)
の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

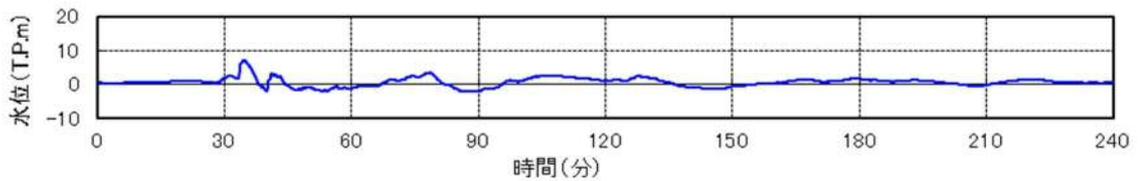


(流速の時刻歴)

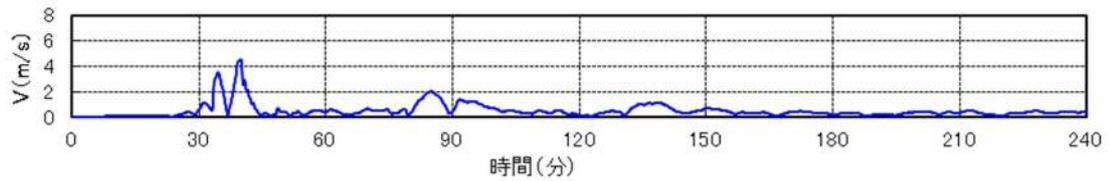


(流向・流速の時刻歴)

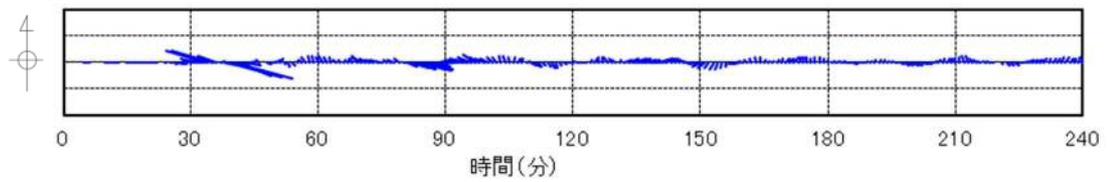
図 6-2 抽出地点 (3 km, 60°) (防波堤あり)
の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

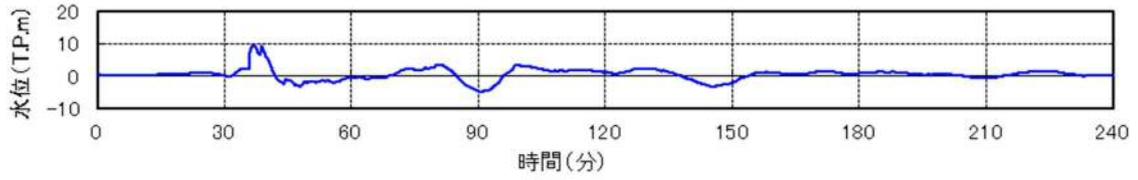


(流速の時刻歴)

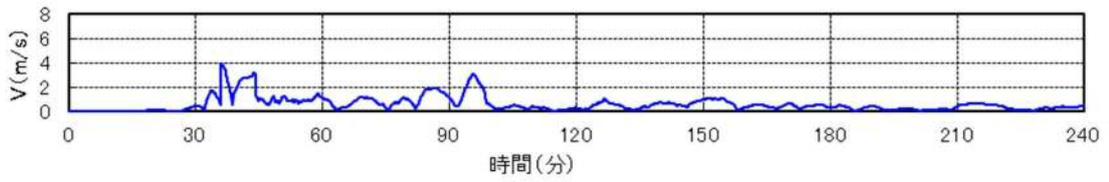


(流向・流速の時刻歴)

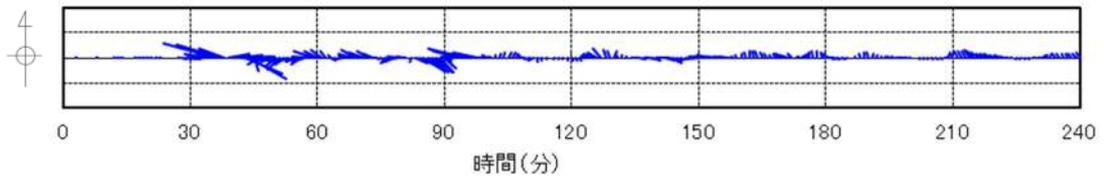
図 6-3 抽出地点 (5 km, 60°) (防波堤あり)
の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

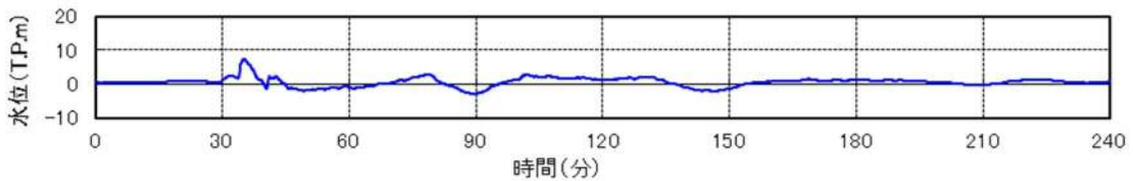


(流速の時刻歴)

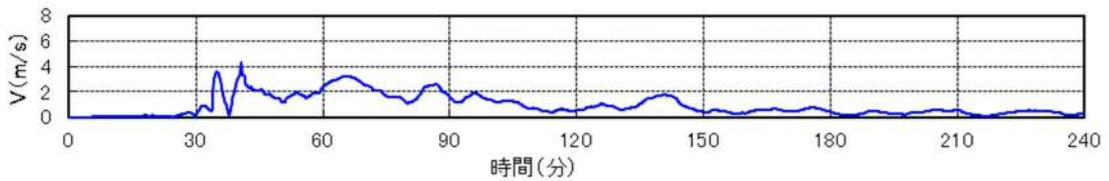


(流向・流速の時刻歴)

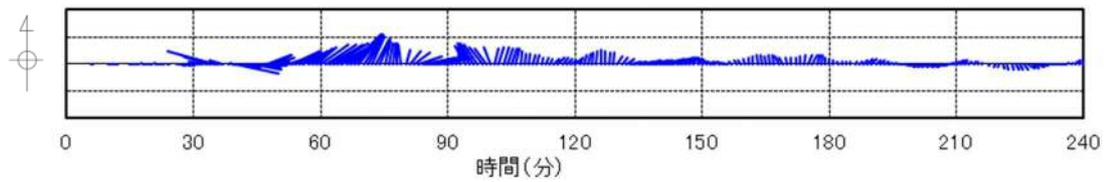
図 7-1 抽出地点 (1 km, 90°) (防波堤あり)
の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)



(流速の時刻歴)



(流向・流速の時刻歴)

図 7-2 抽出地点 (3 km, 90°) (防波堤あり)
の水位, 流速及び流向

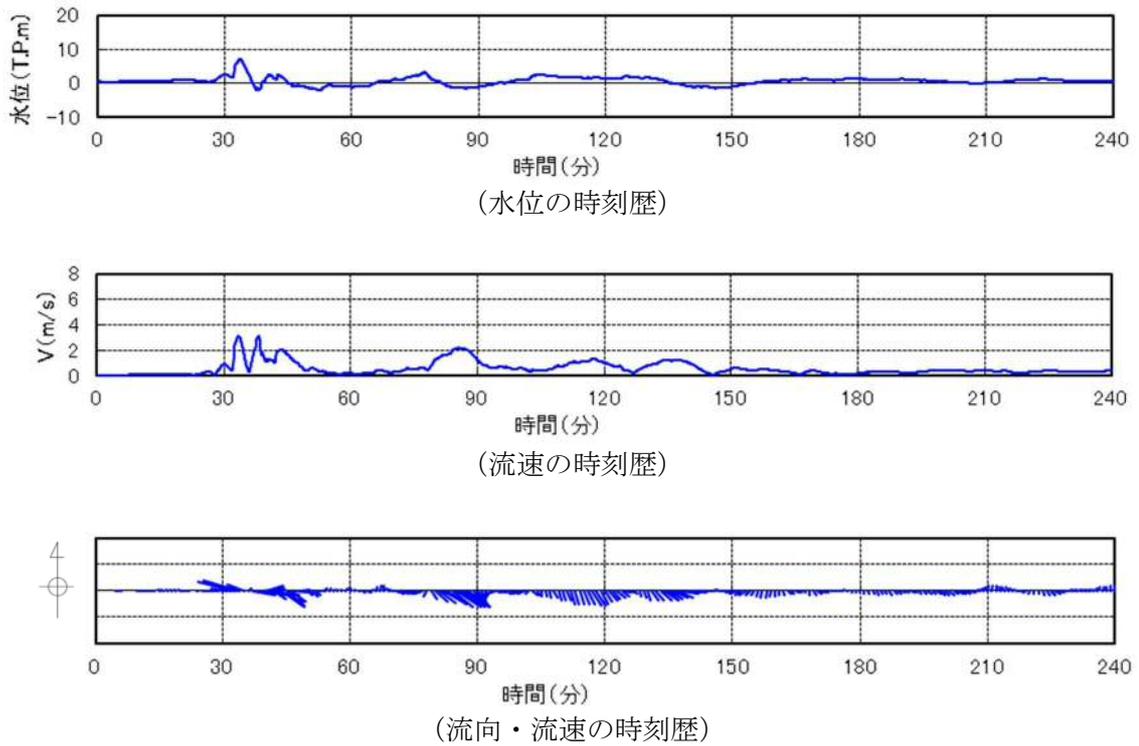


図 7-3 抽出地点 (5 km, 90 °) (防波堤あり)
の水位, 流速及び流向

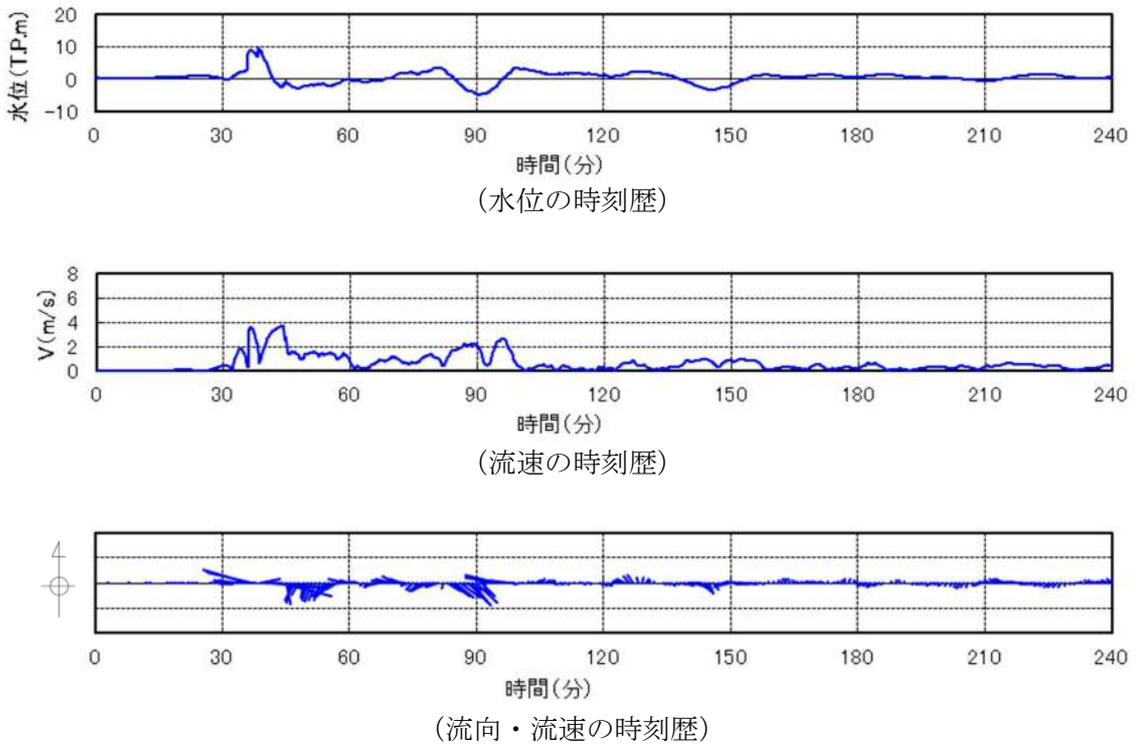


図 8-1 抽出地点 (1 km, 120 °) (防波堤あり)
の水位, 流速及び流向

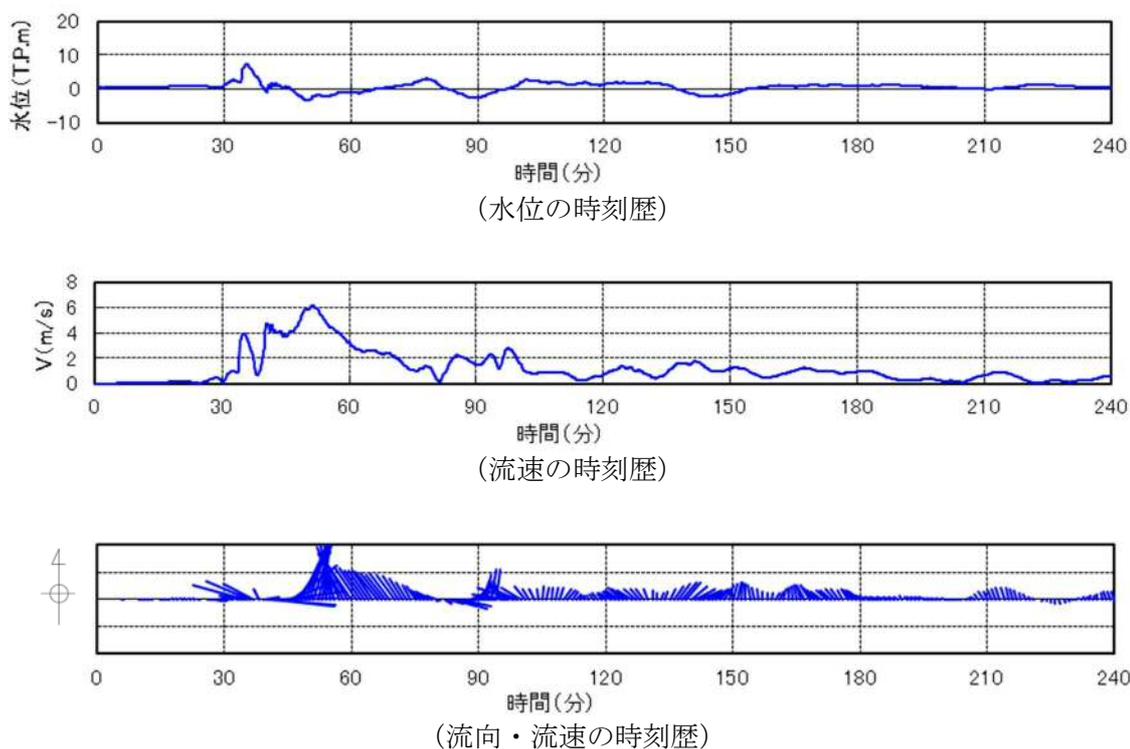


図 8-2 抽出地点 (3 km, 120 °) (防波堤あり)
の水位, 流速及び流向

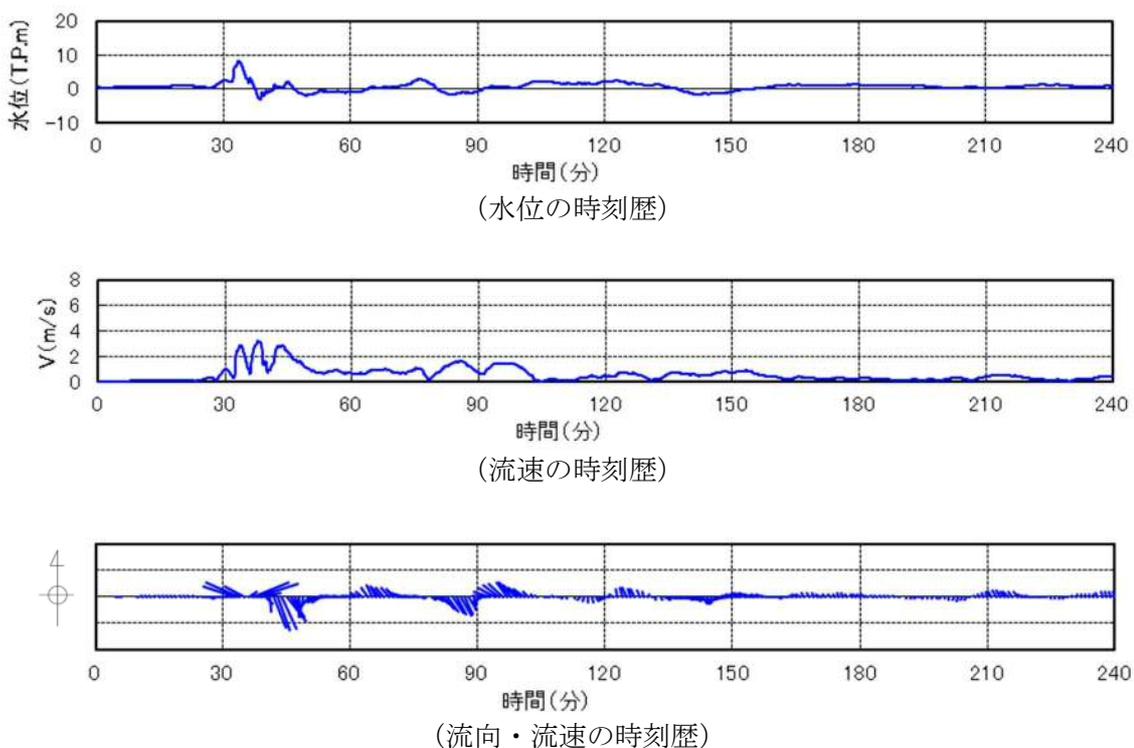


図 8-3 抽出地点 (5 km, 120 °) (防波堤あり)
の水位, 流速及び流向

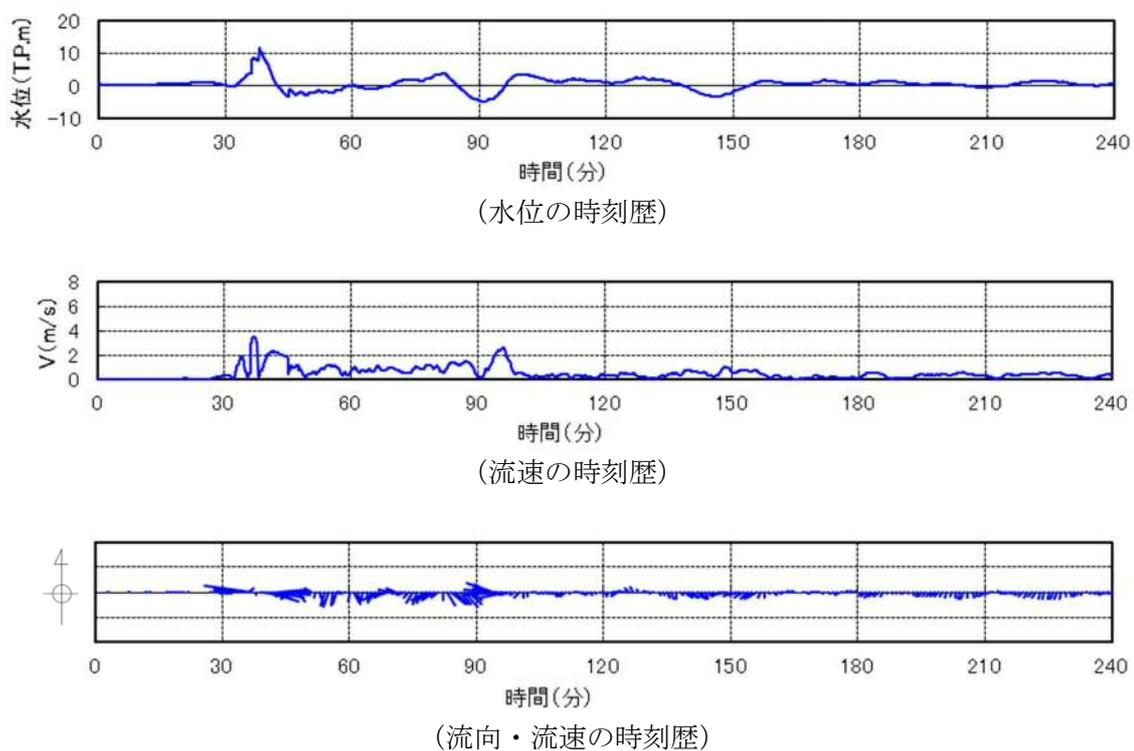


図 9-1 抽出地点 (1 km, 150 °) (防波堤あり)
の水位, 流速及び流向

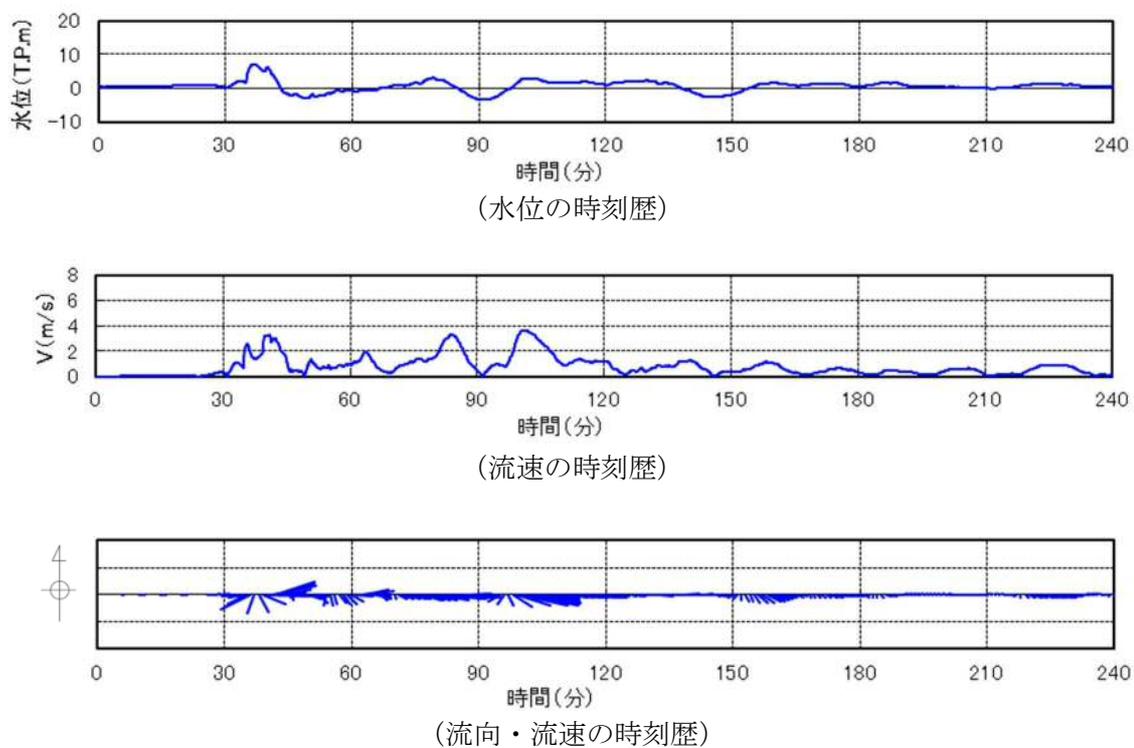


図 9-2 抽出地点 (3 km, 150 °) (防波堤あり)
の水位, 流速及び流向

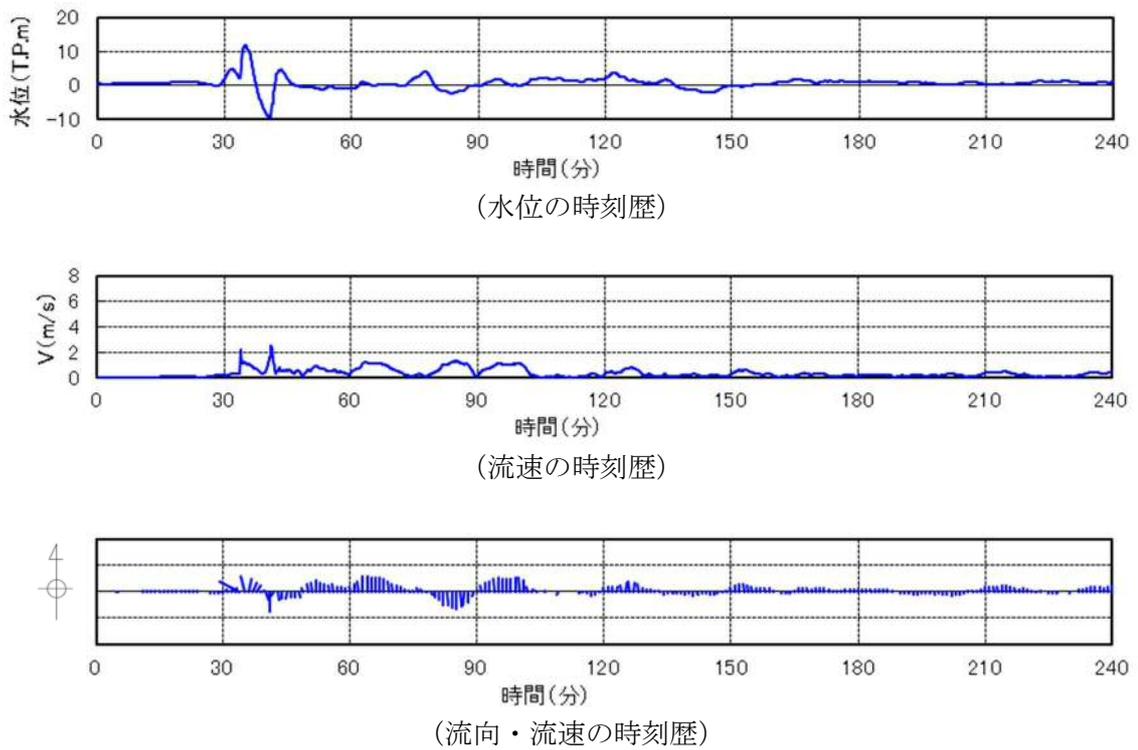


図 9-3 抽出地点 (5 km, 150 °) (防波堤あり)
の水位, 流速及び流向

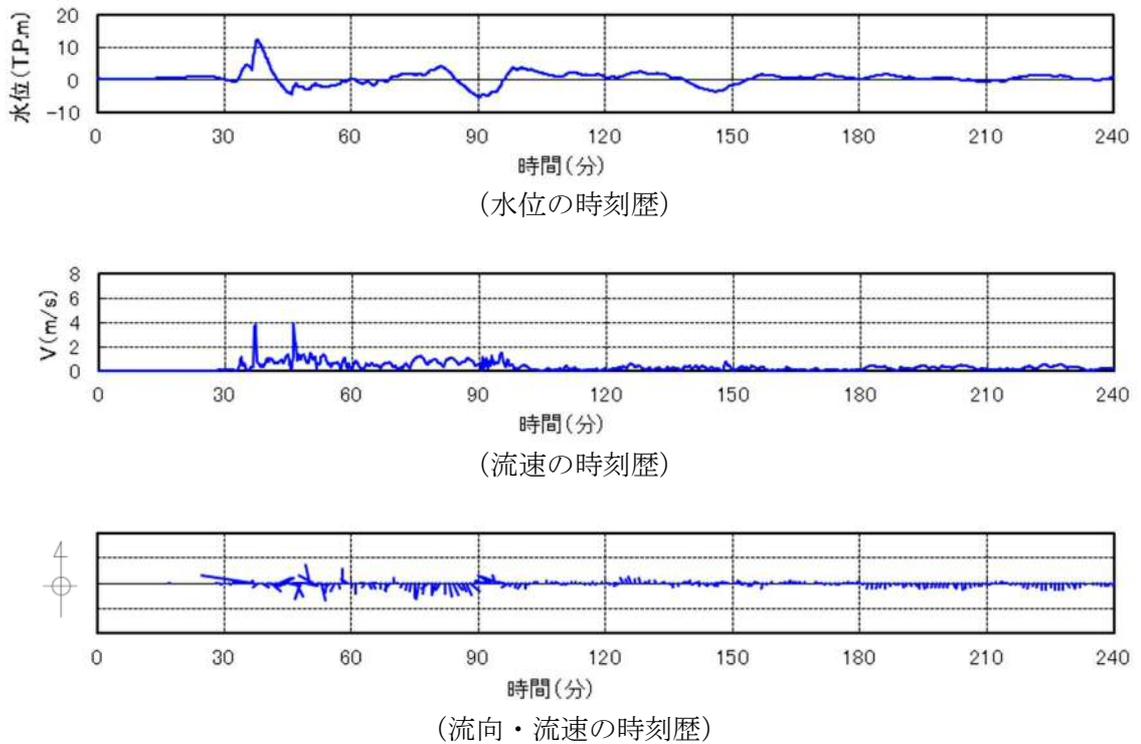


図 10-1 抽出地点 (1 km, 180 °) (防波堤あり)
の水位, 流速及び流向

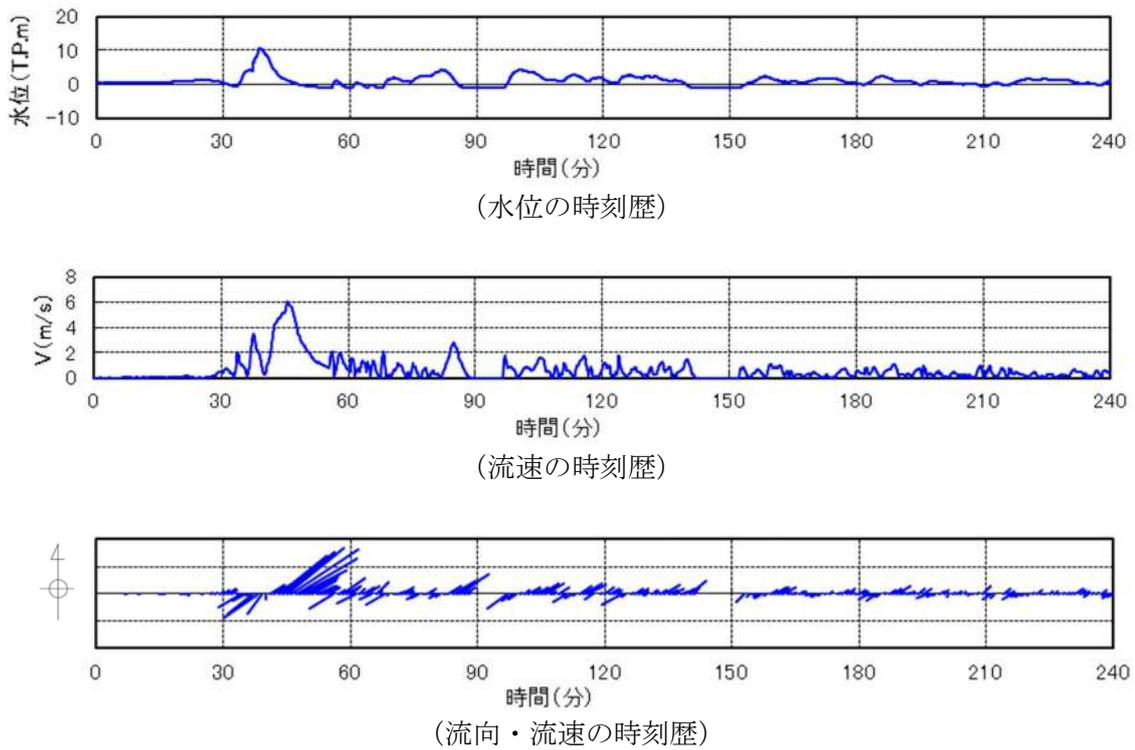


図 10-2 抽出地点 (3 km, 180 °) (防波堤あり)
の水位, 流速及び流向

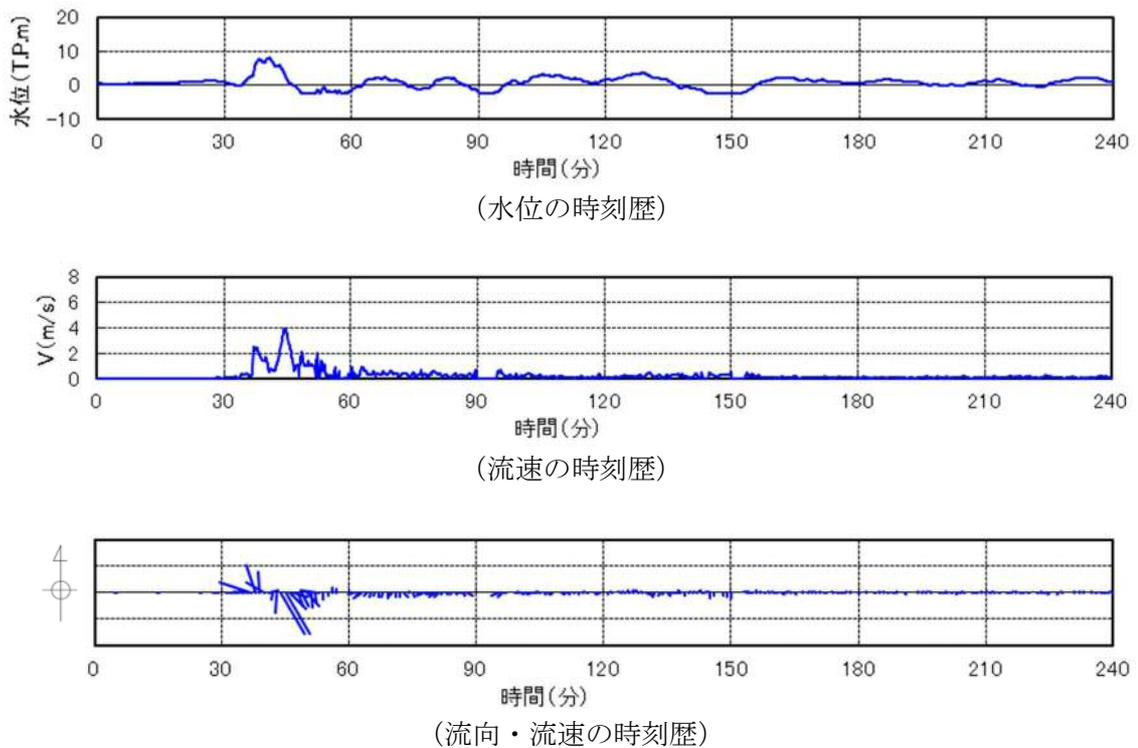


図 10-3 抽出地点 (5 km, 180 °) (防波堤あり)
の水位, 流速及び流向

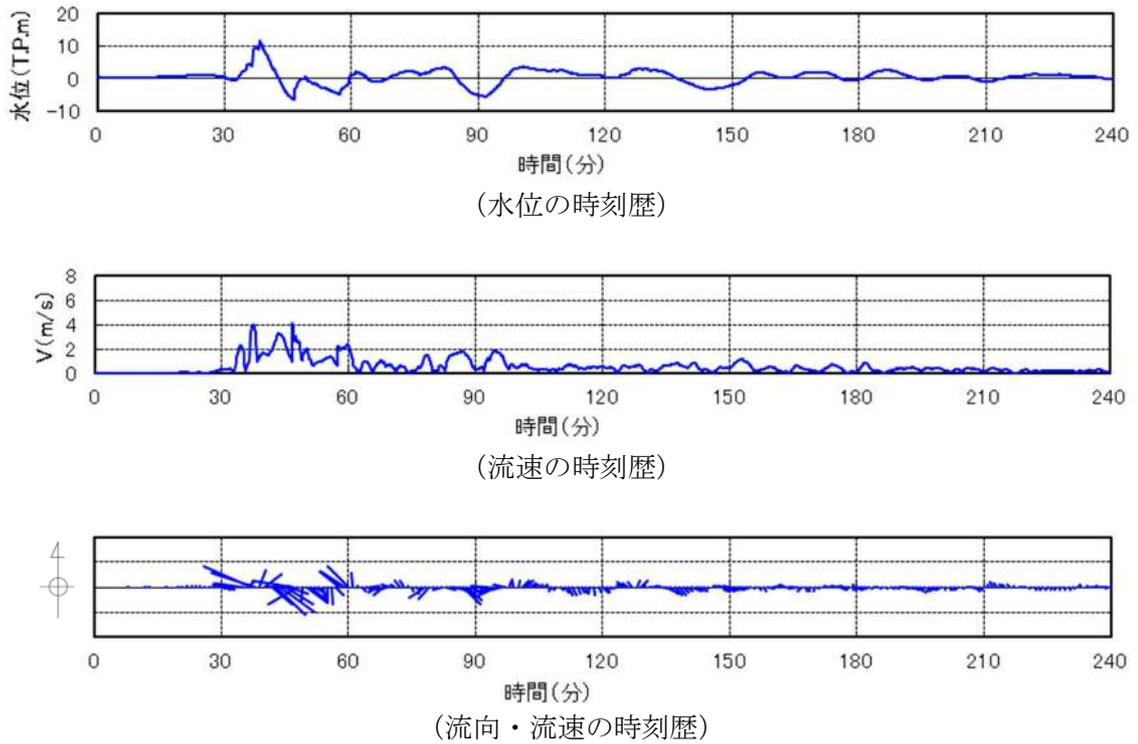


図 11-1 抽出地点 (1 km, 30 °) (防波堤なし)
の水位, 流速及び流向

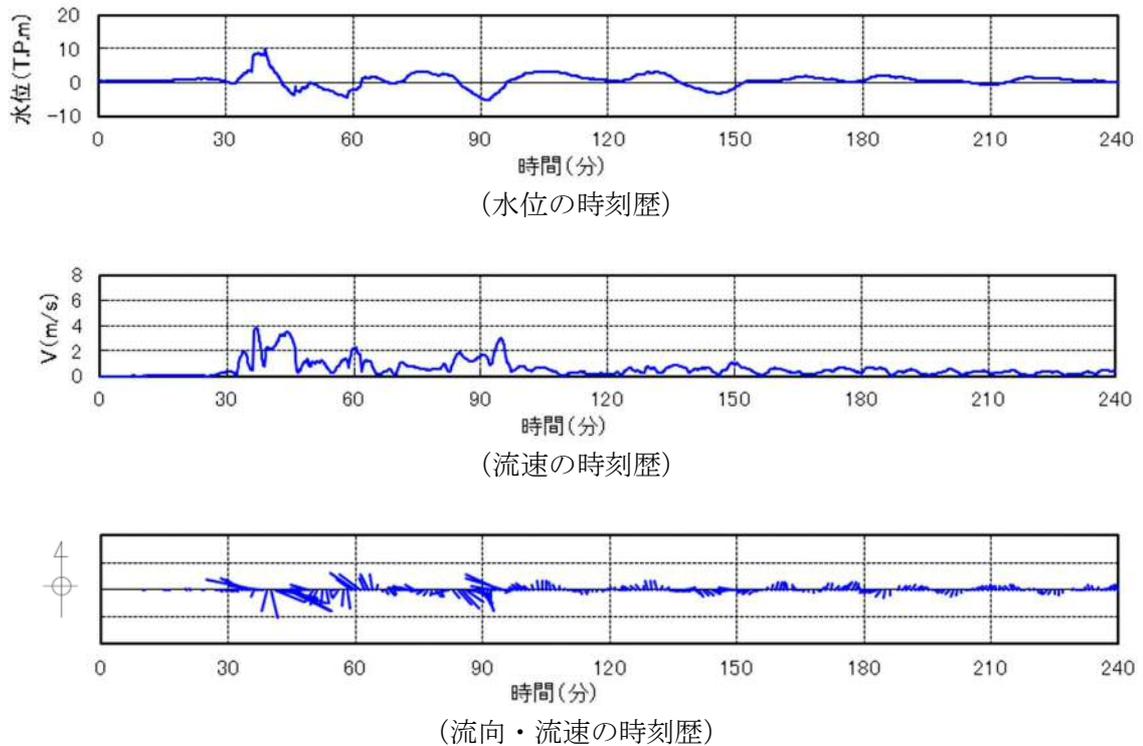


図 11-2 抽出地点 (3 km, 30 °) (防波堤なし)
の水位, 流速及び流向

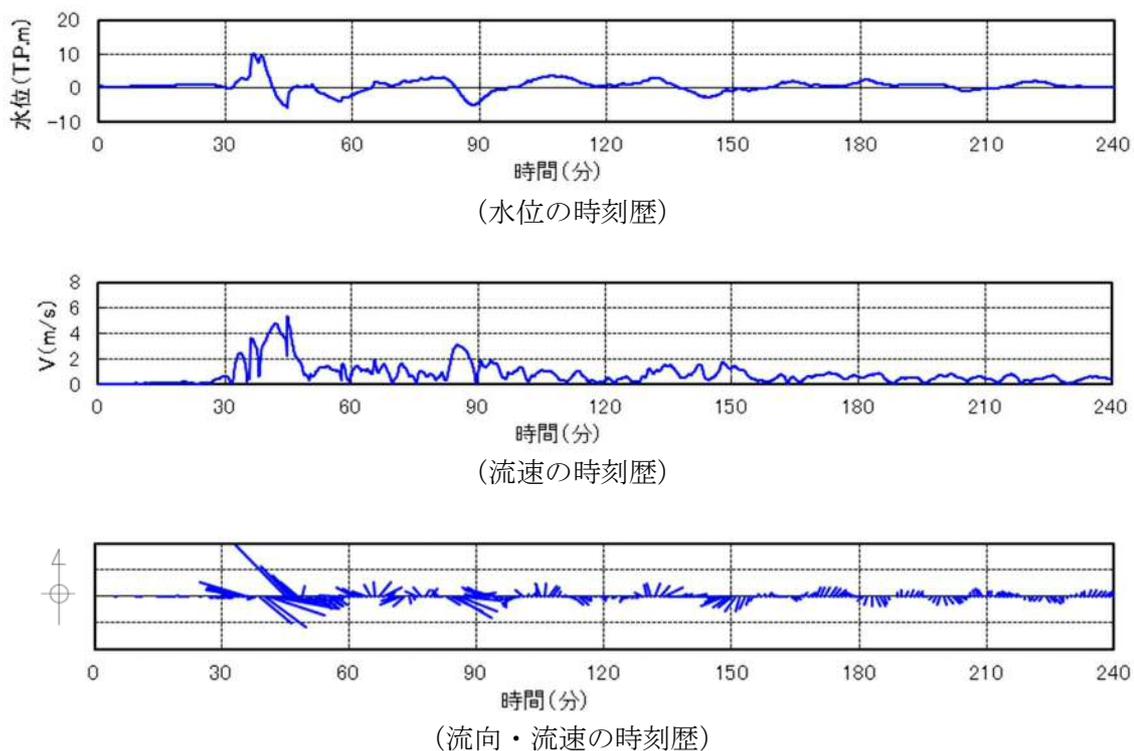


図 11-3 抽出地点 (5 km, 30 °) (防波堤なし)
の水位, 流速及び流向

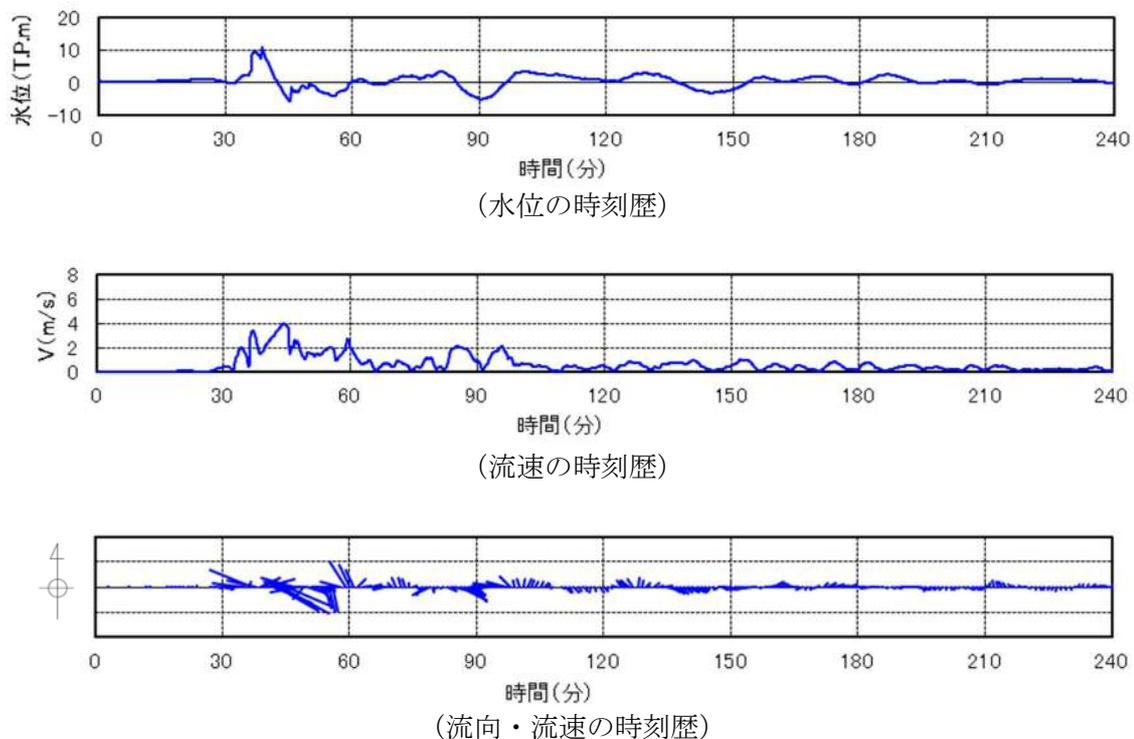


図 12-1 抽出地点 (1 km, 60 °) (防波堤なし)
の水位, 流速及び流向

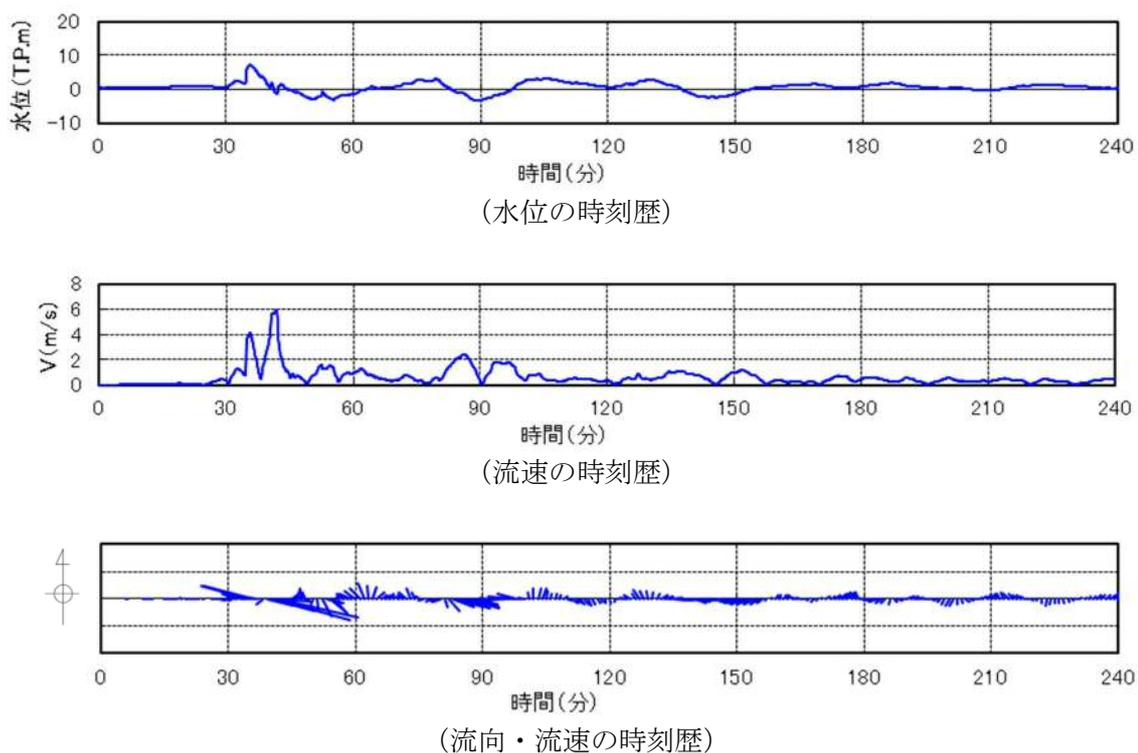


図 12-2 抽出地点 (3 km, 60 °) (防波堤なし)
の水位, 流速及び流向

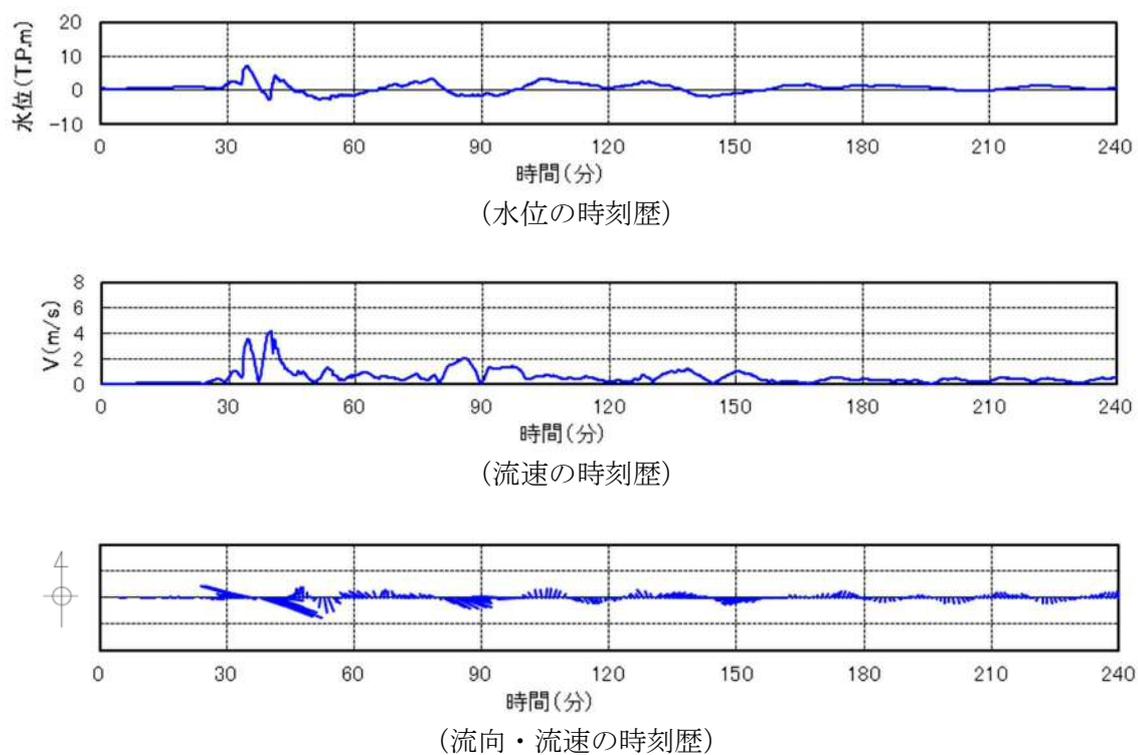
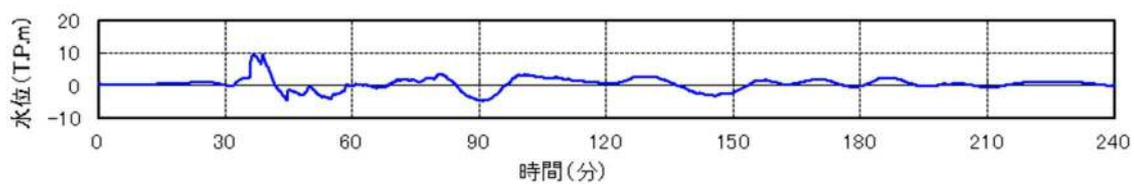
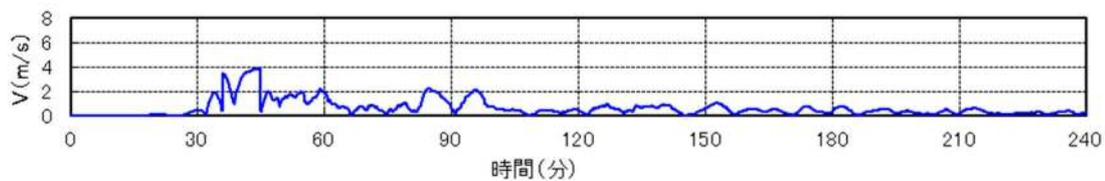


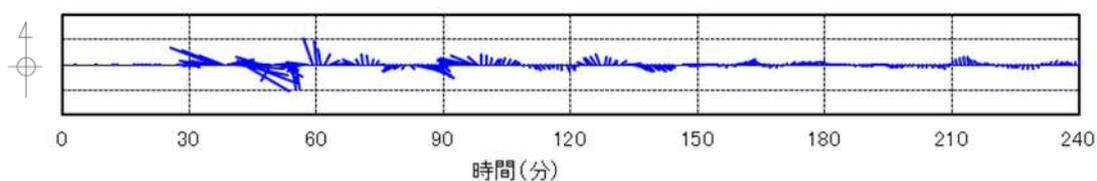
図 12-3 抽出地点 (5 km, 60 °) (防波堤なし)
の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

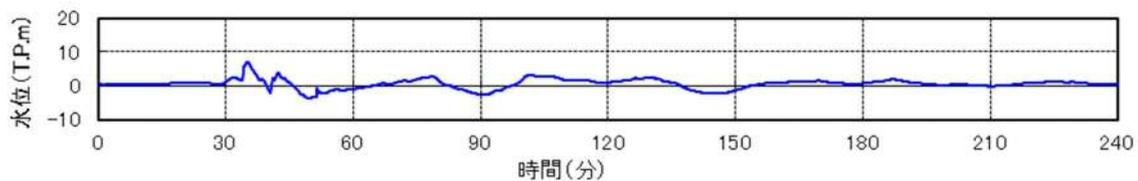


(流速の時刻歴)

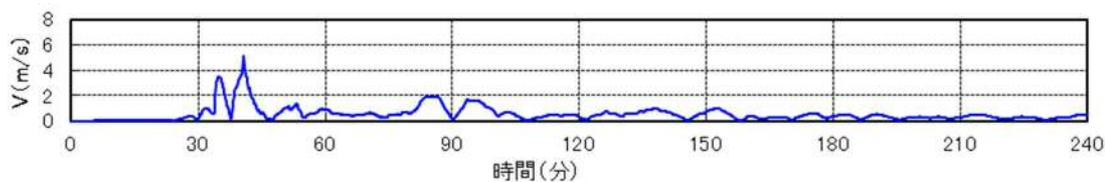


(流向・流速の時刻歴)

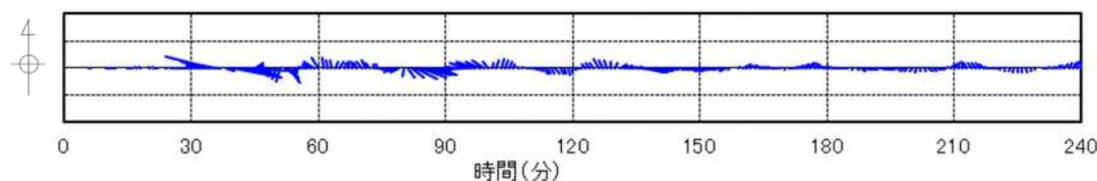
図 13-1 抽出地点 (1 km, 90 °) (防波堤なし)
の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)



(流速の時刻歴)



(流向・流速の時刻歴)

図 13-2 抽出地点 (3 km, 90 °) (防波堤なし)
の水位, 流速及び流向

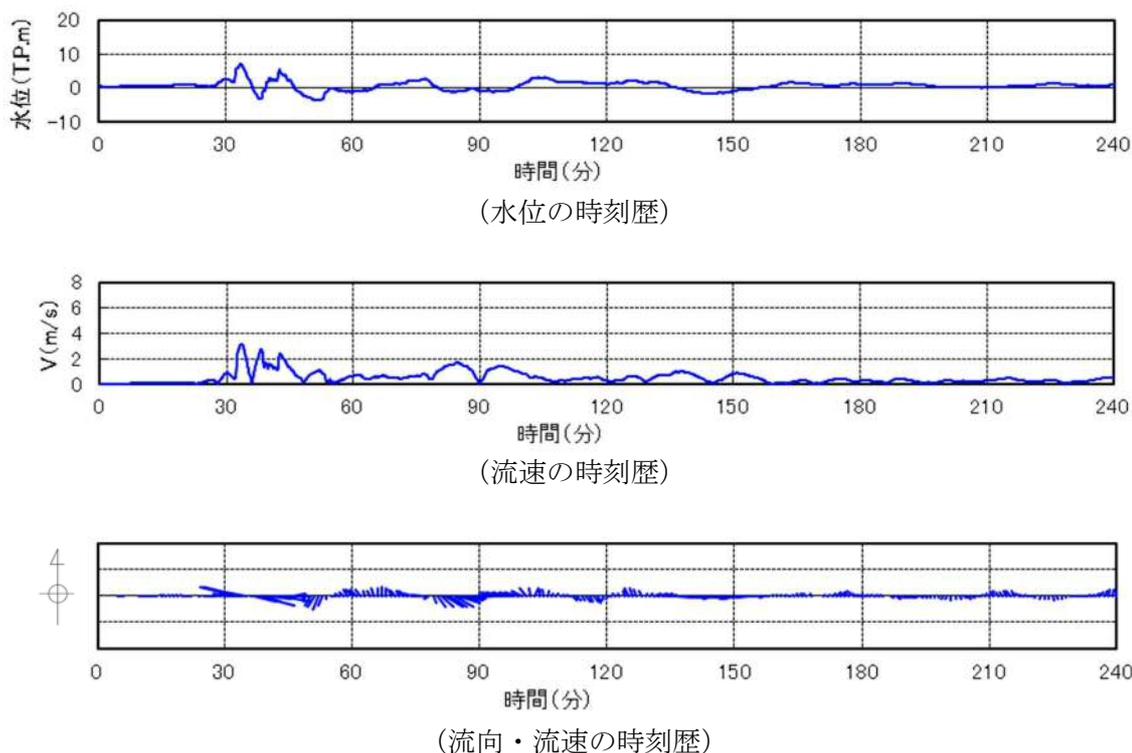


図 13-3 抽出地点 (5 km, 90 °) (防波堤なし) の水位, 流速及び流向

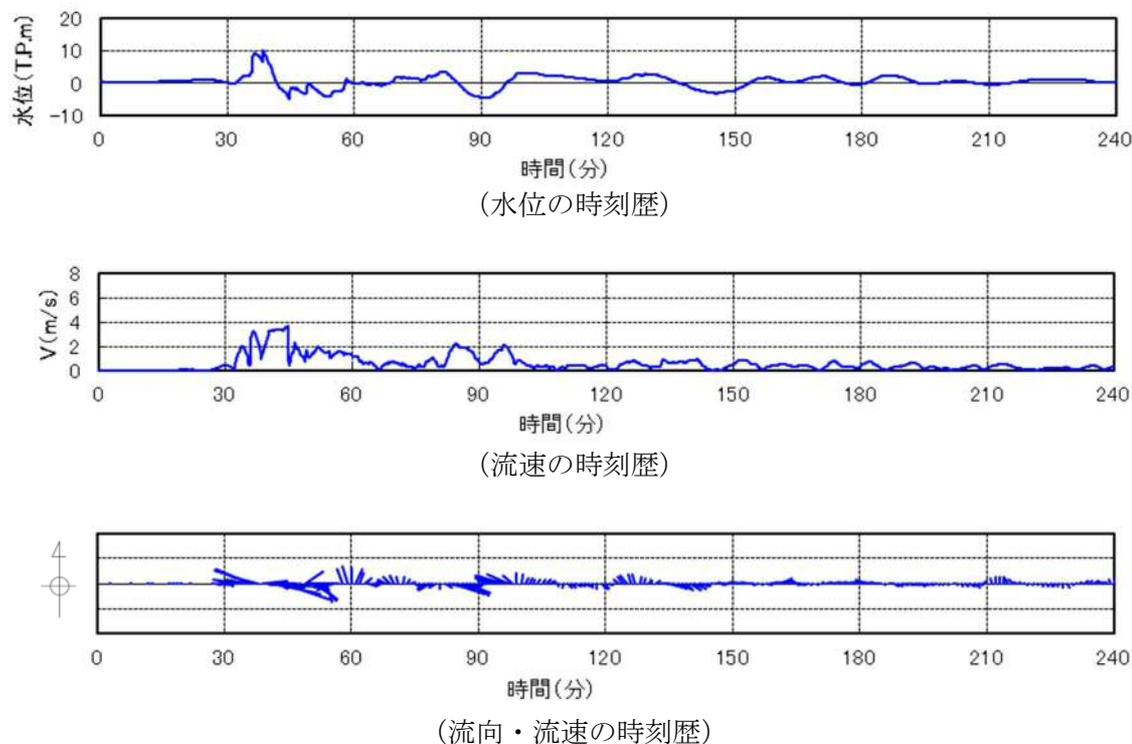


図 14-1 抽出地点 (1 km, 120 °) (防波堤なし) の水位, 流速及び流向

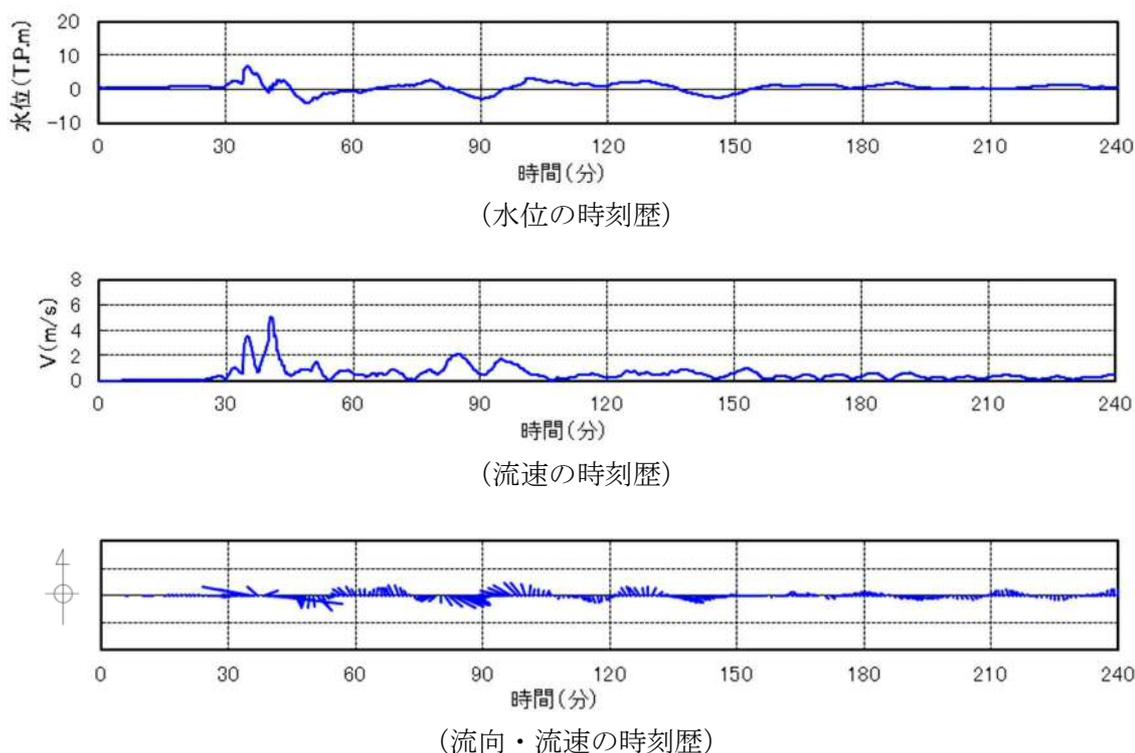


図 14-2 抽出地点 (3 km, 120 °) (防波堤なし)
の水位, 流速及び流向

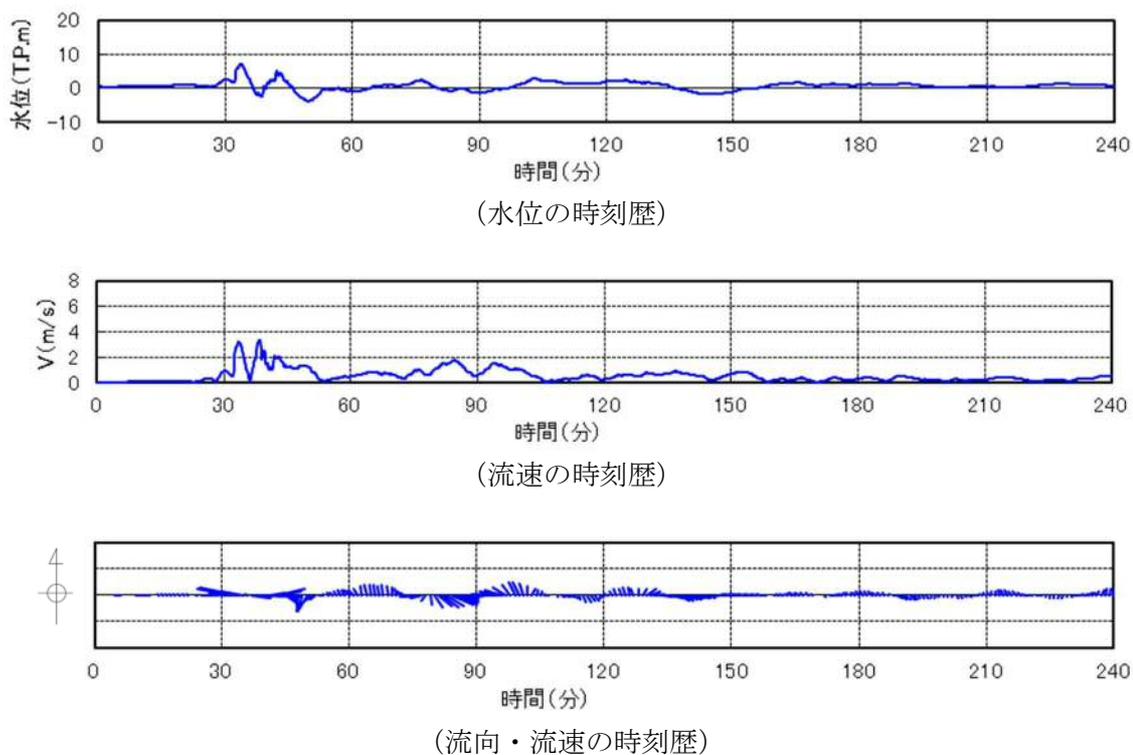
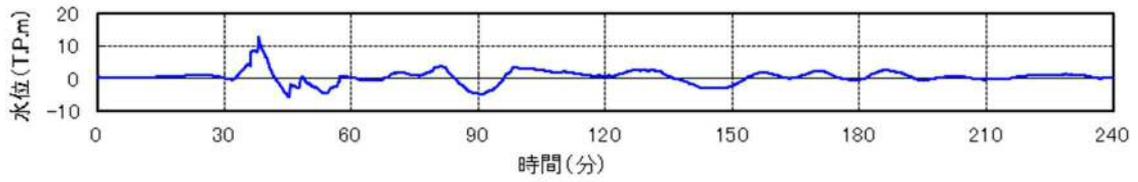
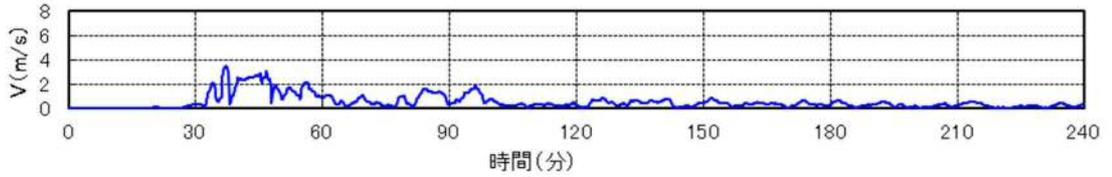


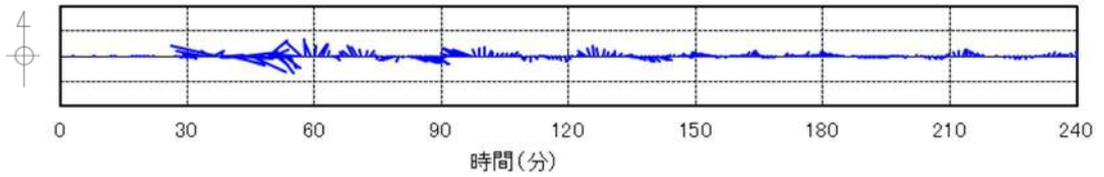
図 14-3 抽出地点 (5 km, 120 °) (防波堤なし)
の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

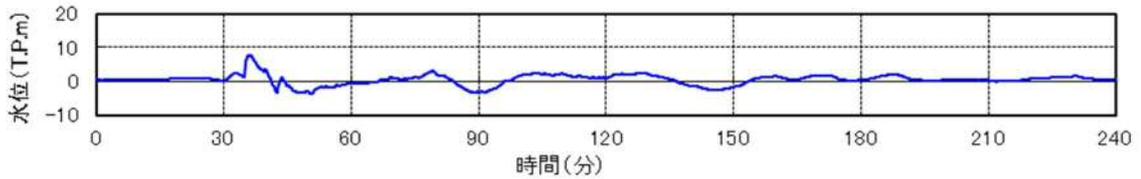


(流速の時刻歴)

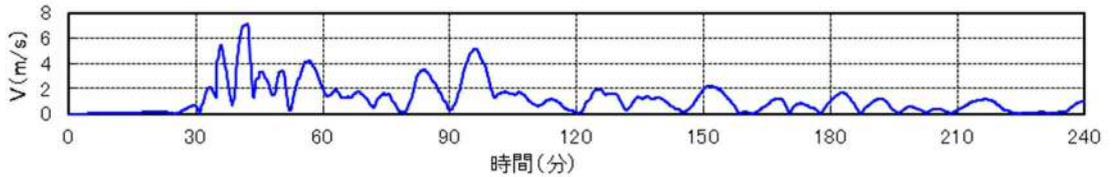


(流向・流速の時刻歴)

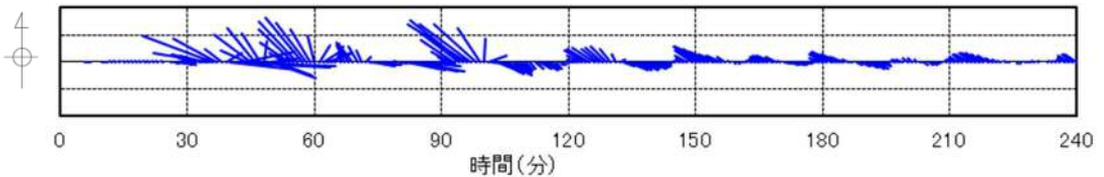
図 15-1 抽出地点 (1 km, 150 °) (防波堤なし)
の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)



(流速の時刻歴)



(流向・流速の時刻歴)

図 15-2 抽出地点 (3 km, 150 °) (防波堤なし)
の水位, 流速及び流向

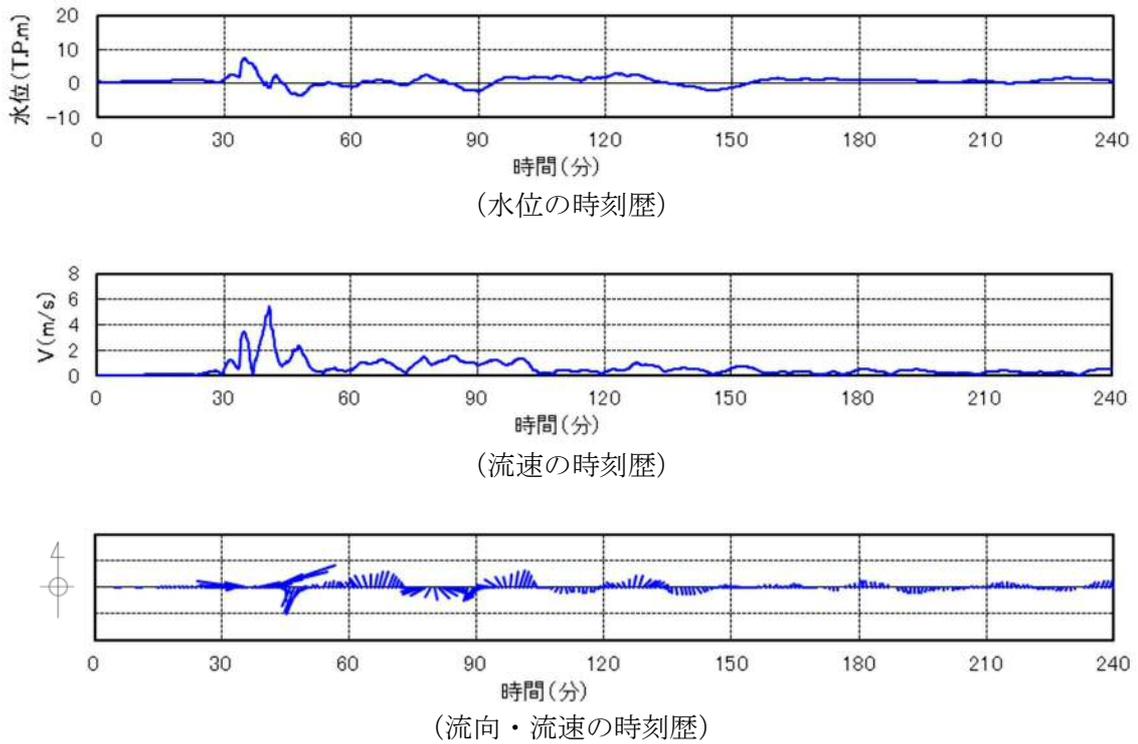


図 15-3 抽出地点 (5 km, 150 °) (防波堤なし)
の水位, 流速及び流向

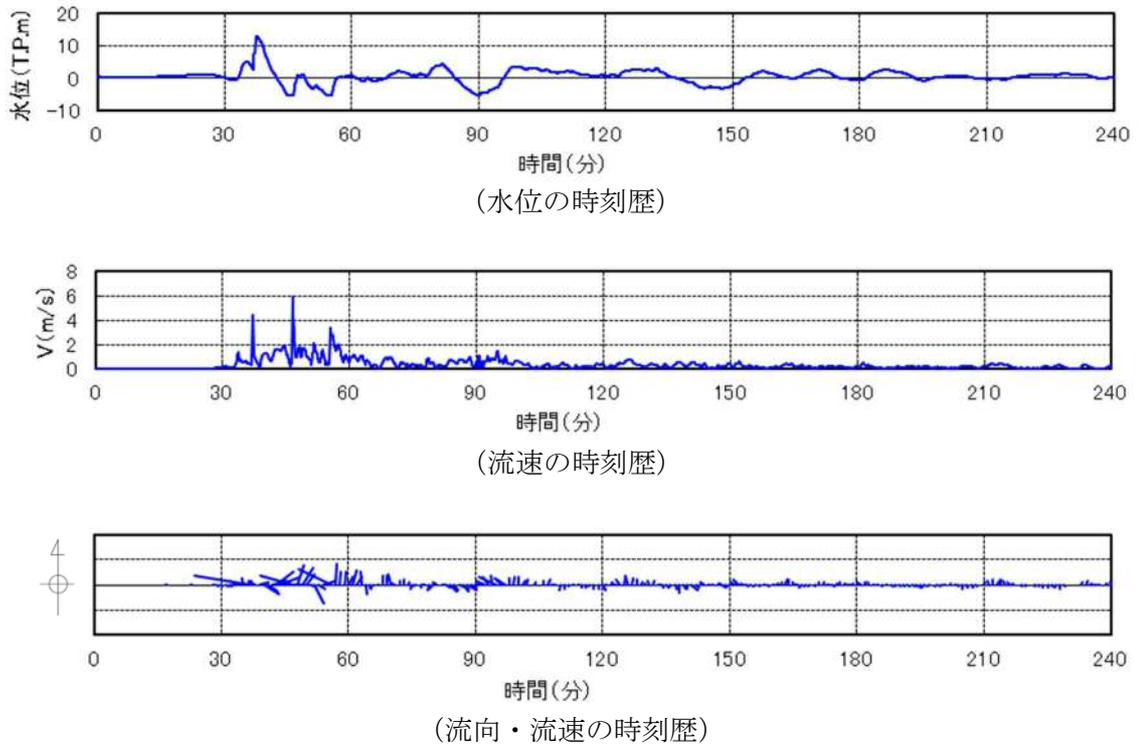


図 16-1 抽出地点 (1 km, 180 °) (防波堤なし)
の水位, 流速及び流向

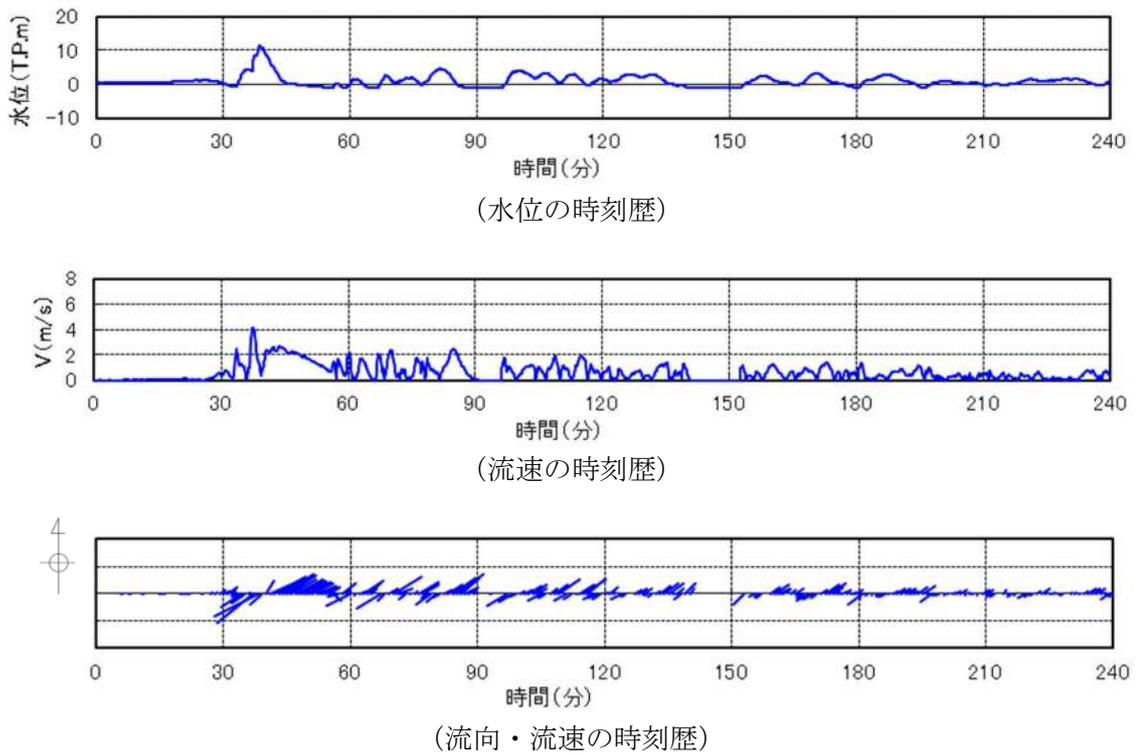


図 16-2 抽出地点 (3 km, 180 °) (防波堤なし)
の水位, 流速及び流向

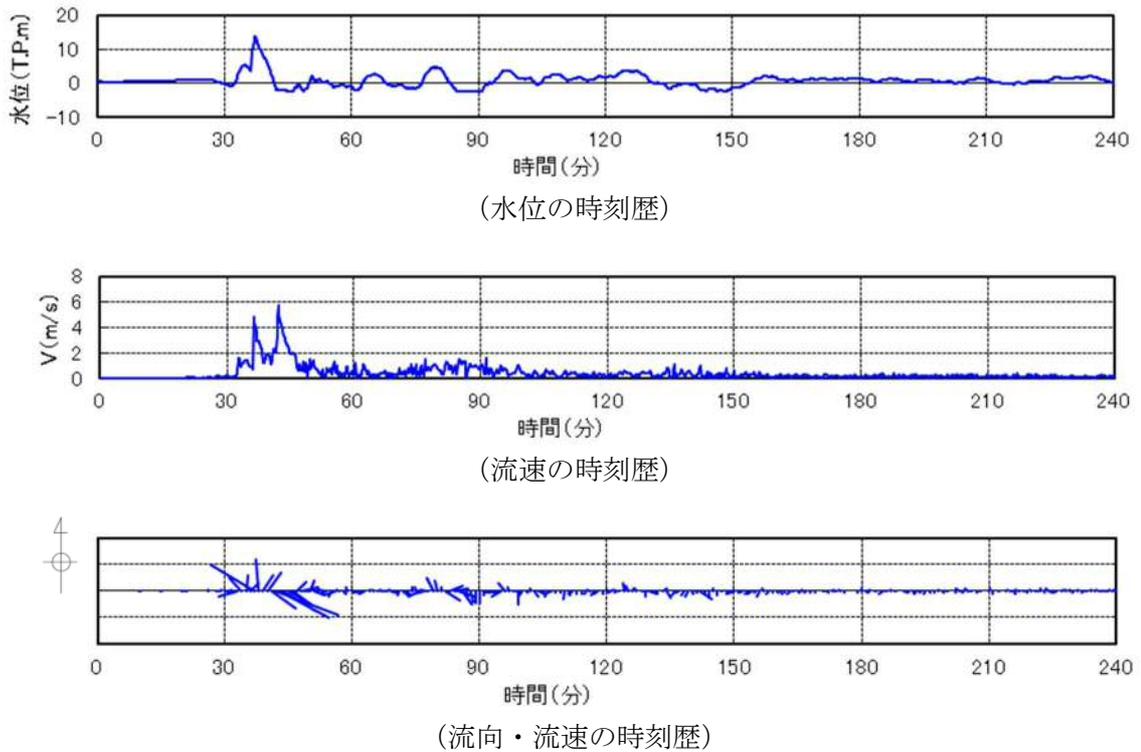


図 16-3 抽出地点 (5 km, 180 °) (防波堤なし)
の水位, 流速及び流向

(参考2) 津波漂流物の調査要領について

1. はじめに

東海第二発電所において基準津波による水位変動に伴う漂流物に対して取水口及び取水路の通水性が確保できる設計であることが要求されている。

このため、同要求に対して適合性を確認する「基準津波により漂流物となる可能性がある施設・設備等」の調査要領を示す。

2. 調査要領

(1) 調査範囲

調査範囲は、基準津波の流向、流速及び継続時間より、東海第二発電所の取水口から半径5 km内の海域及び陸域とする。なお、陸域については、標高、地形を考慮し、基準津波の遡上域を包絡した範囲とする。調査範囲を図1に示す。

(2) 調査方法

調査は上記の調査範囲を発電所敷地内・敷地外又は陸域・海域に区別し、4つに分類して実施する。分類ごとの調査対象及び調査方法を表1に示す。



■ : 調査範囲 (基準津波の遡上域を包絡した範囲)

図1 漂流物調査範囲概要

表1 「漂流物の可能性がある施設・設備等」の調査方法の概要

調査範囲		調査対象	調査方法	
発電所敷地内・敷地外	海域・陸域	分類	方法	概要
発電所敷地内	海域	・船舶	資料調査	資料を調査し、船舶を抽出する。
		・海上設置物	資料調査	設備図書等を調査し、海上設置物を抽出する。
			現場調査	現場を調査し、海上設置物を抽出する。
	陸域	・建物・構築物 ・その他建物等 ・機器 ・車両	資料調査	設備図書等を調査し、建物・構築物、その他建物等、機器、車両を抽出する。
			現場調査	現場を調査し、建物・構築物、その他建物等、機器、車両を抽出する。
		・資機材等 ・その他物品等	現場調査	現場を調査し、資機材等、その他物品等を抽出する。
発電所敷地外	海域	・船舶	資料調査	資料を調査し、船舶を抽出する。
			聞き取り調査	関係者からの聞き取り調査を実施し、船舶を抽出する。
		・海上設置物	資料調査	地図等の資料により、集落、工業地域、対象の有無等を確認する。
			現場調査	現場を調査し、海上設置物を抽出する。
			聞き取り調査	関係者からの聞き取り調査を実施し、海上設置物を抽出する。
	陸域	・建物・構築物 ・その他建物等 ・車両 ・その他物品等	資料調査	地図等の資料により、集落、工業地域、対象の有無等を確認する。
			現場調査	現場を調査し、建物・構築物、その他建物等、車両、その他物品等を抽出する。
			聞き取り調査	関係者からの聞き取り調査を実施し、建物・構築物、その他建物等、車両、その他物品等を抽出する。

(3) 調査の実施

調査の実施方法については、「2. (2) 調査方法」で示した調査対象及び調査方法について、表2に示すように考え方、手順、記録項目等を具体化し、調査を実施する。

表2 調査の実施方法 (1/2)

調査範囲		調査対象			調査方法		
		分類	具体的な考え方	例	調査内容	記録項目	
発電所敷地内	海域	船舶	—	東海港の港湾内に業務により来航する船舶 ・燃料等輸送船 ・貨物	「東海港・港湾施設使用願／許可書」により、船舶を抽出し、記録する。	名称、仕様（寸法、総トン数、喫水）	
		設備類等	海上設置物	海上に設置された機器、施設等 ・標識ブイ ・浮棧橋	設備図書等により、機器、施設等を抽出し、記録する。現場のウォークダウンにより、機器・施設等を抽出し、記録する。	名称、仕様（寸法、質量、材質）、数量、設置場所	
	建物類等	建物・構築物	土地に定着している建築物等	・建屋 ・棧橋	設備図書等により、建物・構築物等を抽出し、記録する。現場のウォークダウンにより、建物・構築物等を抽出し、記録する。	名称、仕様（寸法、構造）、設置場所	
		その他建物等	土地に定着していない建物等	・倉庫(物置タイプ) ・仮設ハウス			
	陸域	設備類等	機器	基礎等に据付けられた機器(発電用設備に関わるもの)	・タンク ・ポンプ ・配管、弁 ・分電盤、制御盤等	設備図書等により、機器を抽出し、記録する。現場のウォークダウンにより、機器を抽出し、記録する。	名称、仕様（寸法、質量、材質、構造(形状))、数量、設置場所
			資機材等	発電用設備に関わる機器等の工事、点検等に使用する常設き又は仮置きされた資機材、物品等仮設の機器	・点検用機材 ・仮設タンク ・足場材 ・コンクリートハッチ等 ・予備品、貯蔵品	現場のウォークダウンにより、資機材等を抽出し、記録する。	名称、仕様（寸法、質量、材質、構造(形状))、数量、設置場所
		車両	発電所敷地内に定常的に駐車される車両	・車庫、駐車場等の車両	設備図書等により、調査範囲内にある車庫、駐車場等を確認する。現場のウォークダウンにより、車両を抽出し、記録する。	車両の種類、数量、駐車場所	
		その他物品等	発電用設備に関わる機器、物品、資機材以外の常設きされた物品、機器等、その他の人工構造物、植生	・自動販売機 ・街灯 ・柵 ・防砂林	現場のウォークダウンにより、その他物品等を抽出し、記録する。	名称、仕様（寸法、構造(形状))、設置状況、数量、設置場所	

表2 調査の実施方法 (2/2)

調査範囲		調査対象			調査方法	
		分類	具体的な考え方	例	調査内容	記録項目
発電所敷地外	海域	船舶	—	調査範囲内を航行する船舶等 ・貨物船 ・漁船	資料により、船舶を抽出し、記録する。 関係者からの聞き取りにより、船舶を抽出し、記録する。(関係者から開示された資料の確認を含む。)	名称, 仕様 (寸法, 総トン数, 喫水)
		設備類等	海上設置物	海上に設置された機器, 施設等 ・標識ブイ ・浮棧橋 ・定置網	地図等*の資料により, 集落, 工業地帯, 対象の有無等を確認する。 現場のウォークダウンにより, 海上設置物を抽出し, 記録する。	名称, 数量, 設置場所
	陸域	建物類等	建物・構築物	土地に定着している建築物等 ・家屋 ・公共施設, 大型商業施設等 ・棧橋	地図等*の資料により, 集落, 工業地帯, 対象の有無等を確認する。 現場のウォークダウンにより, 建物・構築物等を抽出し, 記録する。	名称, 数量, 設置場所
			その他建物等	土地に定着していない建物等 ・倉庫 (物置タイプ) ・仮設ハウス		
	陸域	設備類等	車両	施設に定常的に駐車される多数の車両 ・乗用車, 大型車等車両	地図等*の資料より調査範囲内に多数の車両が駐車する可能性のある施設を確認する。 現場のウォークダウンにより, 車両を抽出し, 記録する。	車両の種類, 数量, 駐車場所
			その他物品等	車両以外の人工構造物 植生 ・設備, 機器類 ・出荷待ち製品 ・自動販売機 ・街灯 ・柵 ・防砂林	地図等*の資料により, 集落, 工業地帯, 対象の有無等を確認する。 現場のウォークダウンにより, その他物品等を抽出し, 記録する。	名称, 数量, 設置状況, 設置場所

* 国土地理院発行の地図, インターネット地図・空中写真等

3. 人工構造物等の状況を考慮した継続的な調査方針

人工構造物*1の位置、形状等に変化が生じた場合又は隣接事業所において工事・作業等により設置されうる仮設物等について従来からの設置状況に変更が生じた場合には、漂流物調査結果に影響を及ぼす可能性がある。

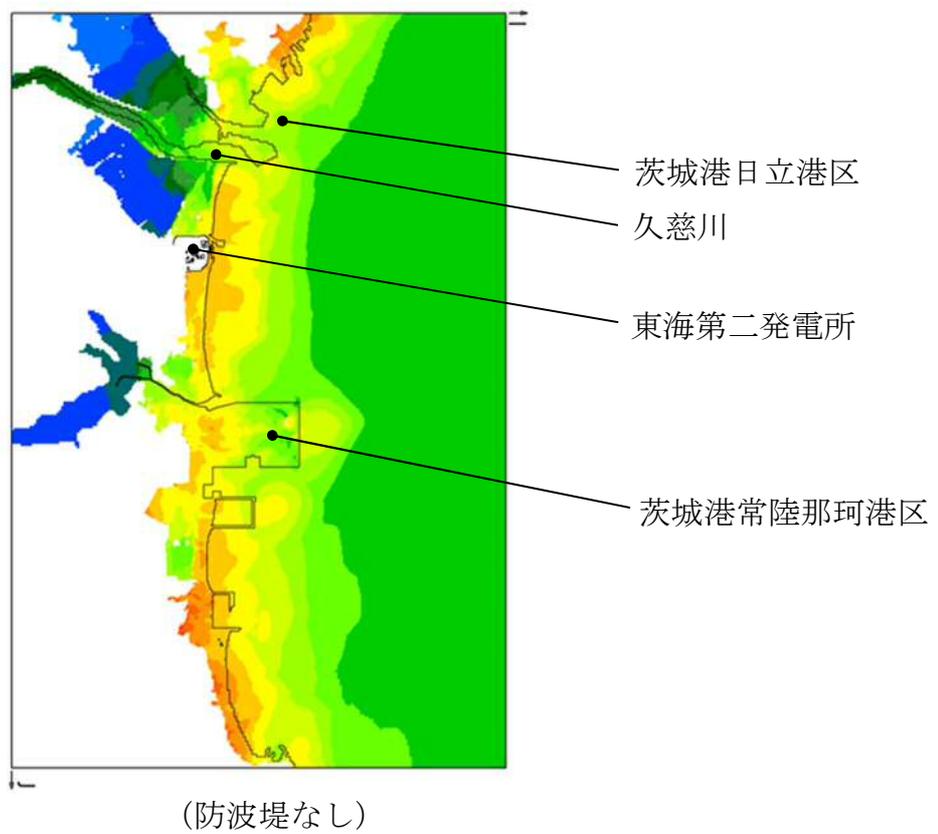
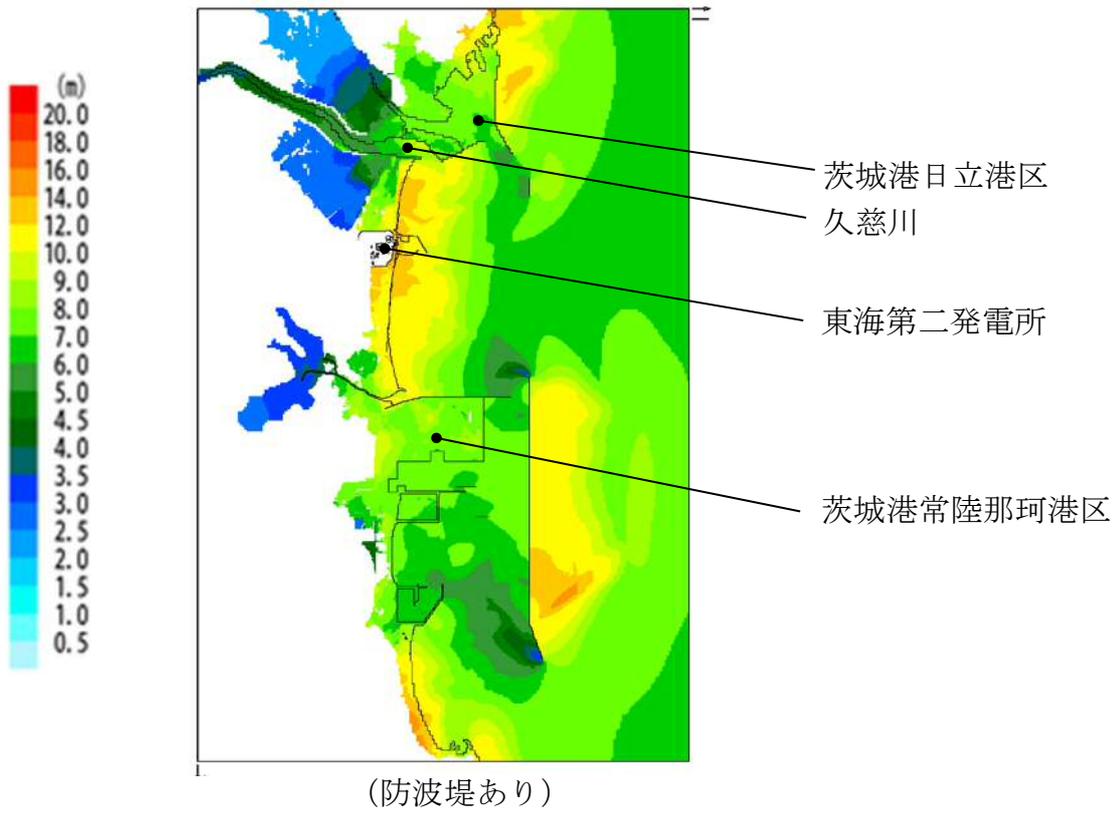
このため、人工構造物については自治体、地域の連絡会・協定等の情報を活用し、定期的（1[回/年]以上）に状況*2を確認するとともに、隣接事業所において工事・作業等により設置されうる仮設物等については設置状況に変更が生じる可能性がある場合に適時情報入手できるよう文書の取り交わしにより情報共有手段を構築し、仮設物の設置状況を確認する。設置状況の確認結果により必要に応じて「2. 調査要領」に示した要領にて漂流物調査を実施する方針とする。また、発電所の施設・設備の改造や追加設置*3を行う場合においても、その都度、津波防護施設等の健全性又は取水機能を有する安全設備等の取水性への影響評価を行う。これら調査・評価方針については、保安規定において規定化し管理する。なお、隣接事業所における仮設物等の設置状況の確認に関する具体的な運用手順として、津波防護施設等の健全性、取水機能を有する安全設備等の取水性に対する既往の漂流物評価に影響を及ぼす可能性のある仮設物の設置状況の変更が確認される場合には、必要な情報を入手できるよう運用手順を定める方針である。

*1：港湾施設，河川堤防，海岸線の防波堤，防潮堤等，海上設置物，津波遡上域の建物・構築物，敷地前面海域における通過船舶等

*2：既往の調査結果に含まれる民家，電柱，マンホールの増加等評価に影響しないものは除く。

*3：「核原料物質，核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」第43条の3の9（工事の計画の認可）及び第43条の3の10（工事の計画の届出）に基づき申請する工事のうち，「改造の工事」又は「修理であつて性能又は強度に影響を及ぼす工事」を含む。

(参考)



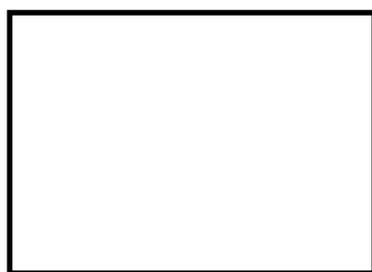
参考図 東海第二発電所周辺の遡上範囲図

(参考 3) 東北地方太平洋沖地震時の被害状況を踏まえた東海第二発電所の地震・津波による被害想定について

基準津波に伴う取水口付近の漂流物に対する取水性評価の実施に当たり、2011年東北地方太平洋沖地震時（以下、「3.11地震時」という。）の地震・津波による被害状況を踏まえ、地震・津波による東海第二発電所の被害想定を整理した。以下に3.11地震時における東海第二発電所及び甚大な被害を受けた東北地方の被害状況を示す。

1. 3.11地震時の東海第二発電所における被害状況

3.11地震時の地震・津波による建屋等の被害状況を図1に示す。3.11地震時の地震・津波により、津波遡上域の建屋本体の滑動などは確認されていないが、鉄骨造建屋である輸送本部建屋の外装材の破損やメンテナンスセンターのシャッターの変形、自動販売機の転倒が確認されている。



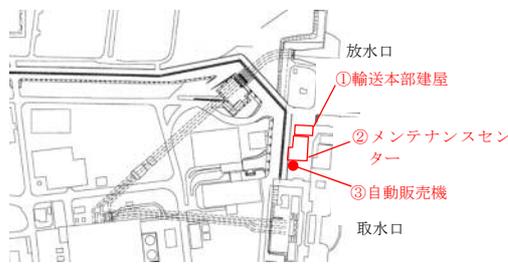
①輸送本部建屋（S造）津波による外装材破損



②メンテナンスセンター（S造）シャッター変形



③メンテナンスセンター（S造）自動販売機転倒



建屋等配置

図1 3.11地震時の地震・津波による建屋等の被害状況

2. 3.11地震時の東北地方における建築物の被害状況

3.11地震時の地震・津波による被害の大きかった東北地方の被災状況について整理した。

3.11地震時の東北地方における鉄筋コンクリート建築物の被害状況を表1に示す。「2011年東日本大震災に対する国土技術政策総合研究所の取り組み－緊急対応及び復旧・復興への技術支援に関する活動記録－」（以下、「復興への技術支援に関する活動記録」という。）によると、鉄筋コンクリート造の建築物については、所在地によっては浸水深が15mを超えるような規模の津波の襲来を受けた建築物も存在し、壁面や窓等の損傷が確認されたが、このような大きな規模の津波の襲来時においても建築物全体が滑動し、漂流するような事例は確認されていない。

表1 3.11地震時の東北地方における建築物の被害状況
(鉄筋コンクリート造建築物の例)

		
<p>宮城県南三陸町 鉄筋コンクリート造 津波浸水深：15.4m</p> <p>【被害状況】 構造的な被害は発生していない。参考資料*1</p>	<p>宮城県仙台市 鉄筋コンクリート造 津波浸水深：5.0m (建築物内部)</p> <p>【被害状況】 建築物全体ではなく外壁のみ破壊していた。参考資料*1</p>	<p>公営集合住宅(所在地不明) 鉄筋コンクリート造 津波浸水深：7.5m</p> <p>【被害状況】 漂流物の衝突による2階壁面の損傷が確認されたものの、構造的な大きな損傷は確認されなかった。参考資料*1</p>

参考資料*1 「復興への技術支援に関する活動記録」による。

「復興への技術支援に関する活動記録」によると、鉄骨造建築物については浸水深によらず外装板が波力により破損し、漂流した事例が確認された。津波の襲来により早期に外装板が破損し大きな波力を受けなかったと推測される建築物については残存していたが、外装板が破損する前に大きな波力を受けたと推測されるものについては崩壊、転倒したのも確認されている。

「復興への技術支援に関する活動記録」によると、木造建築物については最大浸水深が2m程度以下の規模の地域ではほぼ残存していたが、最大浸水深が4mを超える規模の地域では流失する可能性が高かった。

また、3.11地震時において東北地方の中でも特に被害の大きかった例として南三陸町における建築物の被害事例について確認した。南三陸町における建築物の被害事例を第2表に示す。南三陸町の被害事例のように浸水深が十数メートルを超えるような大規模の津波が襲来した場合、「東北地方太平洋沖地震 宮城県南三陸町被災状況速報」によると、鉄筋コンクリート造の建築物については柱、梁の損壊が確認された。

「東日本大震災における鉄骨造建物の津波被害について」によると、鉄骨造の建築物については波力により外装板のほとんどが脱落流失していることが確認された。

表2 3.11地震時の南三陸町における建築物の被害事例

	
<p>構造：鉄筋コンクリート造 規模：3階建て （詳細寸法記載なし）</p> <p>【被害状況】 柱，梁の損壊が確認された。参考資料*2</p>	<p>構造：鉄骨造 規模：3階建て 縦11.4m×横8.8m×高さ10.9m</p> <p>【被害状況】 外装板のほとんどが脱落流失していることが確認された。参考資料*3</p>

参考資料*2 「東北地方太平洋沖地震 宮城県南三陸町被災状況速報」による。

参考資料*3 「東日本大震災における鉄骨造建物の津波被害について」による。

3. 3.11地震時の被害状況を踏まえた発電所敷地内及び発電所敷地外における施設・設備の被害想定

3.11地震時の被害状況を踏まえ、地震・津波による発電所敷地内及び発電所敷地外の施設・設備の被害想定を実施した。発電所敷地内の建屋等については、3.11地震時において地震・津波による被害が特に大きかった南三陸町の被害事例のうち東海第二発電所の建屋等と構造及び規模が類似する建築物の被害事例を参考として被害想定を実施した。建屋等に作用する波圧は浸水深に依存して大きくなることから、東海第二発電所の建屋等の被害想定の実施に当たり、漂流物調査により抽出された建物類のうち、防潮堤前面における津波水位が最も高くなる敷地前面東側に存在し、かつ最も高さのある鉄筋コンクリート造及び鉄骨造の建屋等として表3に示す建築物を代表とした。

表3 東海第二発電所の建屋等の代表例

建築物名称	ロータリースクリーン室	メンテナンスセンター
外観		
建屋等の諸元	構造：鉄筋コンクリート造 規模：縦 21m×横 13m×高さ 11m	構造：鉄骨造 規模：縦 34m×横 19m×高さ 11m

建屋等の津波による被害に影響する波圧は浸水深に依存して大きくなるため、高さの近い建築物の津波による被害は類似性があるものと考えられる。表3に示す東海第二発電所の建屋等を対象として、表2に示す南三陸町の建築物の被害状況を参考に被害想定を実施した。

鉄筋コンクリート造の建屋等については、南三陸町における建築物の被害状況を考慮すると、表2の被害事例のように地震又は波力により部分的に損壊するおそれがあるが、建築物が本来の形状を維持したまま滑動若しくは転倒し漂流する被害には至っていないことから、東海第二発電所の建屋等が本来の形状を維持したまま滑動若しくは転倒し漂流することはないと考えられる。また、万が一滑動若しくは転倒が起こった場合においても建屋等は重量物であるため漂流しないと考えられる。地震又は津波の波力により部分的な損壊が起こる可能性があり、損壊により生じたがれき等については漂流する可能性がある。

鉄骨造の建屋等については、南三陸町における建築物の被害状況を考慮すると、表2の被害事例のように波力により外装板が破損するおそれがあるが、建築物が本来の形状を維持したまま滑動若しくは転倒し漂流する被害には至っていないことから、東海第二発電所の建屋等が本来の形状を維持したまま滑動若しくは転倒し漂流することはないと考えられる。また、万が一滑動若しくは転倒が起こった場合においても建屋等は重量物であるため漂流しないと考えられる。地震又は津波の波力により部分的な損壊が起こる可能性があり、損壊により生じた外装板等については漂流する可能性がある。

木造の家屋等については滑動が起こることは考え難く、万が一滑動が起こった場合においても滑動した家屋等は津波の波力により本来の形状を維持せず損壊すると考えられる。損壊により生じた木片、その他構成部材等については漂流する可能性がある。

また、自動販売機などの比較的軽量の物品については津波により漂流する可能性がある。

地震・津波により施設・設備が損壊し漂流した場合、津波防護施設等の健全性に影響を及ぼす可能性があることから、工事計画における3.11地震時の被害状況を踏まえた東海第二発電所の地震・津波による被害想定については、東海第二発電所の遡上域を含めた流況について詳細に考察した上で、確認及び検討結果を拡充する。

参考資料

- *1 ISSN 1346-7301 国総研研究報告 第52号 平成25年1月国土技術政策総合研究所研究報告
2011年東日本大震災に対する国土技術政策総合研究所の取り組み－緊急対応及び復旧・
復興への技術支援に関する活動記録－, 188-190頁
- *2 東北地方太平洋沖地震 宮城県南三陸町被災状況速報, (株) エイト日本技術開発,
20110405, 5-6頁
- *3 広島工業大学紀要研究編第46巻 (2012) 221-230 報告 東日本大震災における鉄骨造建物の
津波被害について 玉井 宏章・小川 勝彦 ON DAMAGED STEEL BUILDINGS DUE TO
TAUNAMI AFTER GREAT TOUHOKU EARTHQUAKE Hiroyuki TAMAI and Katsuhiko OGAWA, 226-
227頁

(参考 4) 津波の流況を踏まえた漂流物の取水口及び津波防護施設等への到達可能性評価について

1. はじめに

「4.2 漂流物による影響確認について」における評価のひとつとして、基準津波に伴う漂流物が非常用海水ポンプの取水性及び津波防護施設等の機能に及ぼす影響を確認するために、漂流物となる可能性のある施設・設備を「図 4.2-1 漂流物評価フロー」に基づき評価している。

漂流物評価フローにおいて示される「取水機能を有する安全設備等、津波防護施設等に対する漂流物となる可能性」の具体的な考え方について、以下に示す。

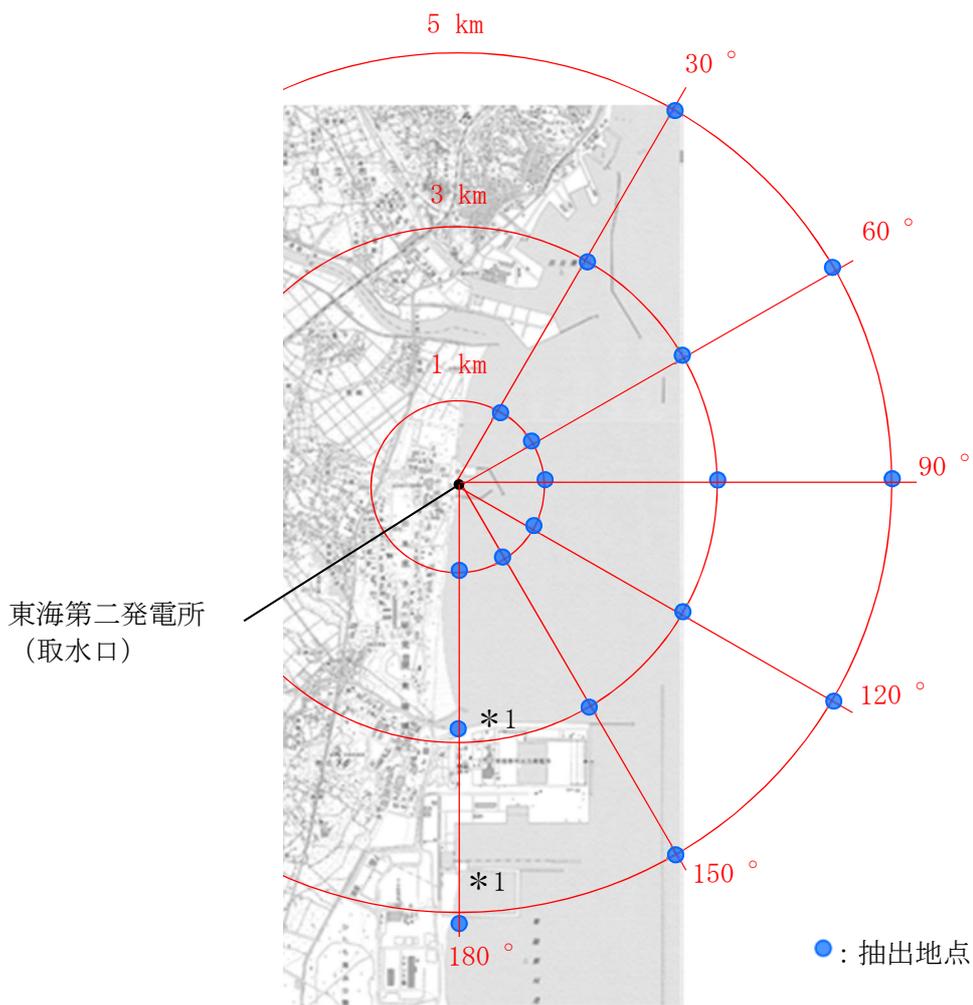
2. 「取水機能を有する安全設備等、津波防護施設等に対する漂流物となる可能性」について

津波防護施設等、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について、津波の流況を踏まえて、東海第二発電所の取水口及び津波防護施設等に対する漂流物の動向を確認することにより評価する。

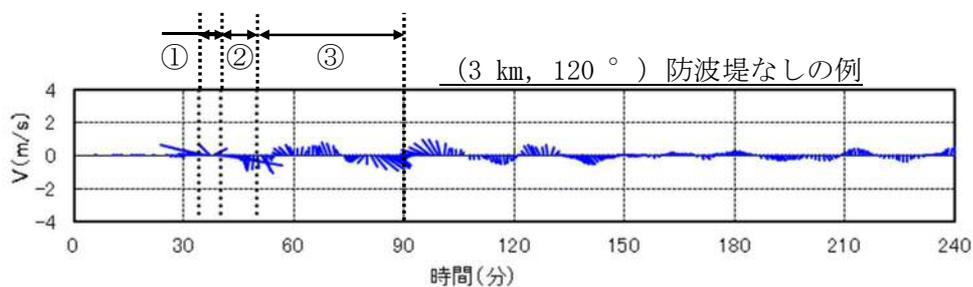
2.1 津波流況の考察

(1) 流況考察時間の分類

東海第二発電所敷地内及び敷地外における津波襲来時の流況について整理した。津波流向の時刻歴を確認した結果、津波が襲来する時間帯（以下、流況の評価においては「津波襲来時」という。）である地震発生後約 34 分～約 40 分及び引き波の時間帯（以下、流況の評価においては「引き波時」という。）である地震発生後約 40 分～約 50 分に大きな速度を有する一定方向の流向が継続しており、引き波後は継続的でない流向を示す傾向にあった。漂流物の動向に影響を与える流況としては、大きな速度を有する継続的な一定方向の流向が支配的であると考えられるが、ここでは保守的に引き波後の流況についても把握することを目的とし、津波による流況が収束しつつある時間帯（以下、流況の評価においては「収束時」という。）である地震発生後約 50 分～約 90 分についても整理した。図 1 に流況考察時間の分類を示す。



*1 (3 km, 180°)及び(5 km, 180°)の地点については、陸域となるため、海域となるように調整した。



流況考察時間の分類

- ①津波襲来時 (地震発生後 約 34 分～約 40 分)
- ②引き波時 (地震発生後 約 40 分～約 50 分)
- ③収束時 (地震発生後 約 50 分～約 90 分)

図 1 流況考察時間の分類

(2) 津波流況の考察

図 2 に発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル（防波堤ありの場合）を示す。また、防波堤ありの場合における流況の考察の詳細を以下に示す。

a. 防波堤あり

(a) 津波襲来時（地震発生後 約 34 分～約 40 分）

イ. 発電所敷地エリア

東方より北西向きの流向を主流として襲来し、地震発生から約 35 分後に敷地前面に到達する。地震発生から約 37 分後には敷地への遡上が始まり、図 2（4/11）の地震発生から 38 分後における発電所敷地エリア拡大図のように、取水口以北では防潮堤の敷地前面東側から敷地側面北側に沿うように遡上し、取水口以南では防潮堤の敷地前面東側から敷地側面南側に沿うように遡上する。地震発生から約 40 分後には引き波となる。

ロ. 発電所北側エリア

東方より北西向きの流向を主流として襲来し、地震発生から約 35 分後に発電所北側エリア前面の海域に到達する。地震発生から約 37 分後には北西向きの流向を主流として発電所北側エリアの陸域及び久慈川へ遡上し、図 2（5/11）の地震発生から 40 分後における発電所周辺広域図のように、発電所敷地エリアでは引き波へと転じる地震発生から約 40 分後においても、発電所北側エリアの陸域及び久慈川では津波の遡上が続く（地震発生から約 43 分後まで遡上が継続する）。

ハ. 発電所南側エリア

東方より北西向きの流向を主流として襲来し、地震発生から約 34 分後に発電所南側エリア前面の海域に到達する。前面海域に到達した津波は常陸那珂港区沖防波堤の影響により、常陸那珂火力発電所敷地へは直接遡上せず、沖防波堤の北側に回り込む。地震発生から約 36 分後には常陸那珂港区沖防波堤の北側に回り込んだ津波が常陸那珂火力発電所敷地の北側から遡上を始める。図 2（3/11）の地震発生から 37.5 分後における発電所周辺広域図のように、常陸那珂火力発電所敷地の北側からは南向きの流向を主流とした津波が陸域へ遡上し、常陸那珂火力発電所敷地の南側からは北向きの流向を主流とした津波が陸域へ遡上するが、地震発生から約 40 分後には引き波となる。国立研究開発法人日本原子力研究開発機構敷地では地震発生から約 37 分後に西向きの流向を主流とした津波が陸域へ遡上するが、地震発生から約 39 分後には引き波となる。

(b) 引き波時（地震発生後 約 40 分～約 50 分）

イ. 発電所敷地エリア

地震発生から約 40 分後に引き波へと転じ、敷地前面東側から外海へ向かう流況となる。引き波時は津波襲来時のように防潮堤に沿うような流況は示さず、図 2（5/11）の地震発生から 40 分後における発電所敷地エリア拡大図のように、敷地前面東側の一部を除き、直接外海へ向かう流況となっている。また、図 2（7/11）の地震発生から 43 分後における発電所敷地エリア拡大図のように、防波堤の間隔が狭いため、引き波方向に大きな流速が出ていることが確認される。引き波の流況は地震発生

から約 50 分後まで継続する。

ロ. 発電所北側エリア

地震発生から約 40 分後以降においても久慈川及び久慈川周辺陸域については遡上を続けるが、地震発生から約 43 分後には引き波へ転じ始め、陸域から外海へ向かう流向を主流とした流況となる。この流況は地震発生から約 50 分後以降も継続する。なお、防波堤より敷地側の海域では比較的穏やかな流況となる（防波堤より敷地側の海域では穏やかな流況が地震発生から 90 分後まで続く）。また、図 2 (6/11) の地震発生から 41.5 分後における発電所周辺広域図のように、日立港区沖防波堤の北側又は南側に回り込みながら波が引いていく流況となる。さらに、図 2 (8/11) の地震発生から 45 分後における発電所周辺広域図のように、日立港区東防波堤及び南防波堤の間隔が狭いため、引き波方向に大きな流速が出ていることが確認される。発電所北側エリアの前面海域については地震発生から約 40 分後には引き波へと転じ、外海へ向かう流況となる。この流況は地震発生から約 43 分後まで継続する。

ハ. 発電所南側エリア

発電所南側エリアの常陸那珂火力発電所敷地では、地震発生約 40 分後から約 45 分後にかけて引き波となる。図 2 (6/11) の地震発生から 42 分後における発電所周辺広域図のように、常陸那珂港区沖防波堤の北側に回り込みながら波が引いていく流況を示し、図 2 (7/11) の地震発生から 43 分後における発電所周辺広域図のように、旋回する流況が確認される。旋回する流況は地震発生後約 55 分まで継続する。国立研究開発法人日本原子力研究開発機構敷地前面海域では地震発生約 40 分後から約 50 分後にかけて引き波となり、外海へ向う流向を主流とした流況となる。

(c) 収束時（地震発生後 約 50 分～約 90 分）

イ. 発電所敷地エリア

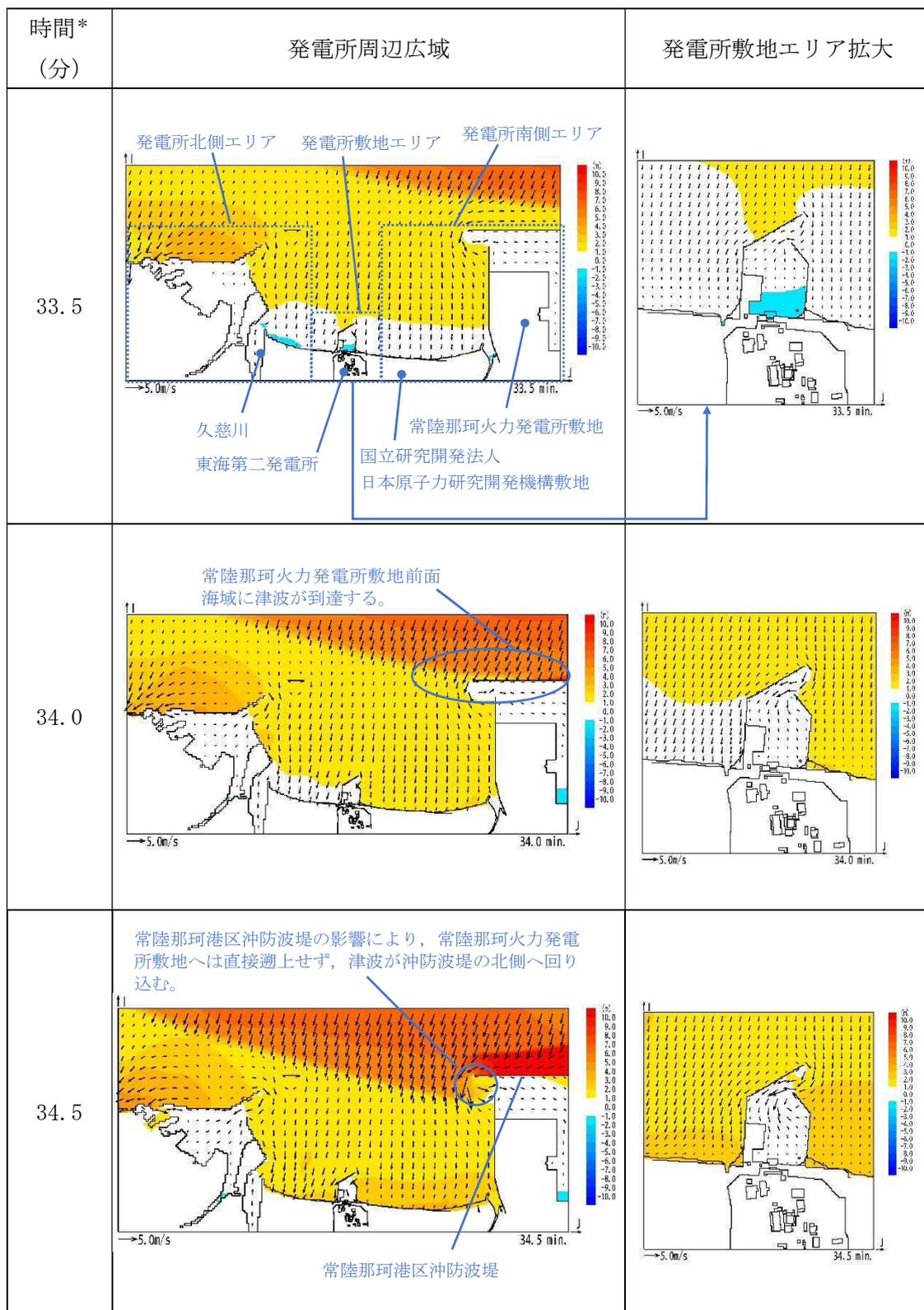
敷地前面海域において、図 2 (9/11) の地震発生から 55 分後における発電所周辺広域図のように、旋回する流況が確認される（旋回する流況は地震発生後約 75 分まで継続する）。また、図 2 (9/11) の地震発生から 60 分後における発電所敷地エリア拡大図のように、東海港の防波堤付近にて旋回する流況となるが、継続的な流況とはならない。地震発生約 65 分後から約 75 分後にかけては一部旋回する流況となるものの、穏やかな流況が継続する。図 2 (11/11) の地震発生から 80 分後における発電所敷地エリア拡大図のように、地震発生から約 80 分後に西向きの流向で津波が襲来し、物揚岸壁及び敷地前面東側の一部に津波が遡上するが、この流況が継続することはなく、地震発生から約 85 分後には引き波へと転じ、地震発生から約 90 分後には一部で引き波及び旋回する流況が確認されるものの比較的穏やかな流況となる。

ロ. 発電所北側エリア

地震発生から約 55 分後までは陸域から外海へ向かう流向を主流とした流況が継続する。地震発生約 65 分後から約 80 分後にかけては穏やかな流況が継続する。地震発生約 85 分後から約 90 分後では引き波となり、外海へ向う流向を主流とした流況となる。

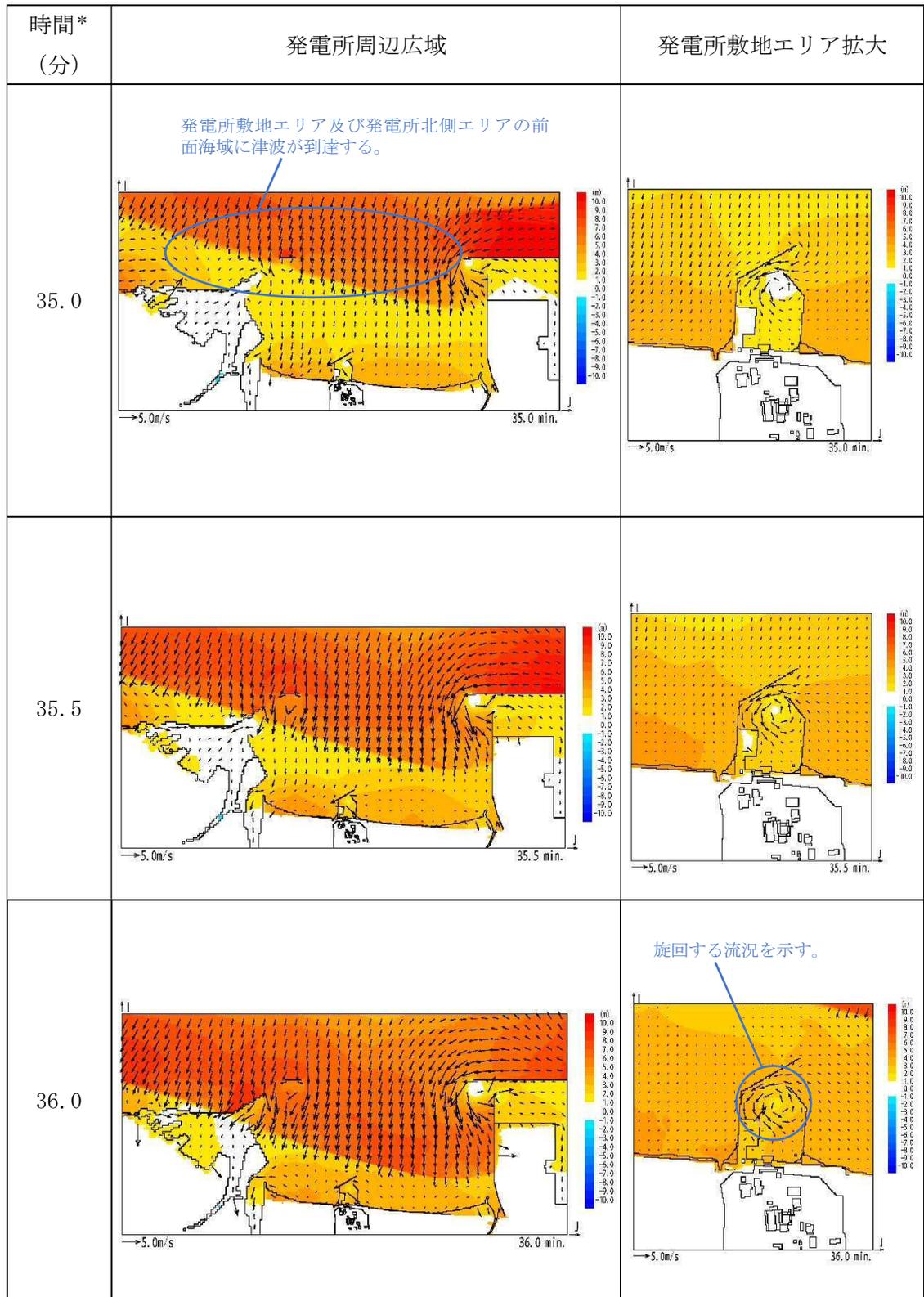
ハ. 発電所南側エリア

地震発生約 60 分後から約 80 分後にかけては穏やかな流況が継続する。地震発生から約 85 分後に引き波へと転じ、地震発生から約 90 分後には再び穏やかな流況となる。



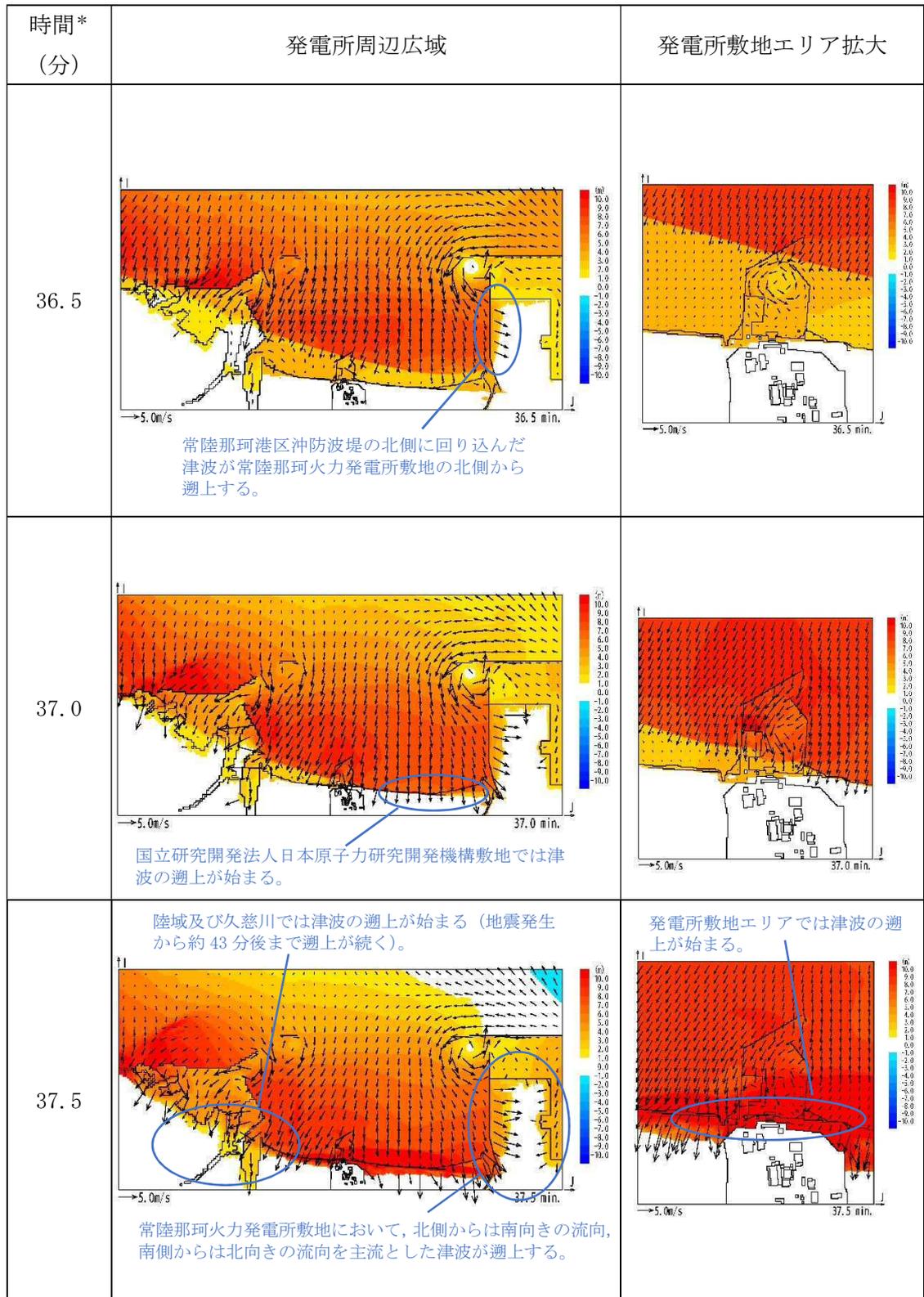
*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図2 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル
(防波堤ありの場合) (1/11)



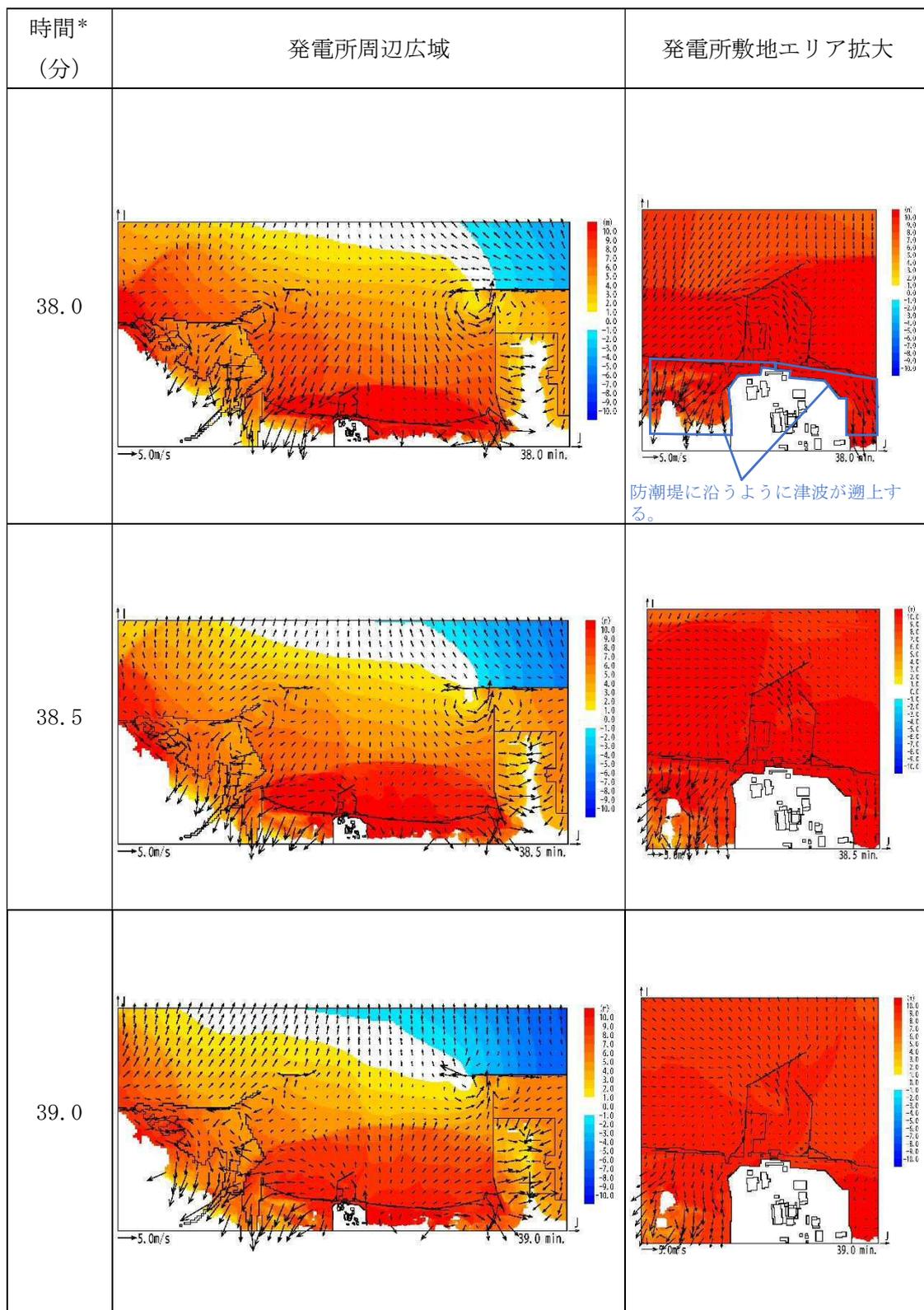
*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図2 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル
(防波堤ありの場合) (2/11)



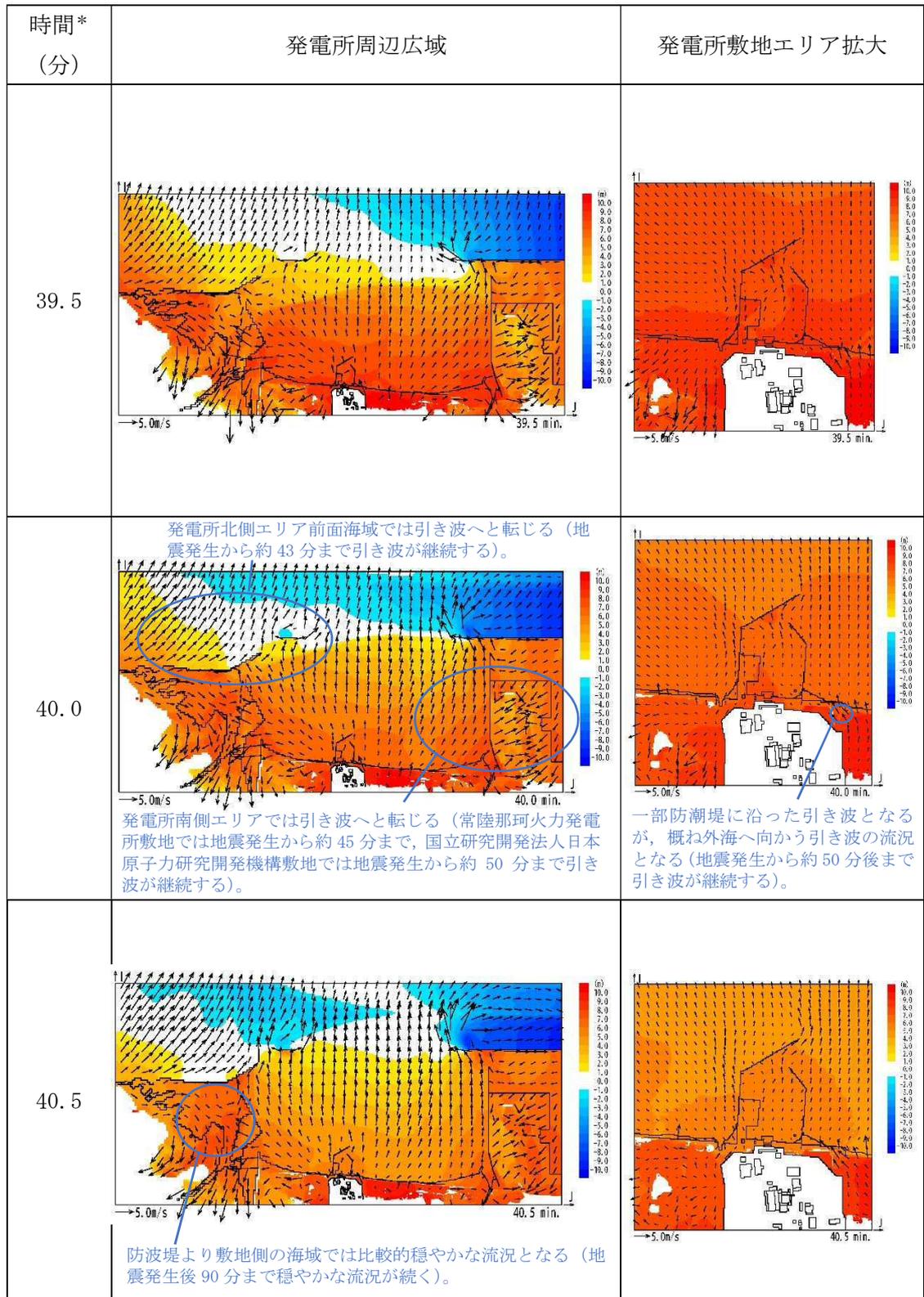
*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図2 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル
(防波堤ありの場合) (3/11)



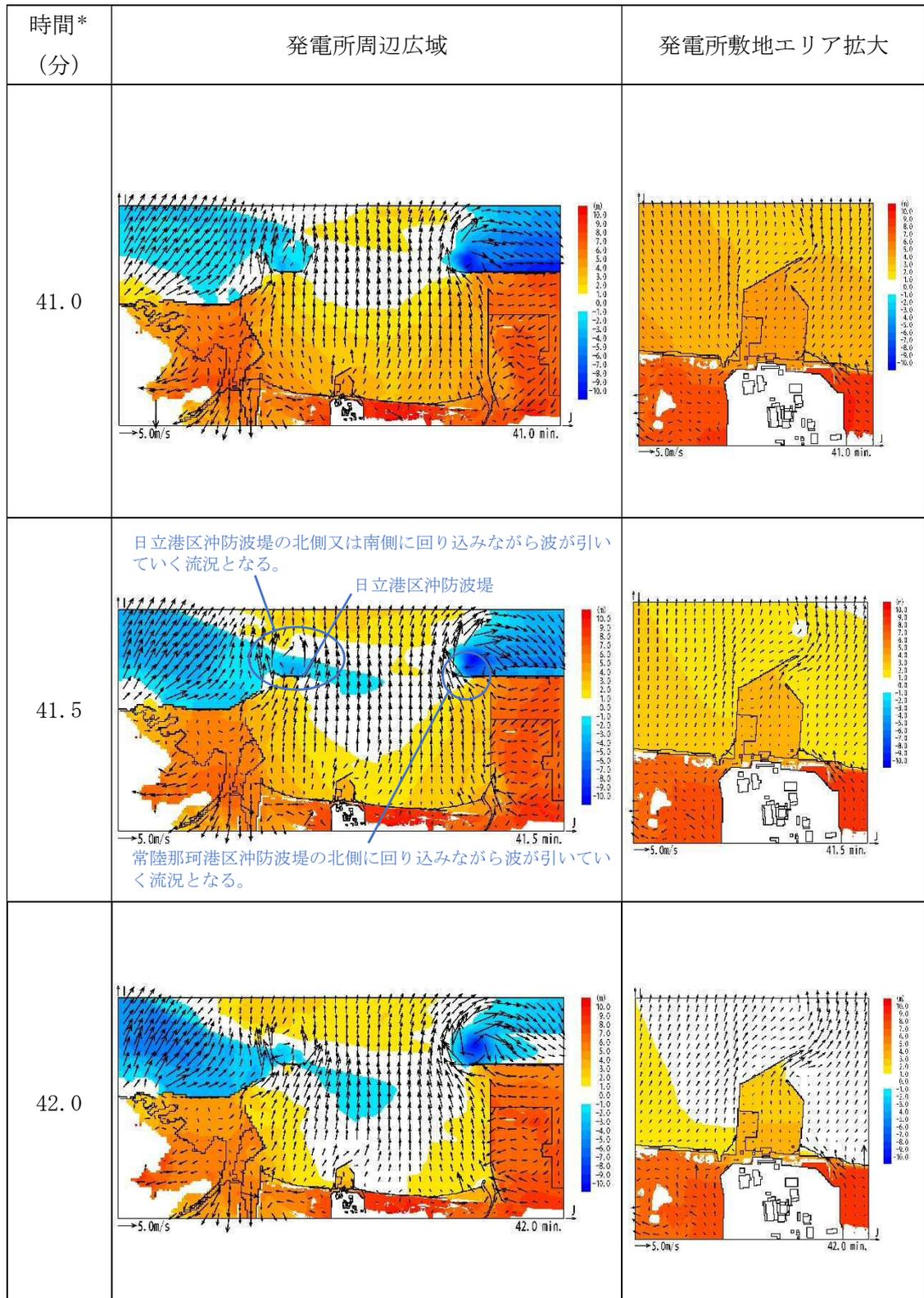
*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図2 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル
(防波堤ありの場合) (4/11)



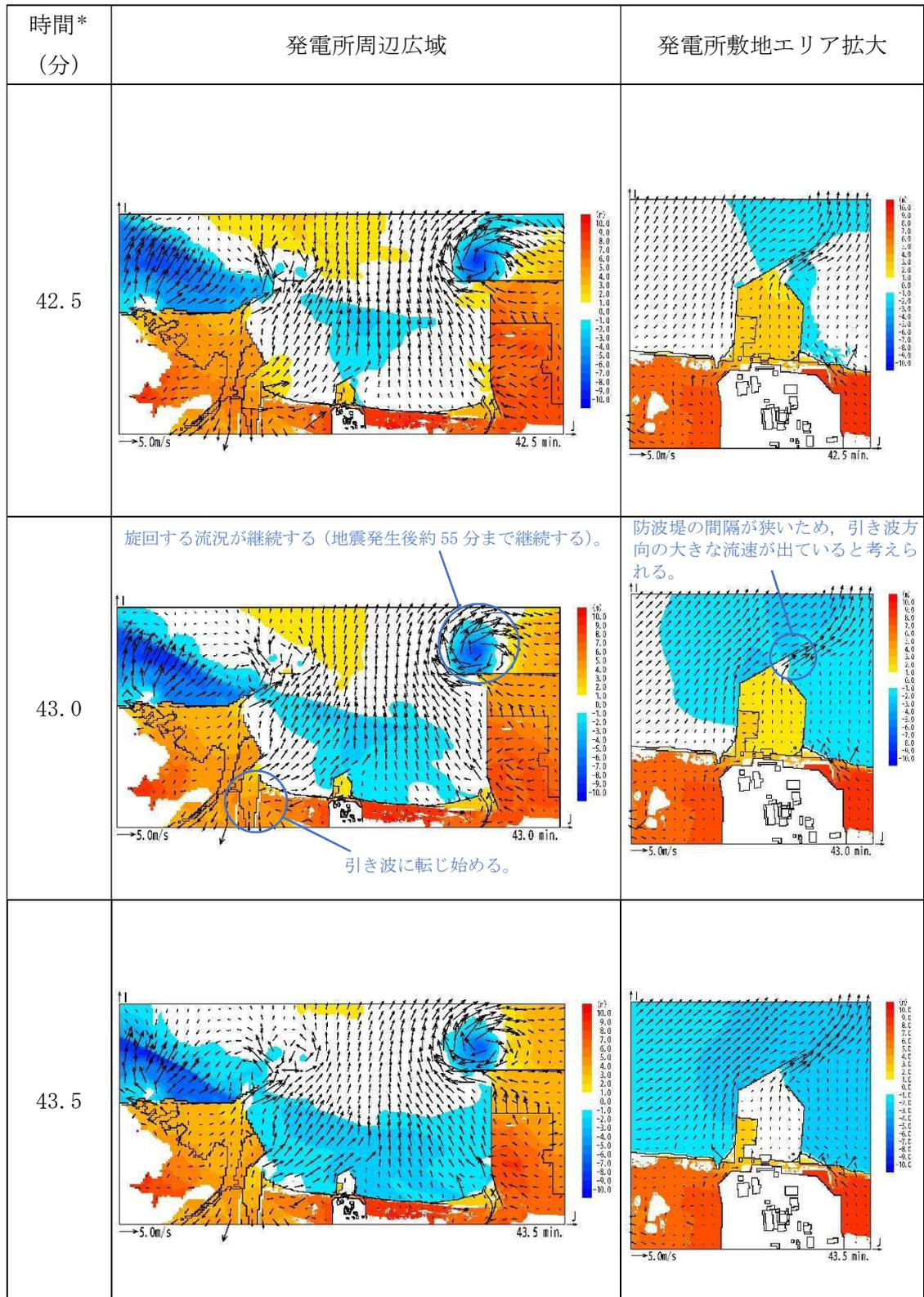
*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図2 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル
(防波堤ありの場合) (5/11)



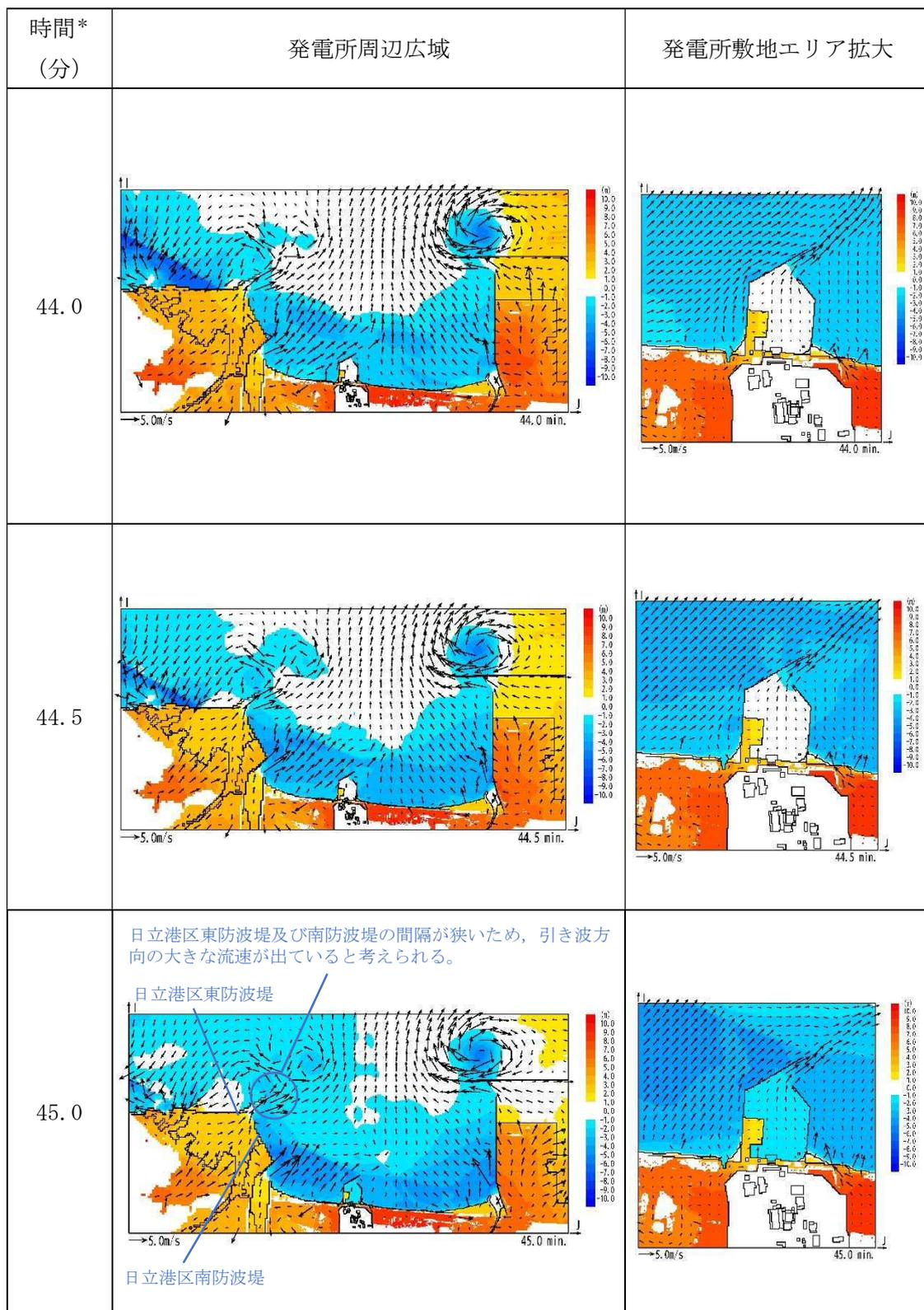
*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図2 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル
(防波堤ありの場合) (6/11)



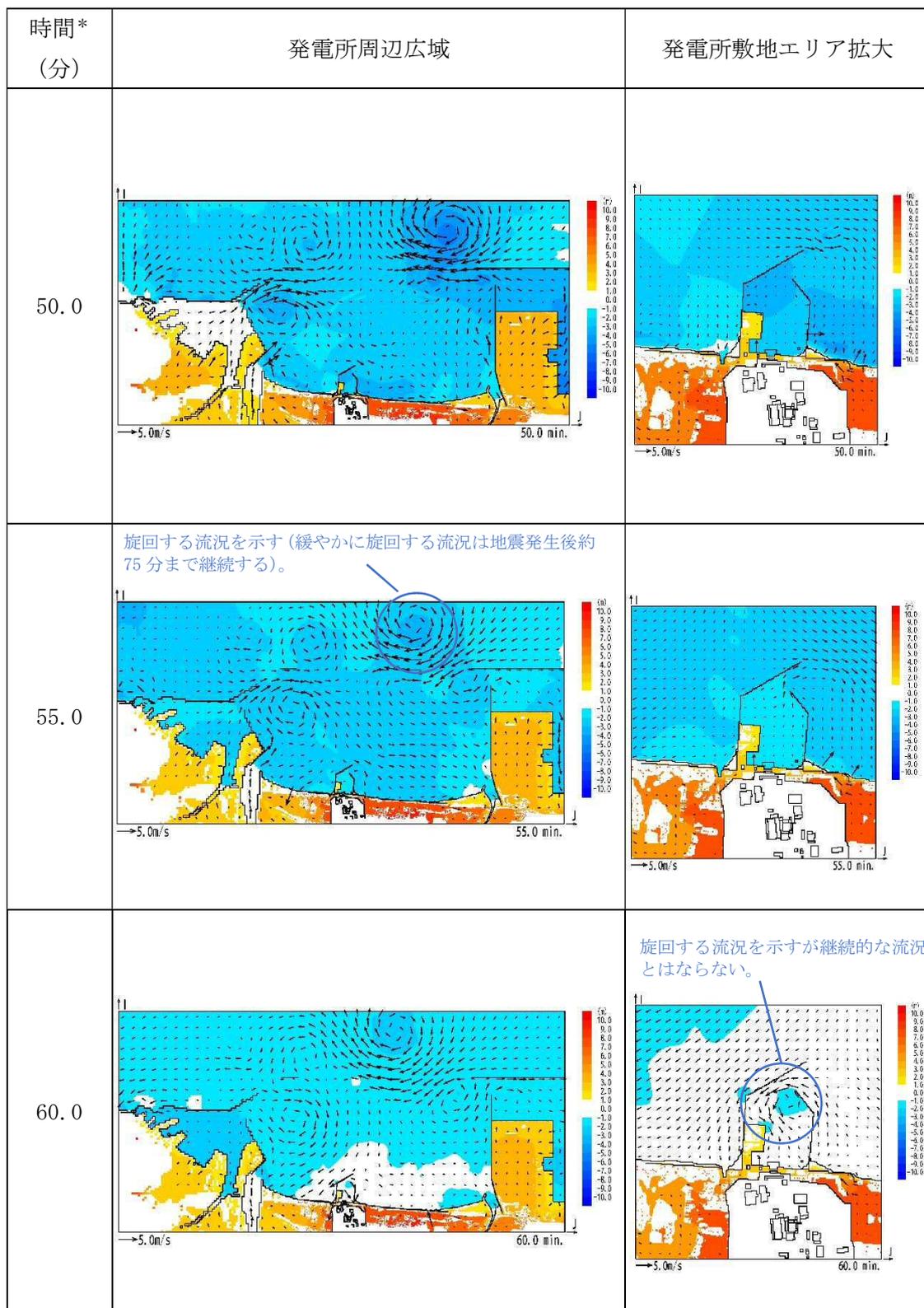
*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図2 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル
(防波堤ありの場合) (7/11)



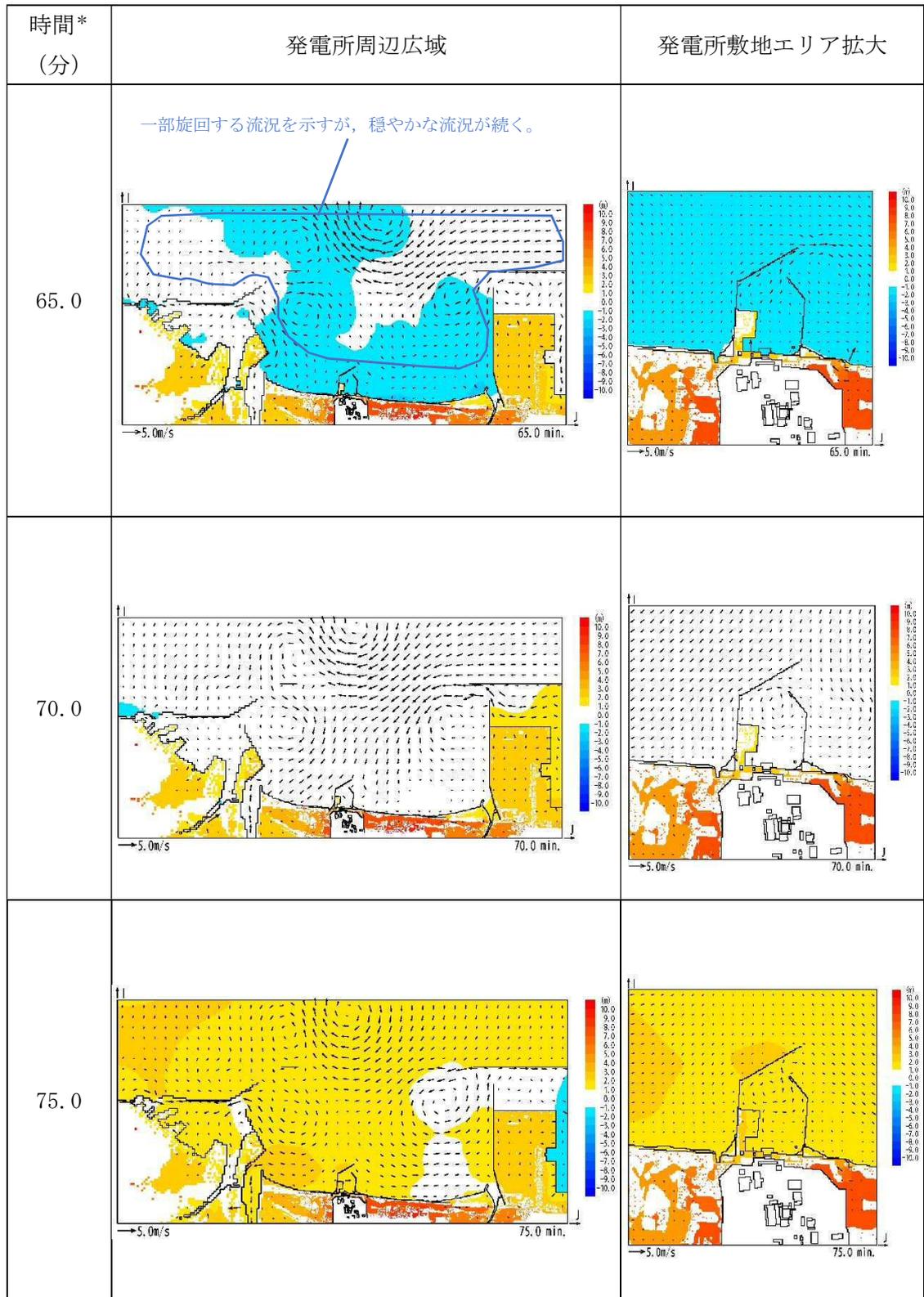
*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図2 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル
(防波堤ありの場合) (8/11)



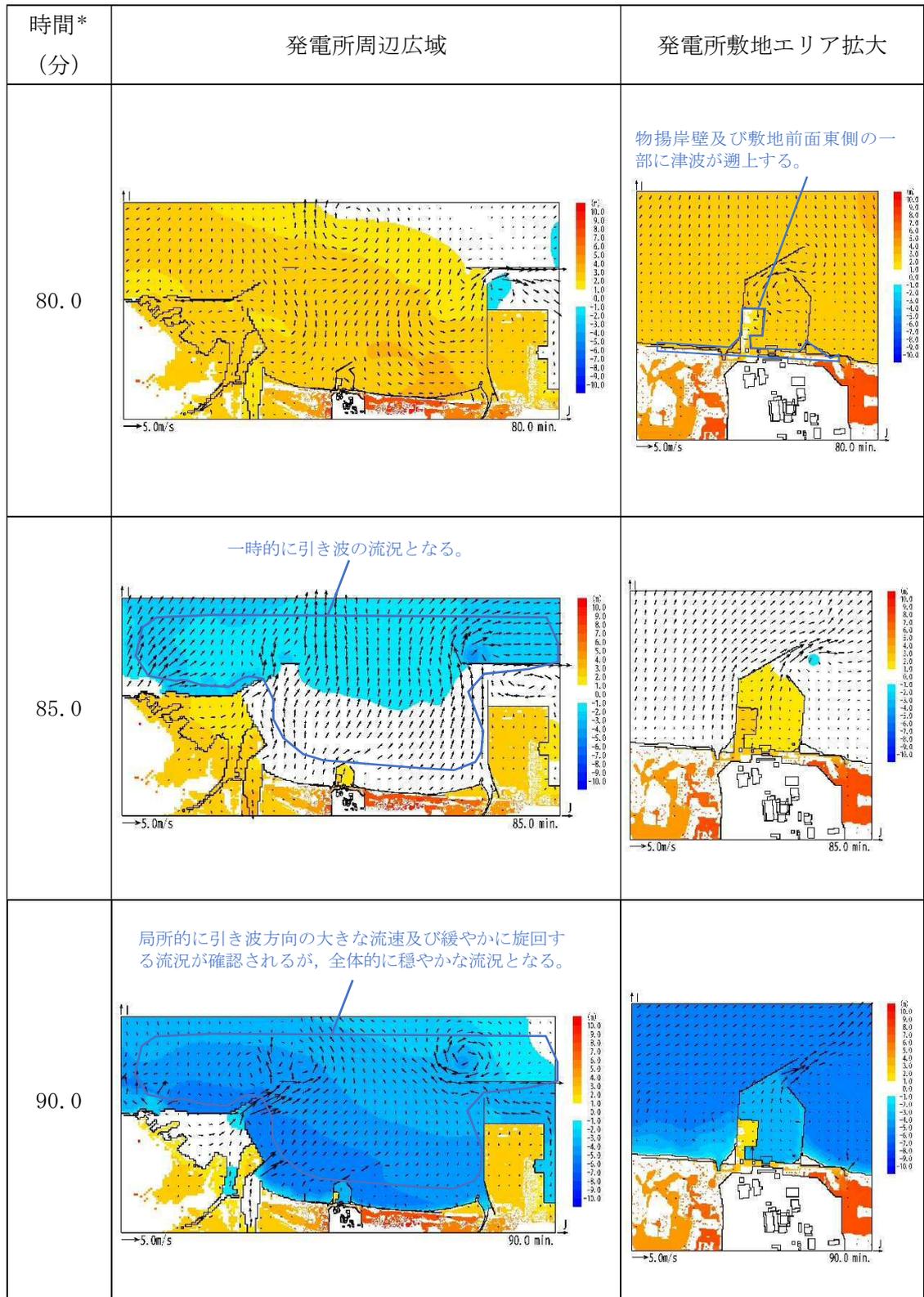
* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図2 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル
(防波堤ありの場合) (9/11)



*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図2 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル
(防波堤ありの場合) (10/11)



*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図2 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル
(防波堤ありの場合) (11/11)

図3に発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル（防波堤なしの場合）を示す。また、防波堤なしの場合における流況の考察の詳細を以下に示す。

b. 防波堤なし

(a) 津波襲来時（地震発生後 約34分～約40分）

イ. 発電所敷地エリア

東方より北西向きの流向を主流として襲来し、地震発生から約35分後に敷地前面に到達する。地震発生から約37分後には敷地への遡上が始まり、図3(4/11)の地震発生から38分後における発電所敷地エリア拡大図のように、取水口以北では防潮堤の敷地前面東側から敷地側面北側に沿うように遡上し、取水口以南では防潮堤の敷地前面東側から敷地側面南側に沿うように遡上する。地震発生から約40分後には引き波となる。

ロ. 発電所敷地エリア

東方より北西向きの流向を主流として襲来し、地震発生から約35分後に発電所北側エリア前面の海域に到達する。地震発生から約37分後には北西向きの流向を主流として発電所北側エリアの陸域及び久慈川へ遡上し、図3(5/11)の地震発生から40分後における発電所周辺広域図のように、発電所敷地エリアでは引き波へと転じる地震発生から約40分後においても、発電所北側エリアの陸域及び久慈川では津波の遡上が続く（地震発生から約43分後まで遡上が継続する）。

ハ. 発電所南側エリア

東方より北西向きの流向を主流として襲来し、地震発生から約34分後に発電所南側エリア前面の海域に到達する。地震発生から約35分後には北西向きの流向を主流として常陸那珂火力発電所敷地へ遡上し始め、図3(3/11)の地震発生から37.5分後における発電所周辺広域図のように、常陸那珂火力発電所敷地の北側からは南西向きの流向を主流とした津波が陸域へ遡上し、常陸那珂火力発電所敷地の南側からは北西向きの流向を主流とした津波が陸域へ遡上するが、地震発生から約40分後には引き波となる。国立研究開発法人日本原子力研究開発機構敷地では地震発生から約37分後に西向きの流向を主流とした津波が陸域へ遡上するが、地震発生から約39分後には引き波となる。

(b) 引き波時（地震発生後 約40分～約50分）

イ. 発電所敷地エリア

地震発生から約40分後に引き波へと転じ、敷地前面東側から外海へ向かう流況となる。引き波時は津波襲来時のように防潮堤に沿うような流況は示さず、図3(5/11)の地震発生から40分後における発電所敷地エリア拡大図のように、敷地前面東側の一部を除き、直接外海へ向かう流況となっている。この流況は地震発生から約50分後まで継続する。

ロ. 発電所敷地エリア

地震発生から約40分後以降においても久慈川及び久慈川周辺陸域については遡上を続けるが、地震発生から約43分後には引き波へ転じ始め、陸域から外海へ向かう流向を主流とした流況となる。この流況は地震発生から約50分後以降も継続する。

発電所北側エリアの前面海域については地震発生から約 40 分後には引き波へと転じ、外海へ向かう流況となる。この流況は地震発生から約 50 分後以降も継続する（地震発生から約 55 分後まで引き波が継続する）。

ハ. 発電所南側エリア

発電所南側エリアの常陸那珂火力発電所敷地では、地震発生約 40 分後から約 45 分後にかけて引き波となり、図 3（7/11）及び図 3（8/11）の発電所周辺広域図のように、地震発生から約 42 分後から約 45 分後にかけて常陸那珂火力発電所敷地前面海域にて旋回する流況となるものの、概ね遡上時とは逆の流向を主流とした流況となる。地震発生から約 50 分後には常陸那珂火力発電所敷地前面海域にて南向きの流向を主流とした流況となる。国立研究開発法人日本原子力研究開発機構敷地前面海域では地震発生約 40 分後から約 50 分後にかけて引き波となり、外海へ向う流向を主流とした流況となる。

(c) 収束時（地震発生後 約 50 分～約 90 分）

イ. 発電所敷地エリア

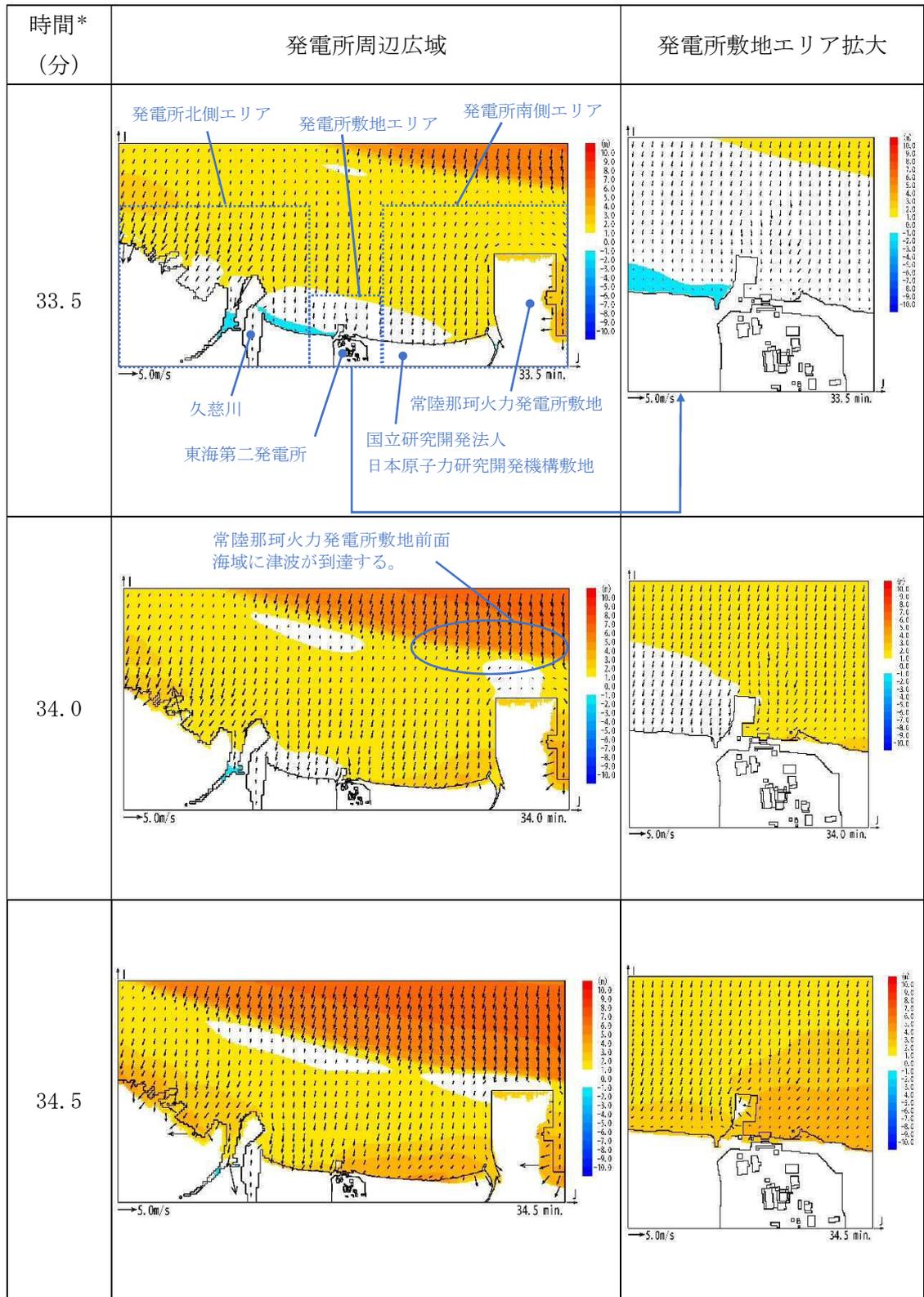
敷地前面海域において、地震発生から約 55 分後には南向きの流況となり、地震発生から約 65 分後には北向きの流況となるが、いずれも継続的な流況とはならず、地震発生約 65 分後から約 75 分後にかけては穏やかな流況が継続する。図 3（11/11）の地震発生から 80 分後における発電所敷地エリア拡大図のように、地震発生から約 80 分後に西向きの流向で津波が襲来し、物揚岸壁及び敷地前面東側の一部に津波が遡上するが、この流況が継続することはない、地震発生から約 85 分後には引き波へと転じ、地震発生から約 90 分後には一部で引き津波が継続するものの比較的穏やかな流況となる。

ロ. 発電所敷地エリア

地震発生から約 55 分後までは陸域から外海へ向かう流向を主流とした流況が継続する。地震発生から約 60 分後には北西へ向かう流向を主流とした流況となるが、継続的な流況とはならず、地震発生約 65 分後から約 80 分後にかけては穏やかな流況が継続する。地震発生約 85 分後から約 90 分後では引き波となり、外海へ向う流向を主流とした流況となる。

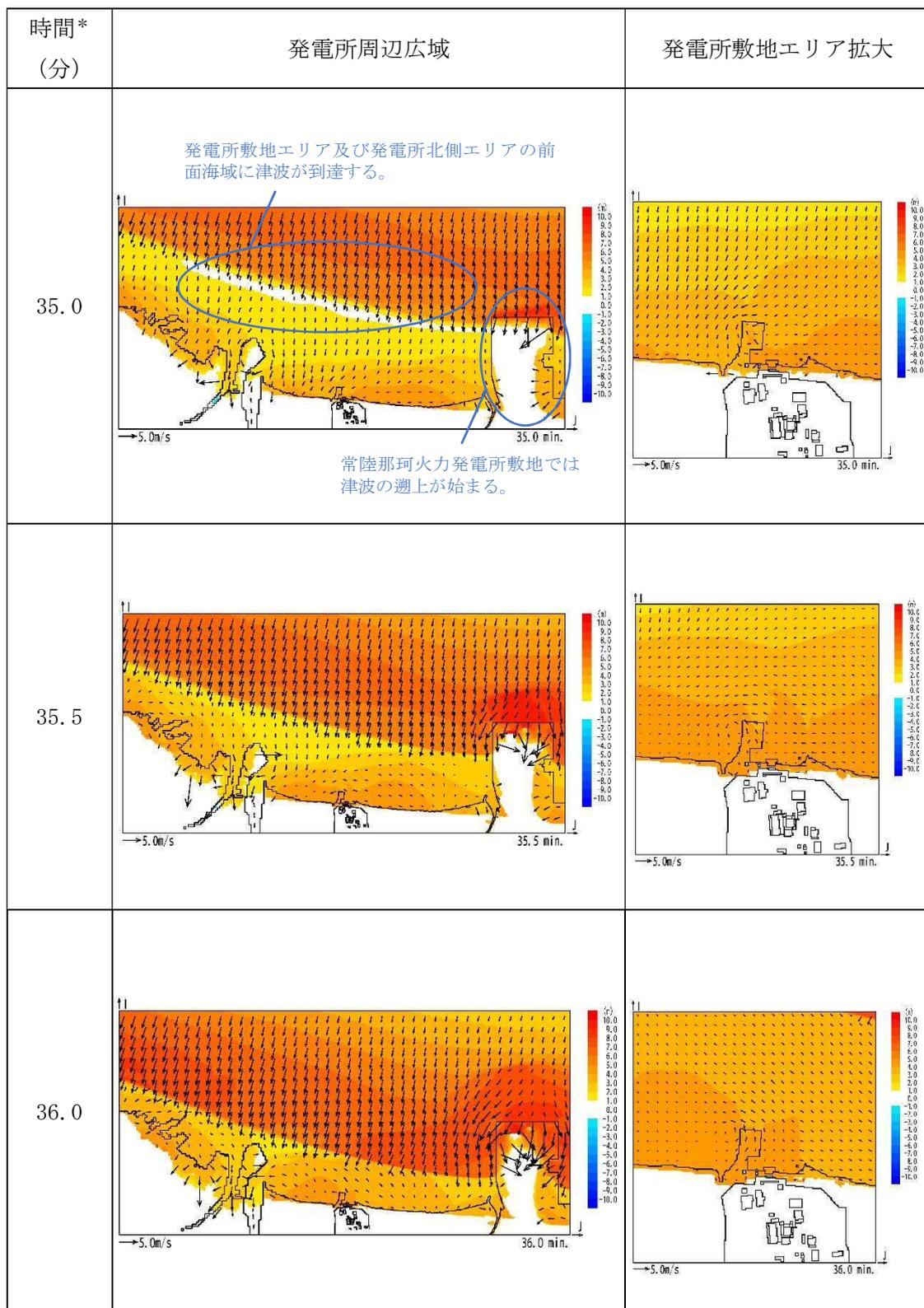
ハ. 発電所南側エリア

地震発生から約 55 分後にて西向きの流向を主流とした流況となるが、継続的な流況とはならず、地震発生約 60 分後から約 80 分後にかけては穏やかな流況が継続する。地震発生から約 85 分後に引き波へと転じ、地震発生から約 90 分後には再び穏やかな流況となる。



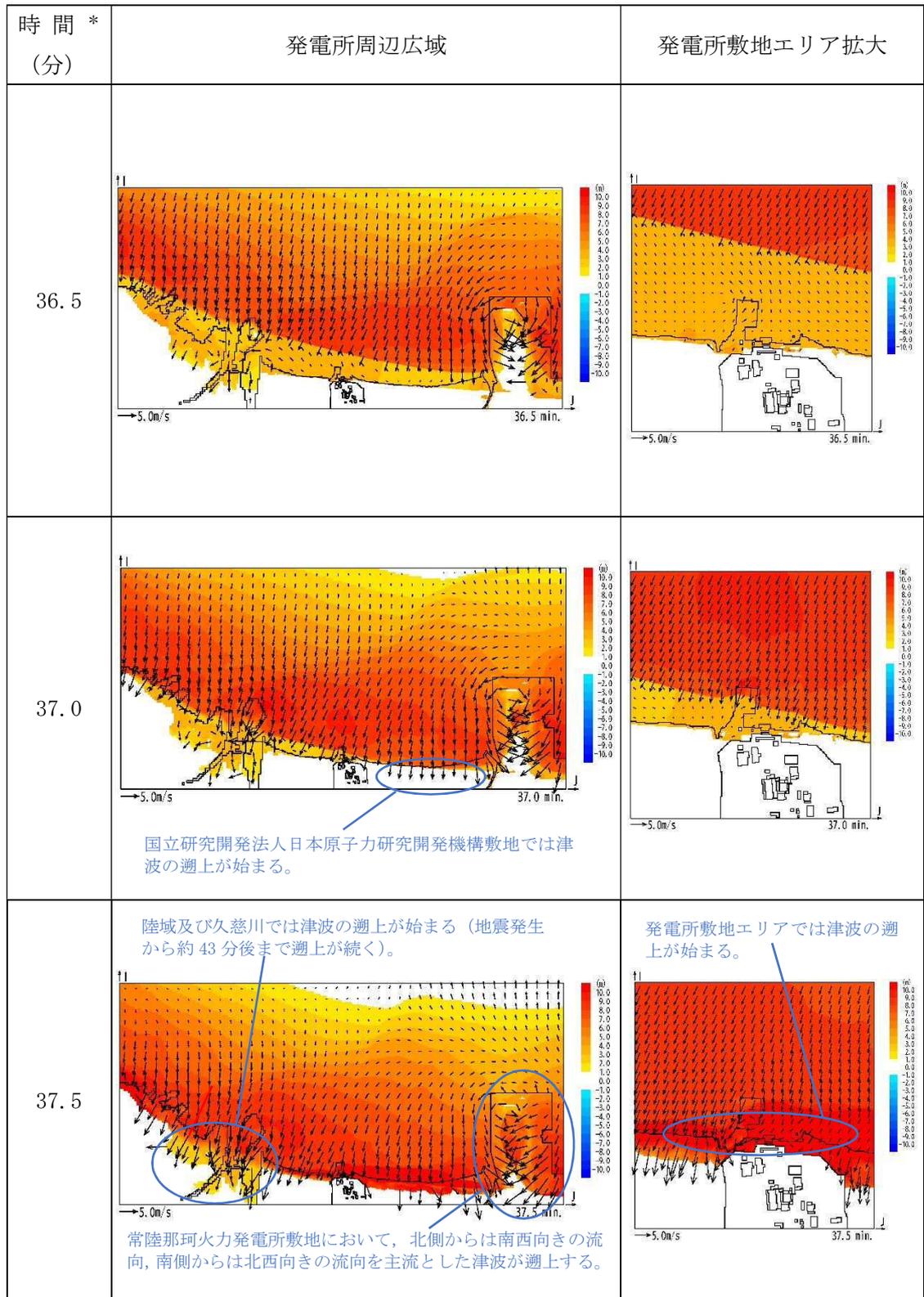
*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図3 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル
(防波堤なしの場合) (1/11)



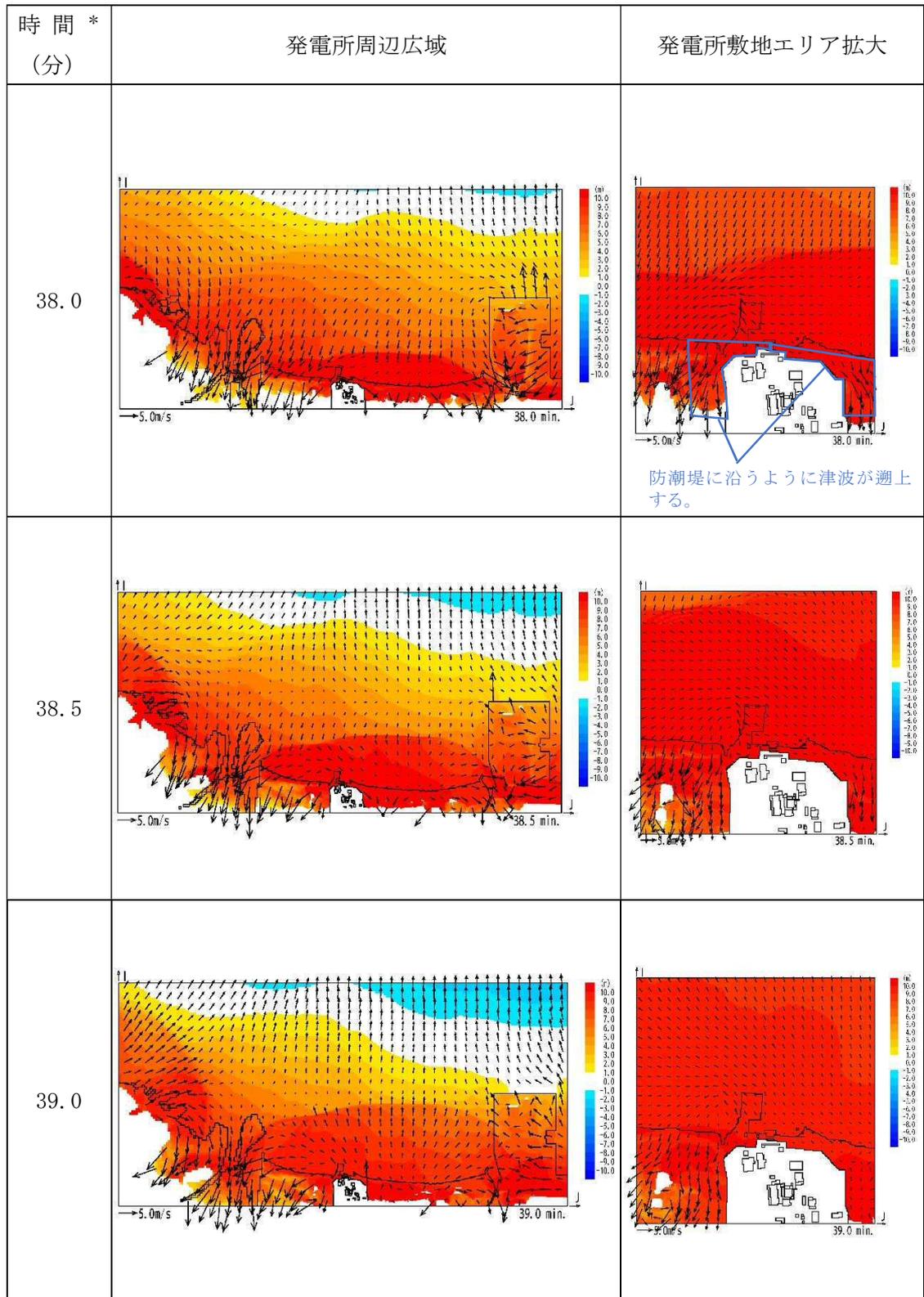
*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図3 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル
(防波堤なしの場合) (2/11)



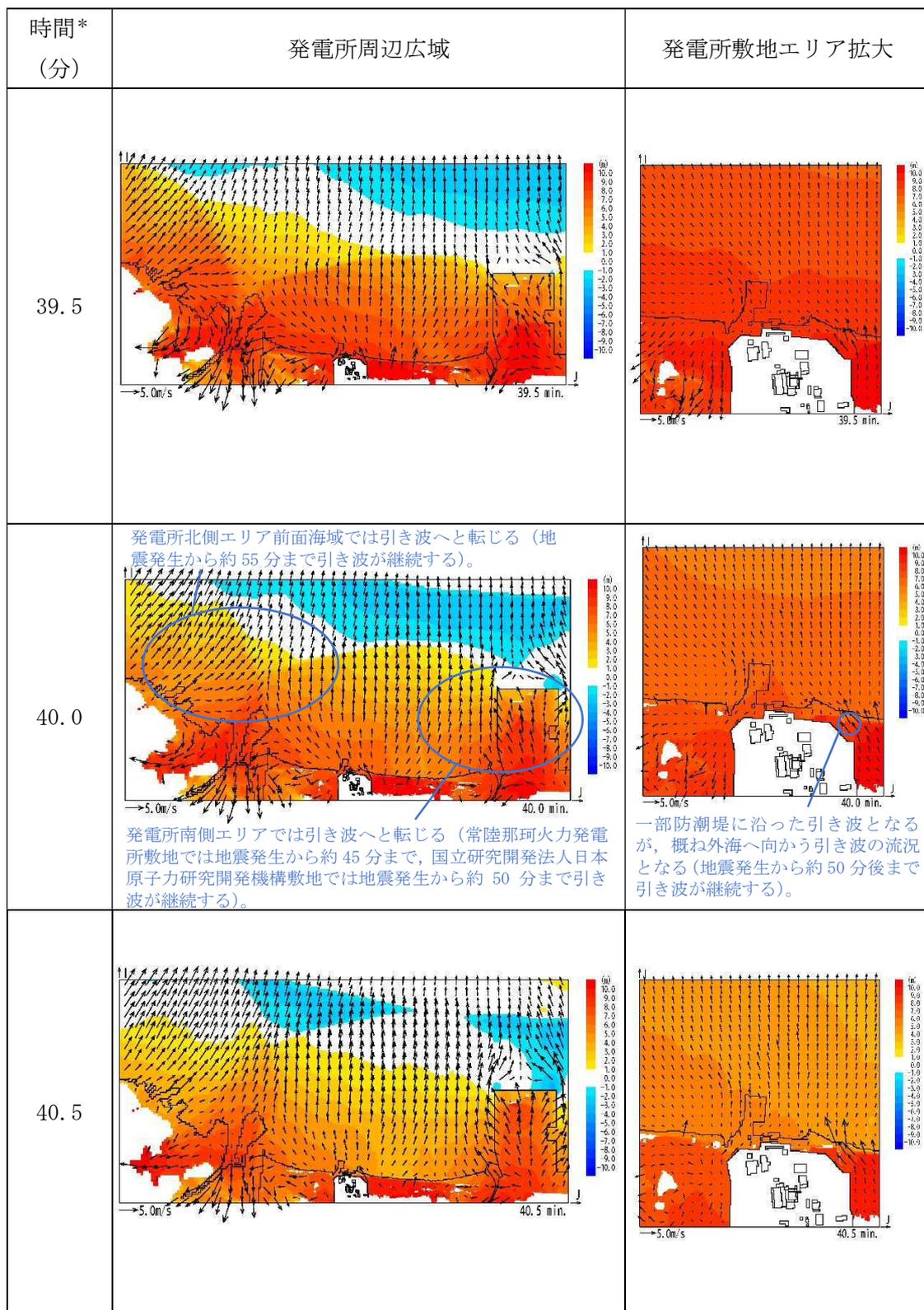
*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図3 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル
(防波堤なしの場合) (3/11)



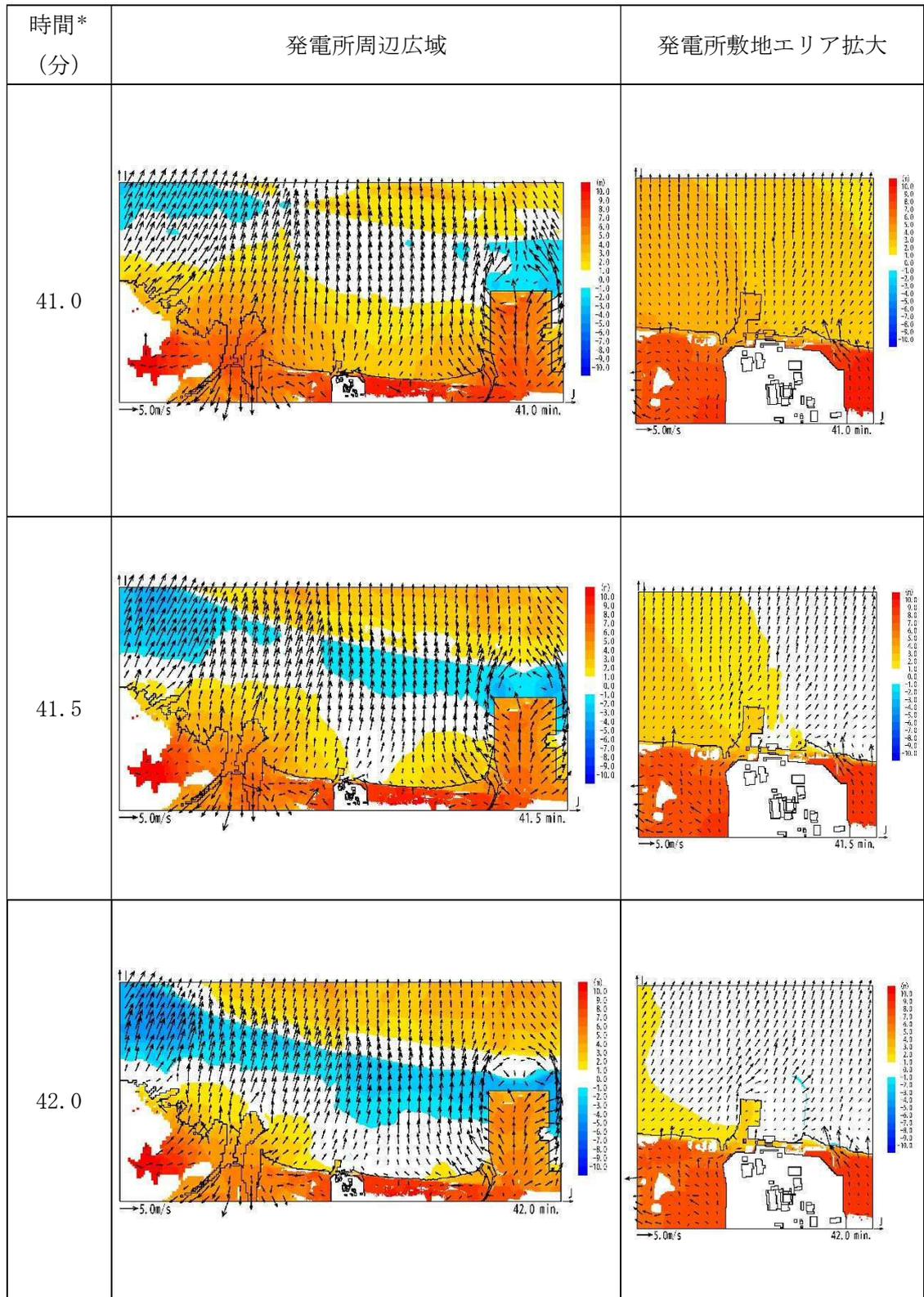
* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 3 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル
(防波堤なしの場合) (4/11)



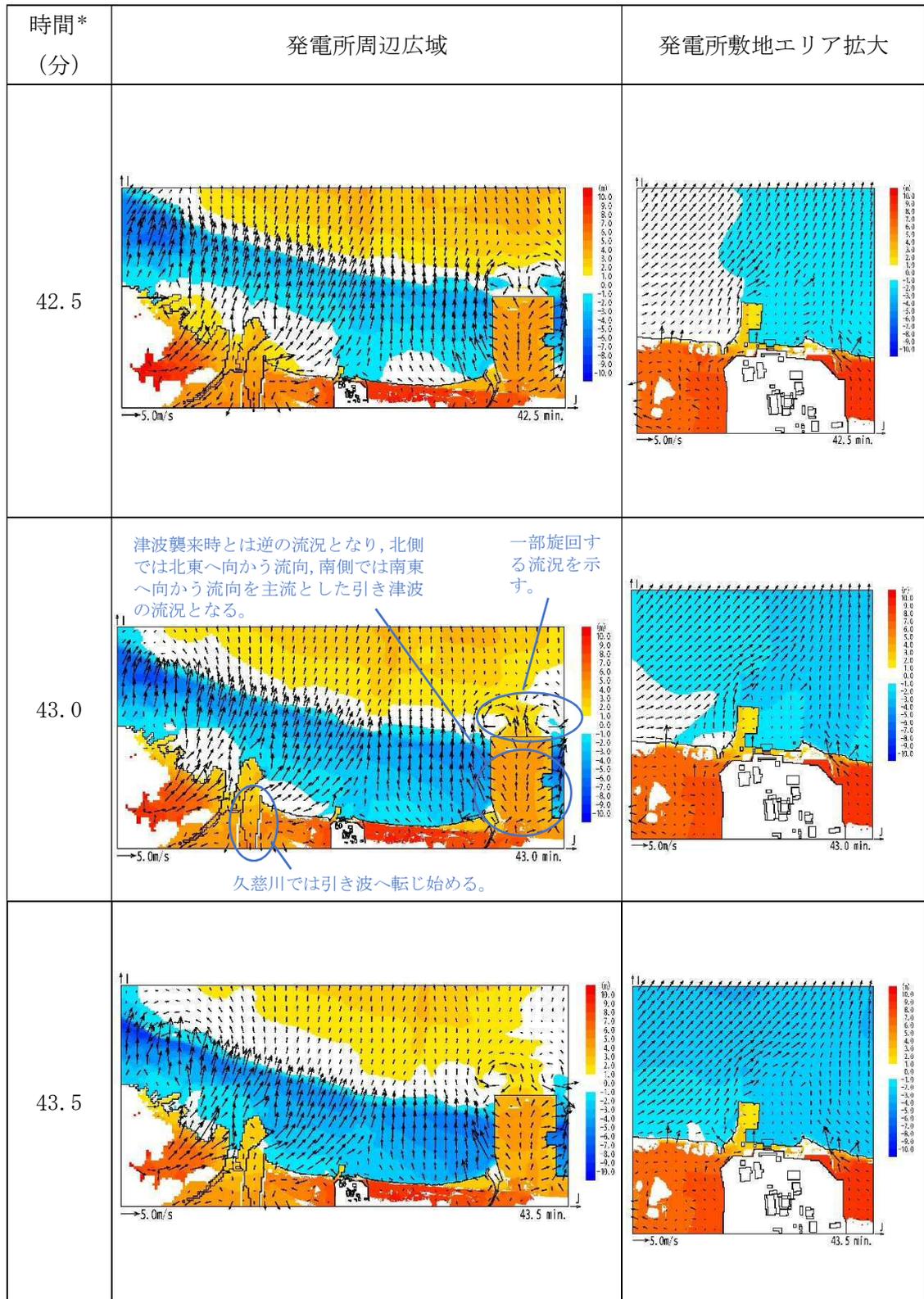
*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 3 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル
(防波堤なしの場合) (5/11)



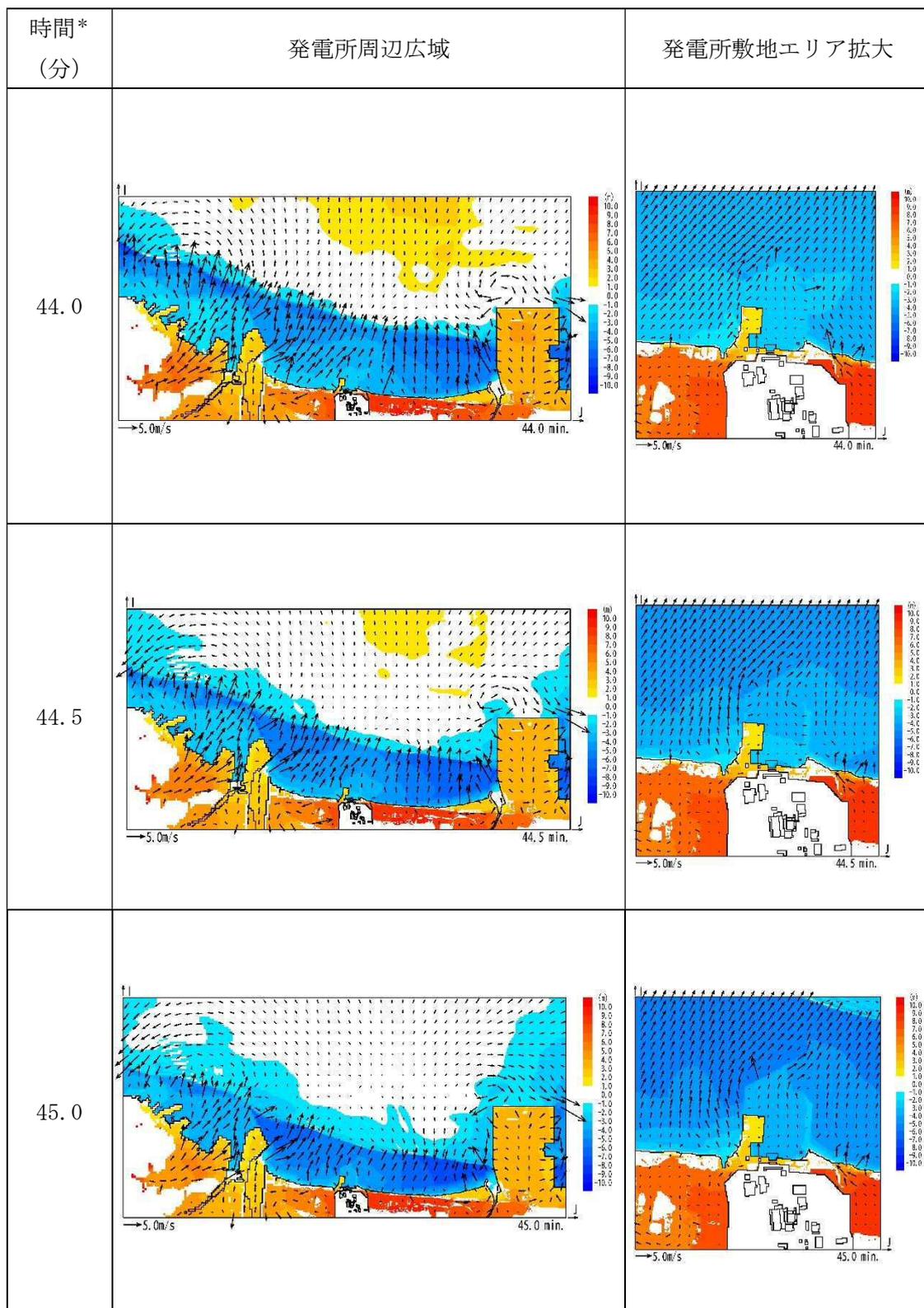
*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図3 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル
(防波堤なしの場合) (6/11)



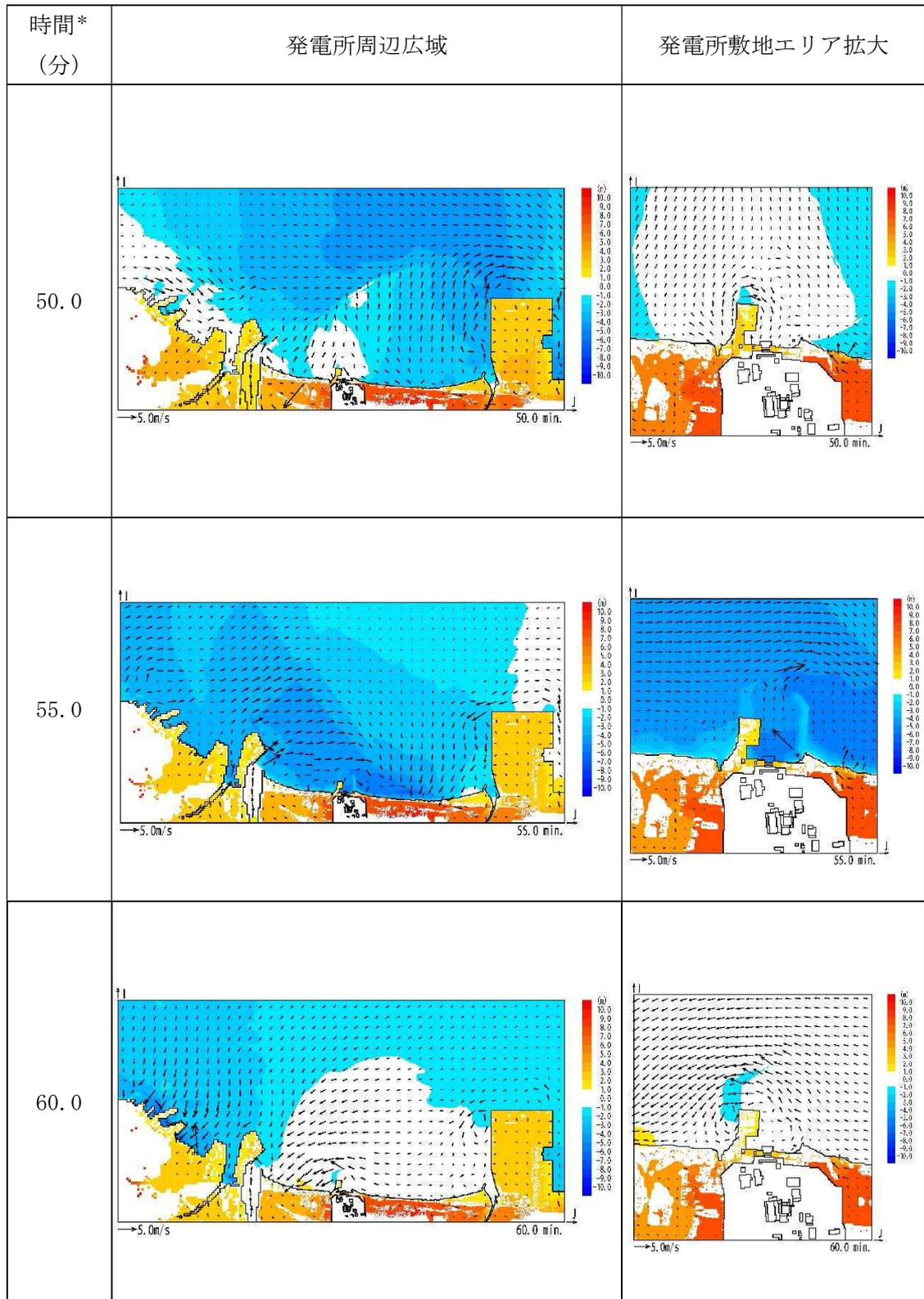
*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図3 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル
(防波堤なしの場合) (7/11)



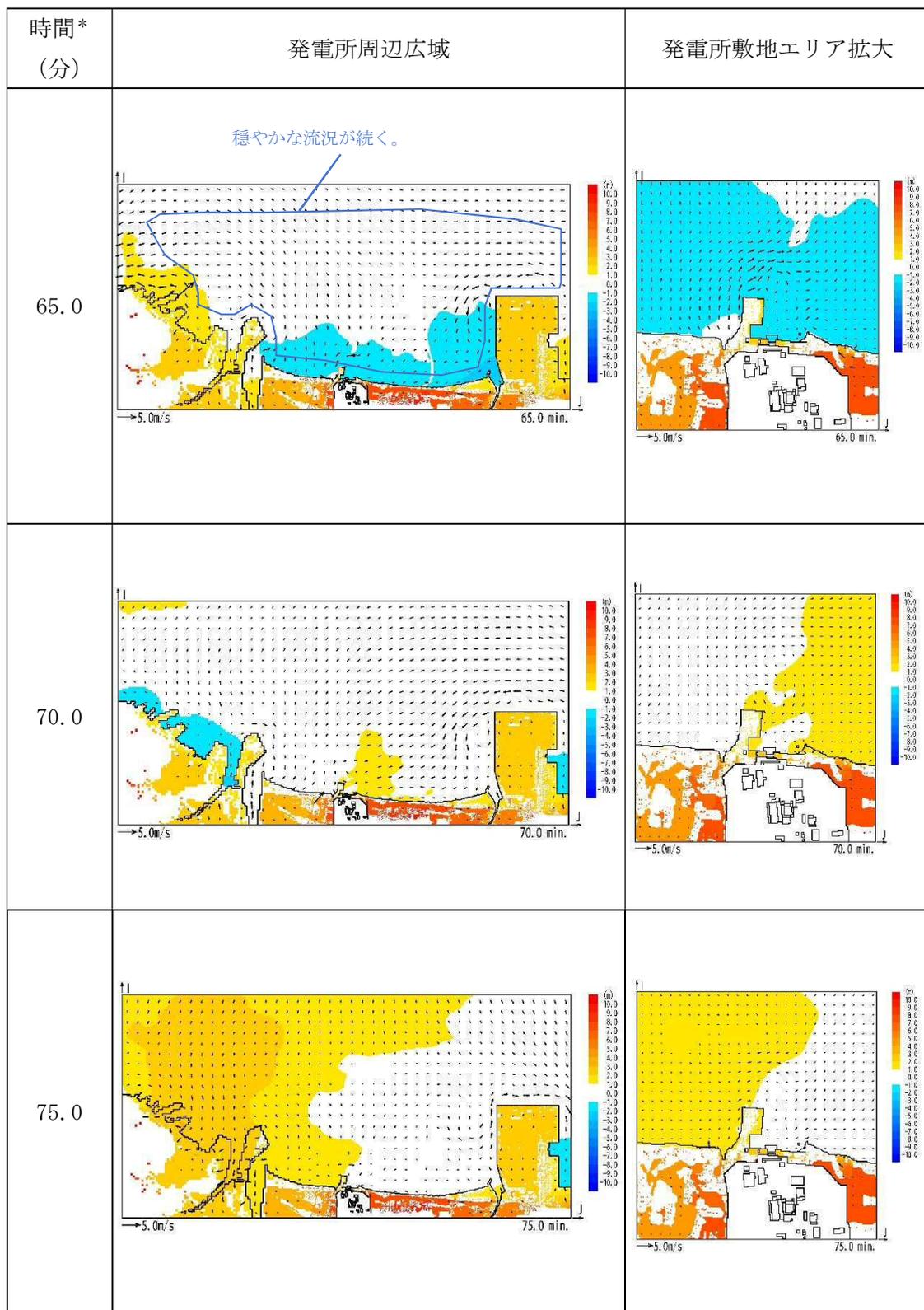
*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図3 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル
(防波堤なしの場合) (8/11)



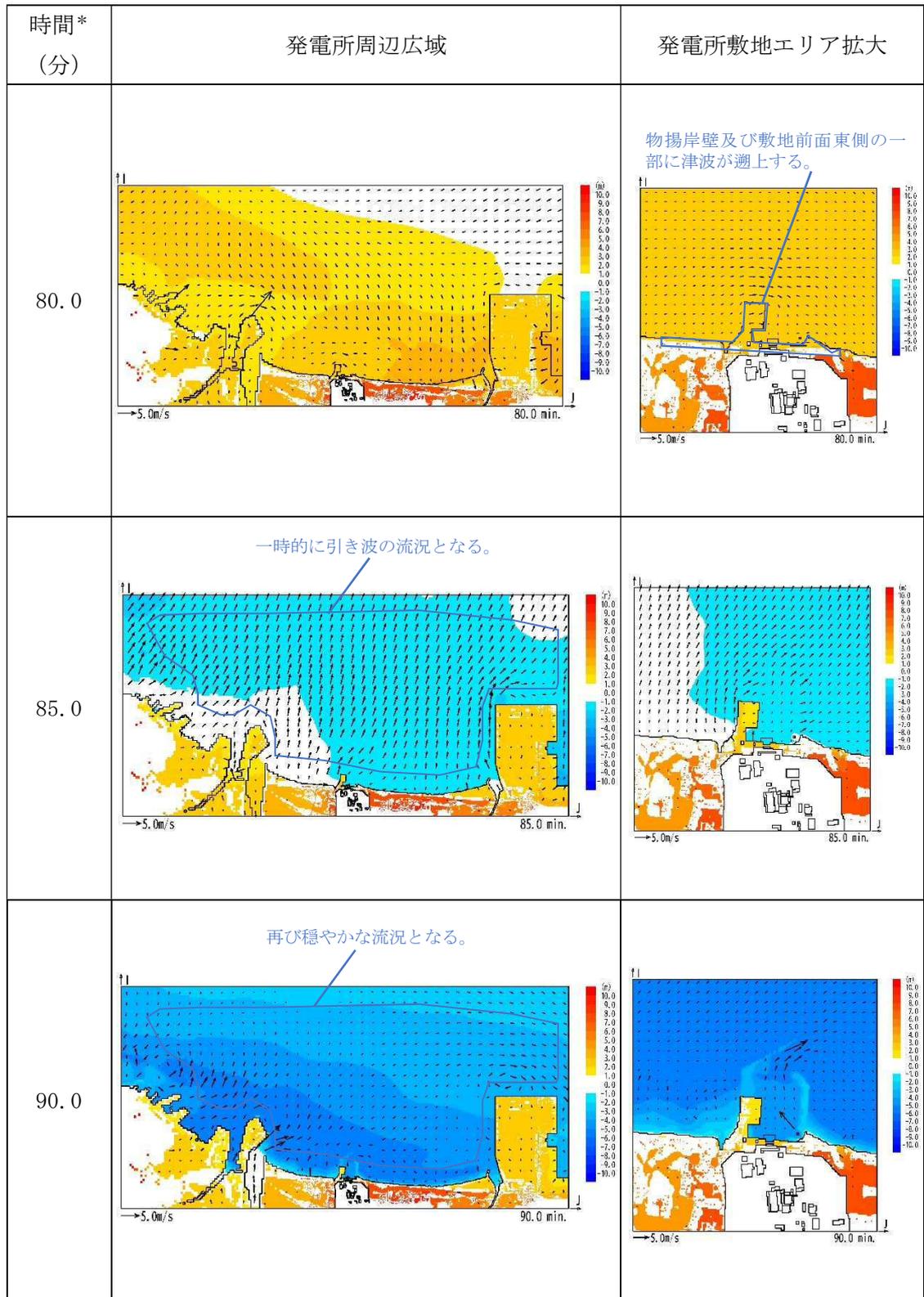
* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 3 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル
(防波堤なしの場合) (9/11)



* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 3 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル
(防波堤なしの場合) (10/11)



*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図3 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル
(防波堤なしの場合) (11/11)

2.2 漂流物の取水口及び津波防護施設等への到達可能性評価

「2.1(2) 津波流況の考察」に示した結果から、以下のとおり時間分類毎に漂流物の取水口及び津波防護施設等への到達可能性について評価を実施した。

(1) 津波襲来時（地震発生後 約 34 分～約 40 分）

発電所敷地エリアについては、津波襲来時の流況から、取水口以北の漂流物は敷地前面東側から敷地側面北側へ防潮堤に沿うように移動し、取水口以南の漂流物は敷地前面東側から敷地側面南側へ防潮堤に沿うように移動すると考えられる。

発電所北側エリアについては、津波襲来時の流況から、当該エリアの漂流物は北西方向へ移動すると考えられ、発電所敷地エリアでは引き波へと転じる時間においても当該エリアの漂流物は津波の遡上方向である北西へ移動すると考えられる。

発電所南側エリアのうち常陸那珂火力発電所敷地については、津波襲来時の流況から、常陸那珂火力発電所の敷地における漂流物のうち北側に存在するものは南方向へ移動し、南側にあるものは北方向へ移動すると考えられる。国立研究開発法人日本原子力研究開発機構敷地については、津波襲来時の流況から、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構敷地に存在する施設・設備は津波の遡上方向である西へ移動すると考えられる。しかしながら、発電所南側エリアの一部については東海第二発電所の敷地に隣接していることから、漂流物が取水口、津波防護施設である防潮堤の敷地前面東側及び敷地側面南側へ向かうことを否定できない。

以上より、漂流物の取水口及び津波防護施設等への到達可能性について以下のとおり整理した。

a. 取水口への到達可能性評価

発電所敷地エリアについては漂流物が取水口へ向かう可能性があるものと評価した。

発電所南側エリアについては漂流物が取水口へ向かう可能性があるものと評価した。発電所北側エリアにおける漂流物は陸域側または久慈川上流へ移動すると考えられることから、取水口へ向かわないと評価した。

b. 津波防護施設等への到達可能性評価

発電所敷地エリアについては漂流物が津波防護施設である防潮堤の敷地前面東側、敷地側面北側及び敷地側面南側へ向かう可能性があるため、津波防護施設等へ向かう可能性があるものと評価した。なお、漂流物の衝突力が大きいと考えられる津波襲来時の流況として、敷地前面東側においては防潮堤の軸直交方向に津波が襲来し、敷地側面北側及び敷地側面南側においては防潮堤に沿うように軸方向に津波が襲来することから、漂流物の衝突による影響が大きくなるのは敷地前面東側であると考えられる。

発電所南側エリアについては漂流物が津波防護施設である防潮堤の敷地前面東側及び敷地側面南側へ向かう可能性があるため、津波防護施設等へ向かう可能性があるものと評価した。

発電所北側エリアについては漂流物が津波の遡上方向である北西へ移動すると考えられることから津波防護施設等へ向かわないと評価した。

(2) 引き波時（地震発生後 約 40 分～約 50 分）

発電所敷地エリアについては、引き波時の流況から、漂流物が津波襲来時に敷地側面北側及び敷地側面南側へ移動した後に外海方向へ移動すると考えられるが、津波襲来時に敷地前面東側に漂流物が留まった場合、引き波時において漂流物が取水口又は貯留堰へ向かうことを否定できない。

発電所北側エリアについては、引き波時の流況から、漂流物が外海方向へ移動すると考えられる。

発電所南側エリアのうち常陸那珂火力発電所敷地については、引き波時の流況から、漂流物が外海へ移動すると考えられる。国立研究開発法人日本原子力研究開発機構敷地については、引き波時の流況から、漂流物が外海へ移動すると考えられる。

以上より、漂流物の取水口及び津波防護施設等への到達可能性について以下のとおり整理した。

a. 取水口への到達可能性評価

発電所敷地エリアについては漂流物が取水口へ向かう可能性がある。

その他のエリアにおける漂流物は継続的に外海方向へ移動すると考えられることから、取水口へ向かわないと評価した。

b. 津波防護施設等への到達可能性評価

発電所敷地エリアについては、津波襲来時に防潮堤の敷地側面北側及び敷地側面南側へ到達した漂流物が、引き波時に津波防護施設である貯留堰へ向かう可能性があるため、津波防護施設等へ向かう可能性があるものと評価した。

その他のエリアにおける漂流物は継続的に外海方向へ移動すると考えられることから津波防護施設等へ向かわないと評価した。

(3) 収束時（地震発生後 約 50 分～約 90 分）

発電所敷地エリアについては、収束時の流況から、発電所敷地前面の漂流物は一時的に外海へ移動すると考えられるが、比較的穏やかな流況が継続することから、漂流物は大きな移動を伴わないと考えられる。

発電所北側エリアについては、収束時の流況から、当該エリアの漂流物は一時的に外海へ移動すると考えられるが、比較的穏やかな流況が継続することから、漂流物は大きな移動を伴わないと考えられる。

発電所南側エリアについては、収束時の流況から、当該エリアの漂流物は一時的に外海へ移動すると考えられるが、比較的穏やかな流況が継続することから、漂流物は大きな移動を伴わないと考えられる。

以上より、漂流物の取水口及び津波防護施設等への到達可能性について以下のとおり整理した。

a. 取水口への到達可能性評価

各エリアにおける漂流物は大きな移動を伴わないと考えられることから、取水口へ向かわないと評価した。

b. 津波防護施設等への到達可能性評価

各エリアにおける漂流物は大きな移動を伴わないと考えられることから、津波防護施設等へは向かわないと評価した。

(参考 5) 地震による防波堤への影響評価について

1. 防波堤の施設概要

東海第二発電所の防波堤は、傾斜堤、ケーソン堤及び物揚岸壁からなる。傾斜堤は捨石や消波ブロック類からなり、上端には上部工を設置し道路として使用している。ケーソン堤は傾斜堤の先端部に 2 函ずつ設置されている。また、物揚岸壁は北側の防波堤にあり、港内側は控え杭式鋼管矢板の岸壁からなる。平面図及び構造断面図を図 1～図 8 に、東海港深淺図を図 9 に示す。

評価を行う断面は、構造形式の異なる傾斜堤、ケーソン堤、物揚岸壁の 3 断面を選定した。傾斜堤の評価位置は、水深が深い北防波堤先端付近とし、また、大型船舶の緊急離岸のための航路も考慮し、航路幅が最も狭隘となる断面①-①を選定した。ケーソン堤の評価断面は、同様に緊急離岸航路を考慮し南防波堤ケーソン堤断面②-②とした。

物揚岸壁の評価断面は、構造や水深が一様なため、大型船舶が接岸する中央位置の断面③-③とした。

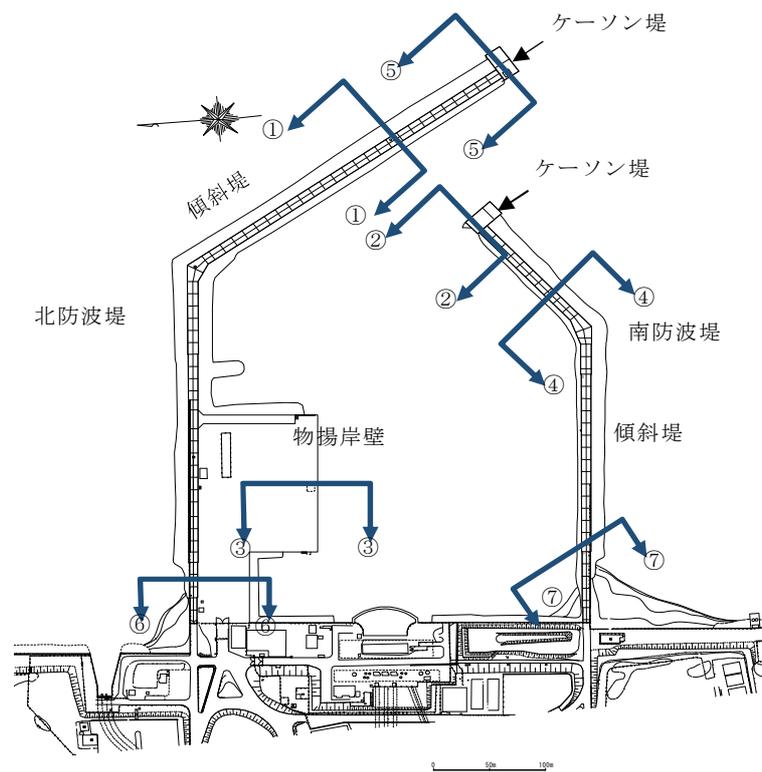


図 1 港湾施設平面図

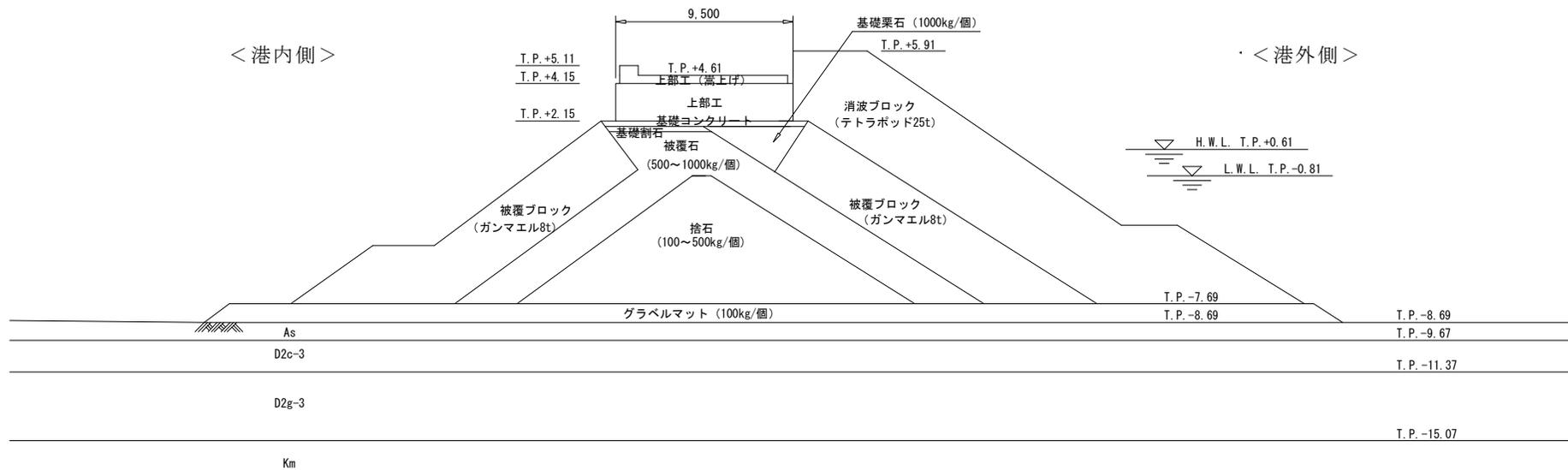


図2 北側防波堤傾斜堤断面 (①-①)

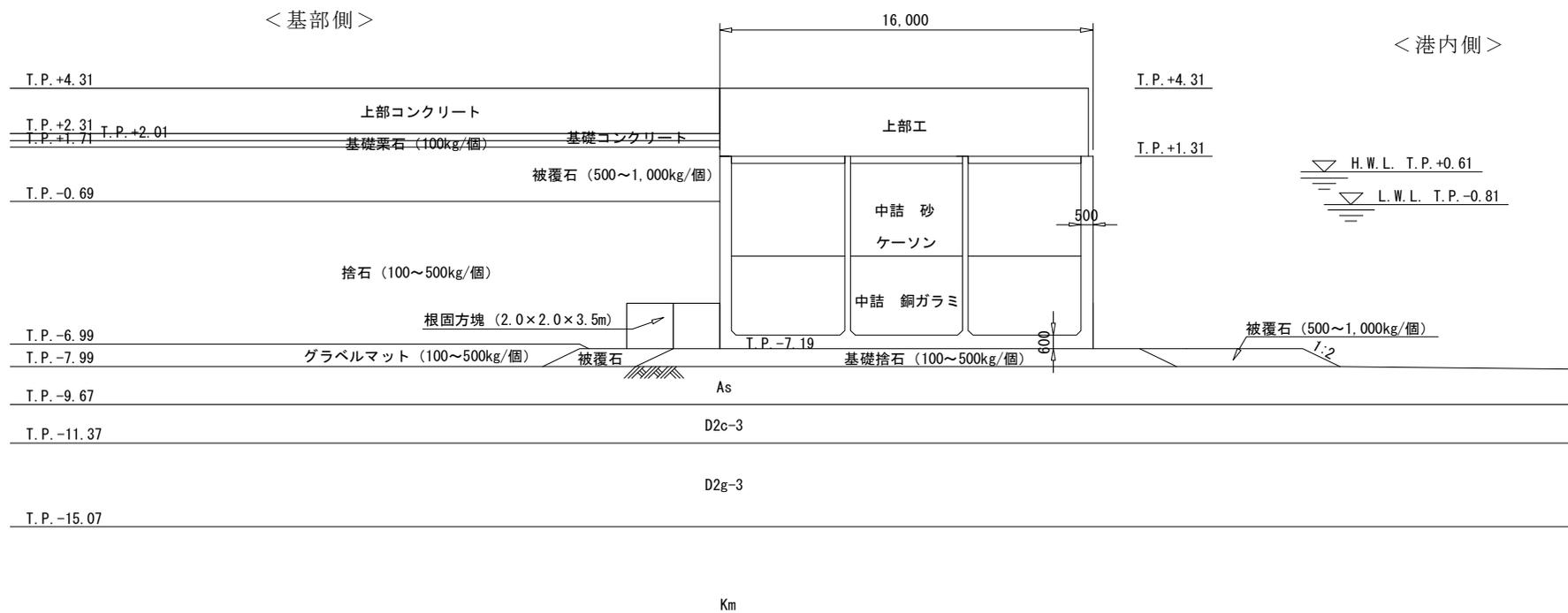
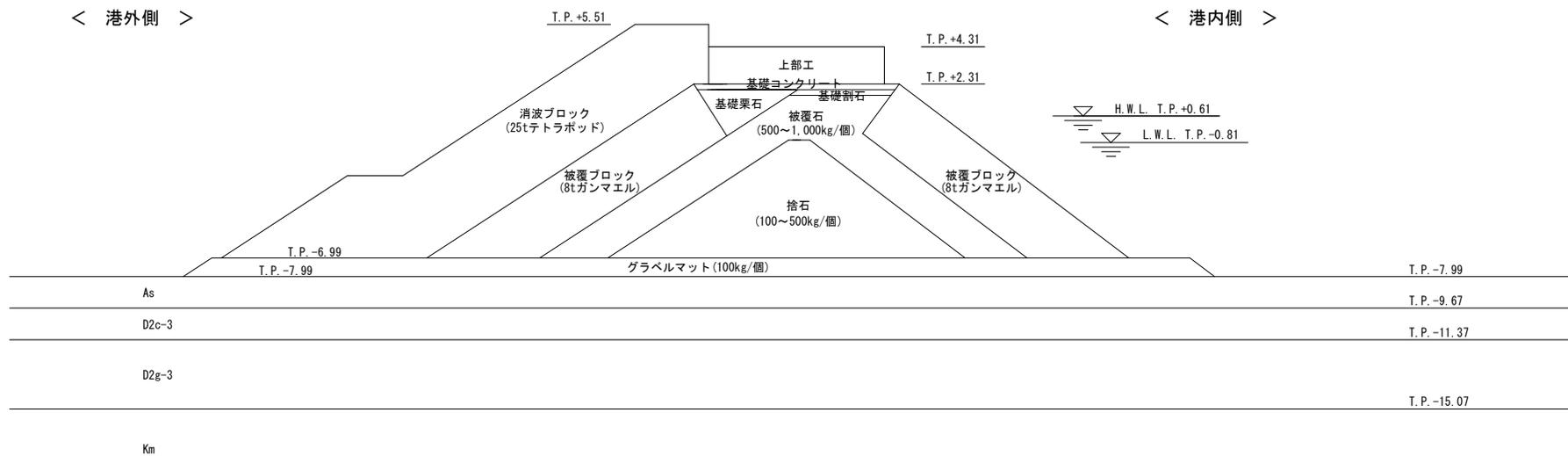


図3 南側防波堤ケーソン堤断面 (2-2)



5 図 南側防波堤傾斜堤断面 (④-④)

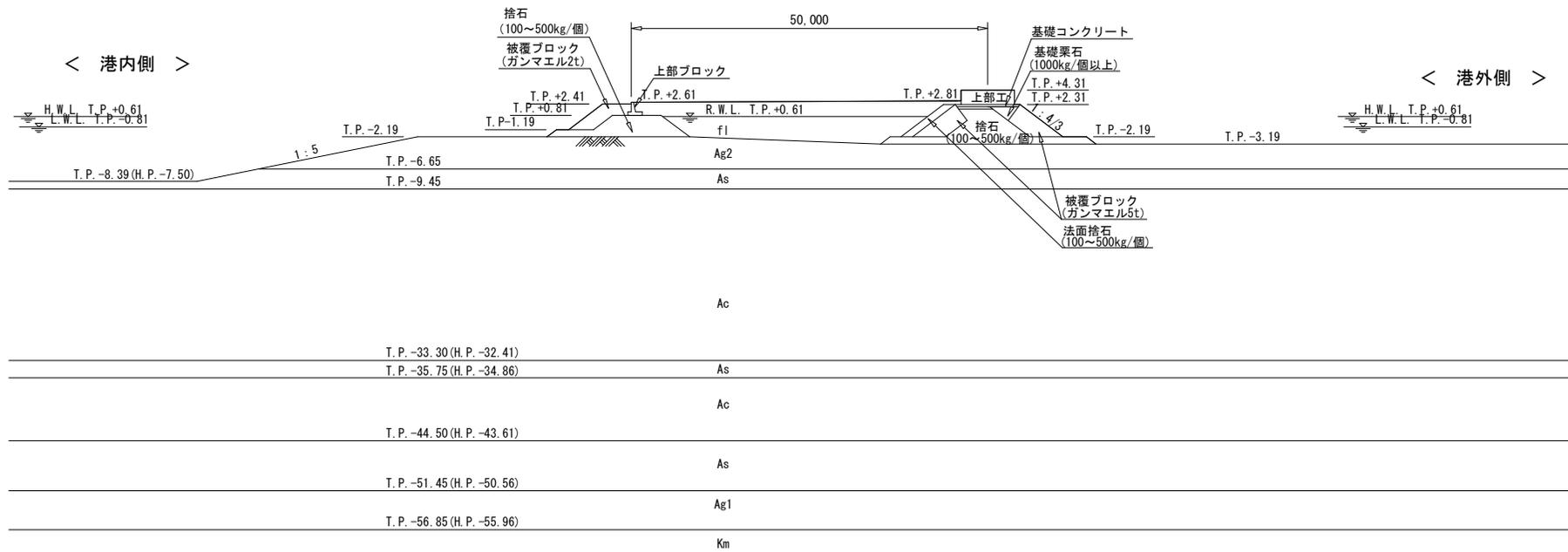


図7 物揚岸壁進入路断面 (⑥-⑥)

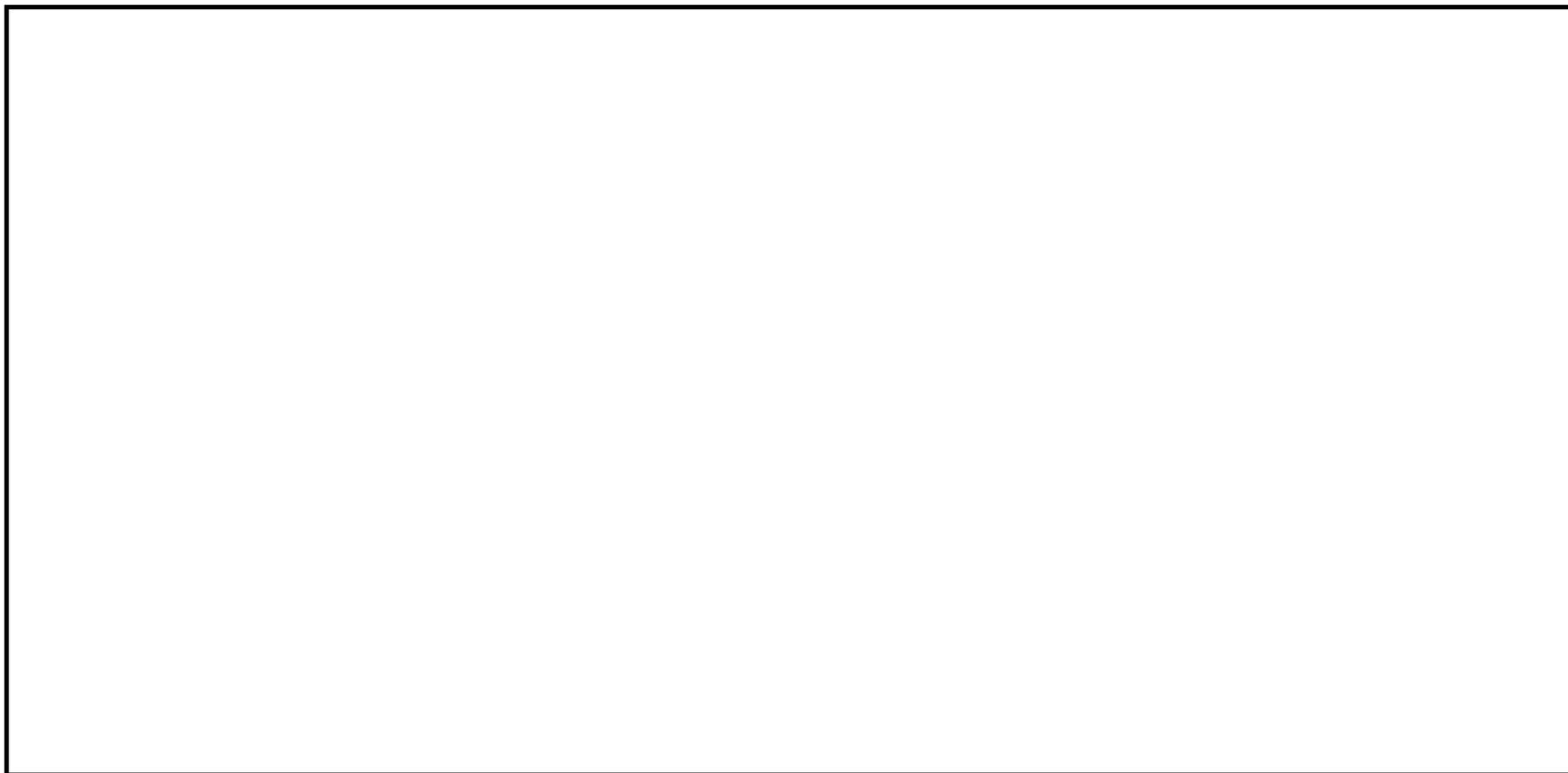


图 8 南防波堤陸側断面 (⑦—⑦)

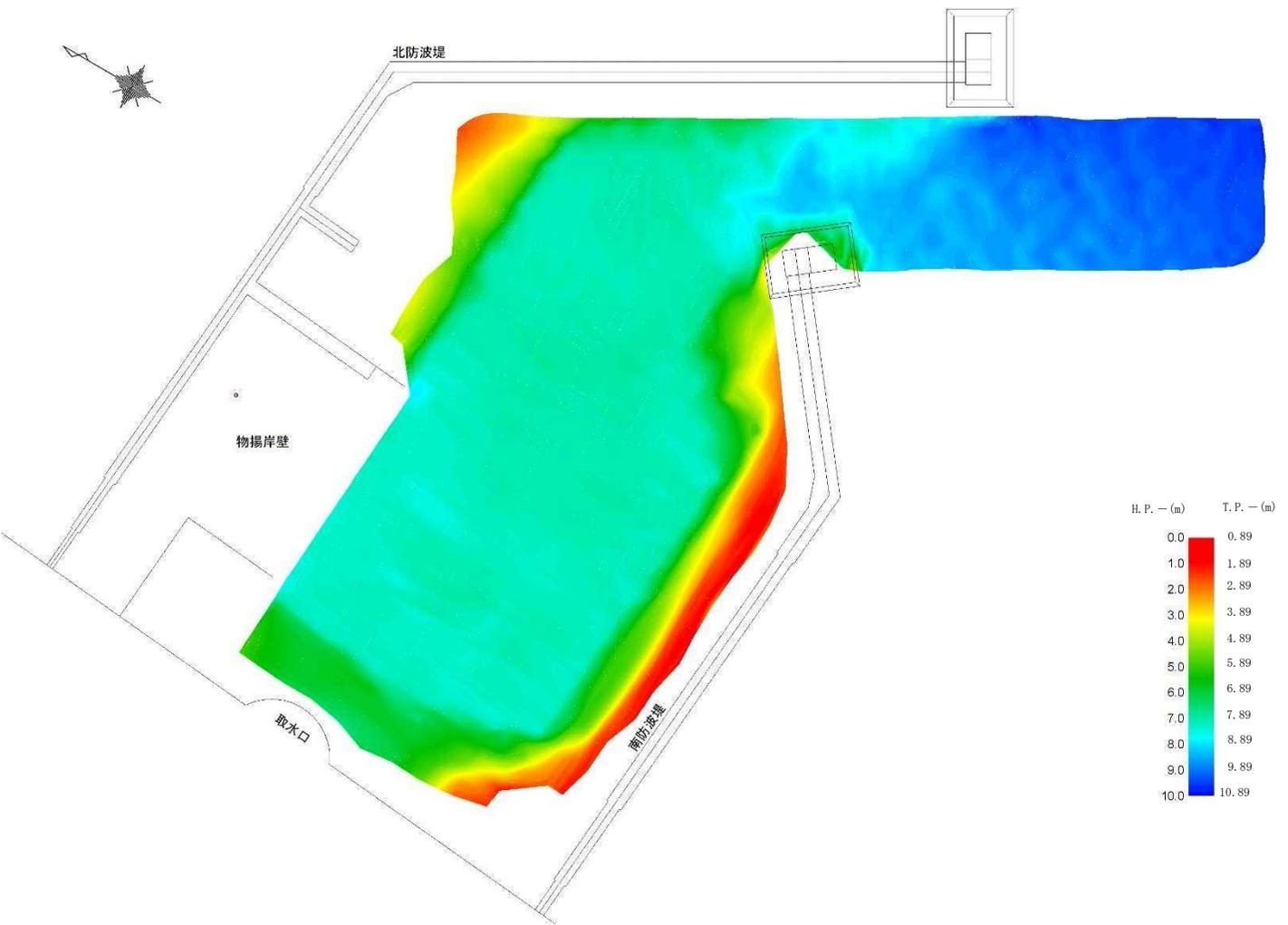


图 9 東海港深淺図 (2016 年 12 月 12 日測量)

2. 防波堤の漂流物化に係る検討方針

基準地震動 S_0 及び基準津波により損傷した防波堤が漂流物化した場合、取水施設である取水口及びSA用海水ピット取水塔の取水機能並びに貯留堰の海水貯留機能に波及的影響を及ぼすこととなる。

このため、防波堤の基準地震動 S_0 及び基準津波による耐性を確認するとともに、防波堤を構成する部材の漂流物化の可能性、取水施設への到着の有無について評価を行う。

その結果、取水施設への到達が否定できない場合、漂流物化した防波堤の構成部材に対して、取水施設に期待される機能への影響を確認する。

防波堤の漂流物化に伴う波及的影響検討対象施設と想定される損傷モードについて表1に、防波堤の漂流物化に係る波及的影響検討対象施設図を図10に、波及的影響検討フローを図11に示す。

なお、物揚岸壁については、対策を施すことで基準地震動 S_0 及び基準津波に対して健全性を確保し、漂流物化しない設計とする。

表1 波及的影響検討対象施設と損傷モード一覧表

波及的影響検討対象施設	損傷モード
取水口	<ul style="list-style-type: none"> 漂流物による閉塞 漂流物の堆積による取水量の減少
貯留堰	<ul style="list-style-type: none"> 漂流物の衝突による損傷 漂流物の堆積による貯留容量の減少
SA用海水ピット取水塔	<ul style="list-style-type: none"> 漂流物の衝突による損傷 漂流物による閉塞 漂流物の堆積による取水量の減少

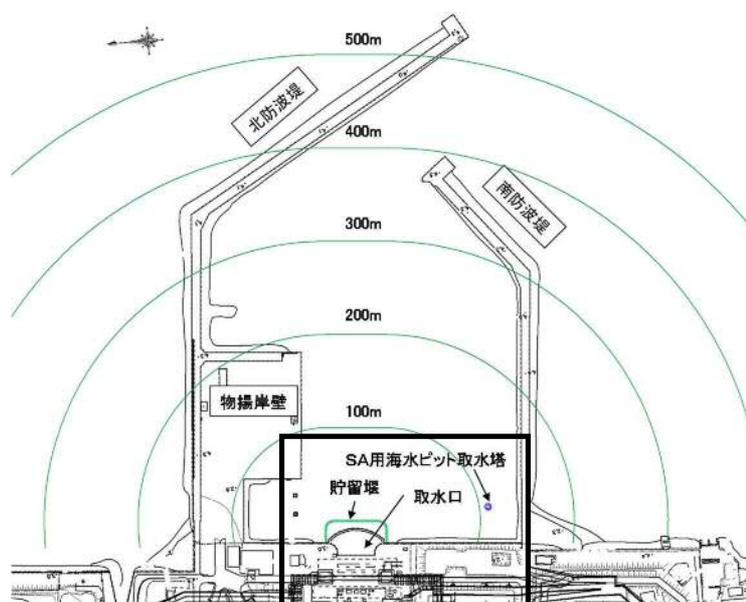


図10 波及的影響検討対象施設図

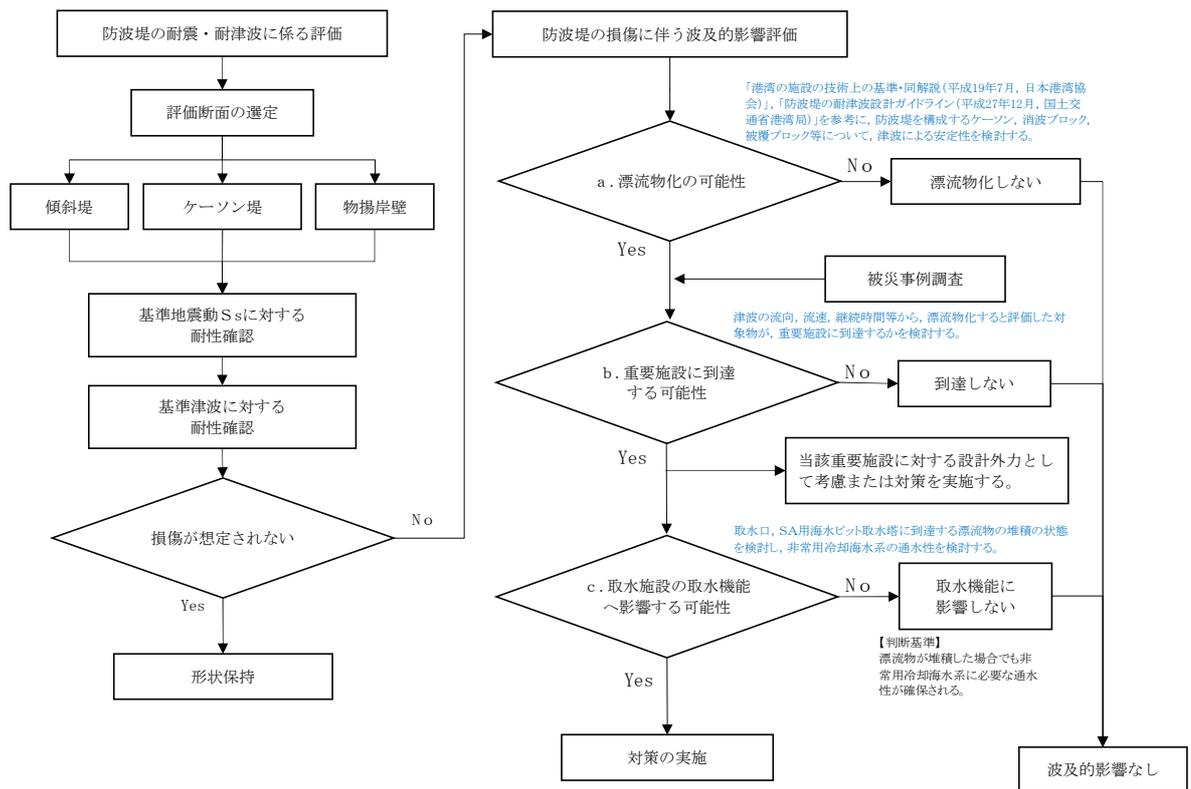


図 11 防波堤の漂流物化による波及的影響検討フロー

3. 地震時評価

3.1 有効応力解析による評価

(1) 解析方法

防波堤の基礎地盤には、液状化検討対象層が分布しているため、地震後の状態を確認する上で、二次元有効応力解析（FLIP Ver. 7.3.0_2）を用いた地震応答解析を行う。

1) 構造部材

ケーソン及び上部工は、剛体として挙動するため線形弾性体としてモデル化する。

傾斜堤を構成する捨石、被覆石等の石材はマルチスプリング要素でモデル化し、傾斜堤の基礎部ではない消波ブロックは節点荷重でモデル化する。

物揚岸壁の鋼管矢板、鋼管杭は、バイリニア型の非線形はり要素でモデル化し、タイロッドは、引張り方向に抵抗し、圧縮方向には抵抗しないバイリニア型の非線形バネ要素とする。

2) 地盤

地盤の動的変形特性には、Hardin-Drnevich モデルを適用したマルチスプリング要素により、割線せん断剛性比と履歴減衰率のせん断ひずみ依存性を考慮する。

3) 減衰定数

減衰特性は、数値計算の安定のための Rayleigh 減衰と、地盤の履歴減衰を考慮する。

(2) 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、以下の通り設定する。

1) 荷重

地震応答解析において考慮する荷重を以下に示す。

a. 常時荷重

常時荷重として、構造物及び海水の自重を考慮する。

物揚岸壁については、「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、上載荷重（15 kN/m²）を考慮する。

b. 地震荷重

地震荷重として、基準地震動 S_s による地震力を考慮する。

2) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 2 に示す。

表 2 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S_s)	a + b

(3) 入力地震動

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を一次元波動論によって地震応答解析モデルの下端位置で評価した地震波を用いる。

入力地震動算定の概念図を図 12 に示す。

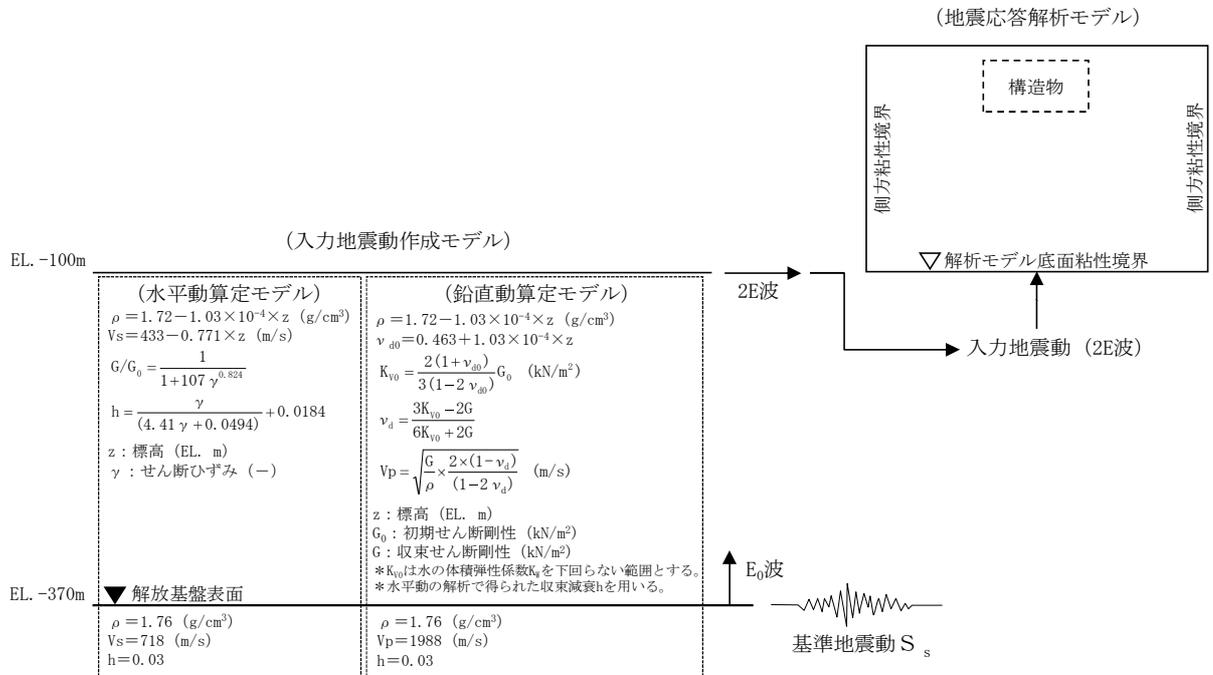


図 12 入力地震動算定の概念図

(4) 解析モデル

地震応答解析モデルを図 13 及び図 14 に示す。

1) 解析領域

解析領域は、側方境界及び底面境界が構造物の応答に影響しないよう、構造物と側方境界及び底面境界との距離が十分長くなるよう広く設定する。

2) 境界条件

解析領域の側面及び底面には、エネルギーの逸散効果を評価するため、粘性境界を設ける。

3) 構造物のモデル化

構造物のコンクリート部材は線形平面要素、鋼部材は非線形はり要素又は非線形バネ要素でモデル化する。また、傾斜堤の石材はマルチスプリング要素、消波ブロックは節点荷重でモデル化する。

4) 地盤のモデル化

地盤は、地質区分に基づき、平面ひずみ要素でモデル化する。

5) ジョイント要素

構造物と地盤の境界部にジョイント要素を設けることにより、構造物と地盤の剥離及びすべりを考慮する。

6) 水位条件

海面の水位は、基準津波時の水位評価に用いた朔望平均干潮位 L. W. L. T. P. -0.81 m とする。

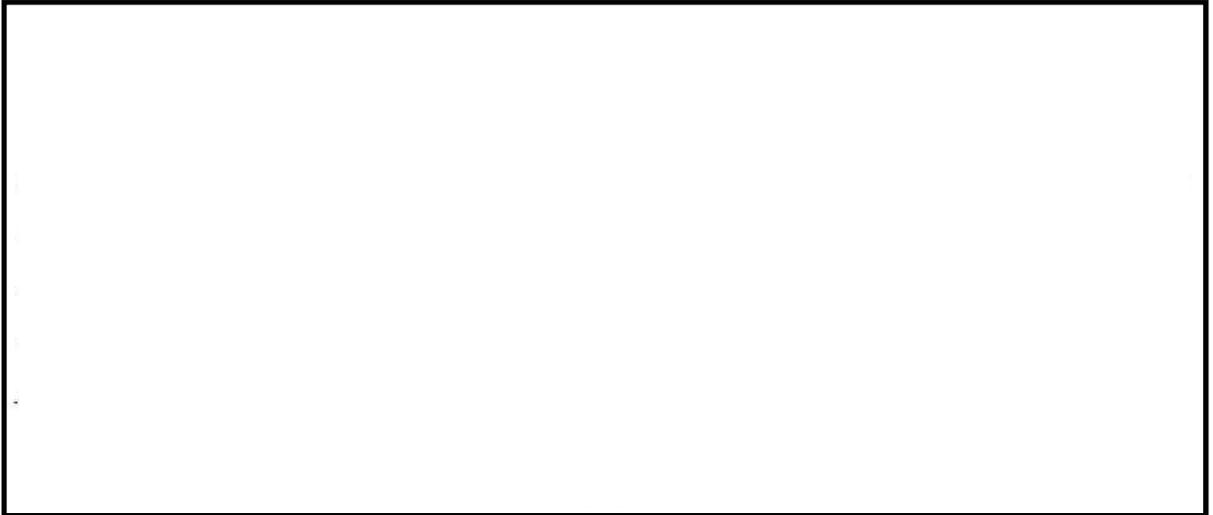


図 13 地震応答解析モデル（傾斜堤，ケーソン堤断面）

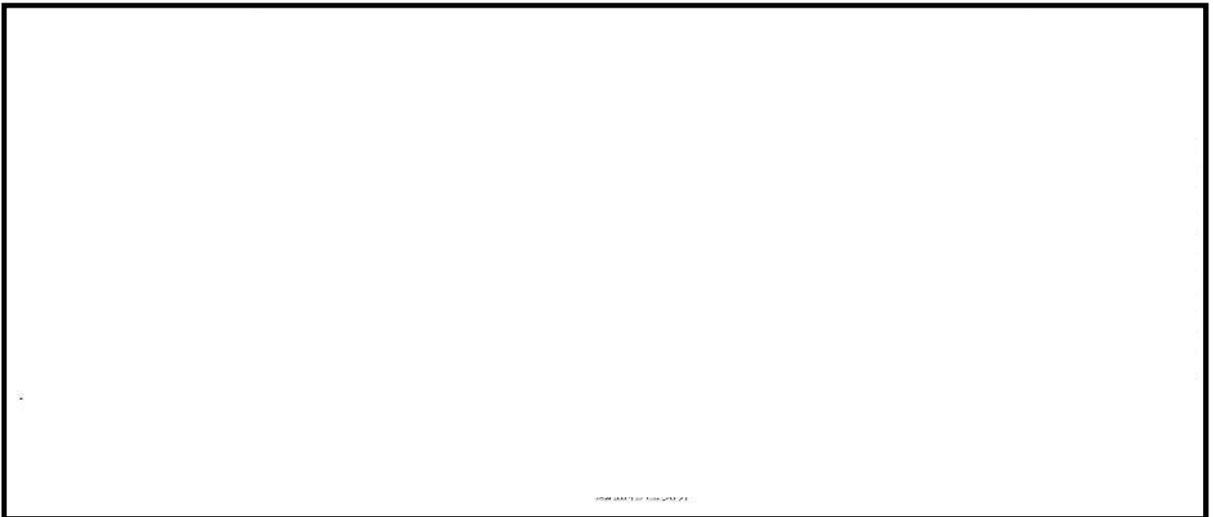


図 14 地震応答解析モデル（物揚岸壁断面）

(5) 使用材料及び材料の物性値

1) 構造物の物性値

使用材料を表3に、材料の物性値を表4に示す。

表3 使用材料

材料	部位	諸元
コンクリート	上部工	設計基準強度 24.0 N/mm ²
	基礎	設計基準強度 18.0 N/mm ²
	ケーソン (気中)	設計基準強度 24.0 N/mm ²
	ケーソン (海中)	設計基準強度 24.0 N/mm ²
鋼材	鋼管矢板, 控え工鋼管杭	SKY490, SKK490
	タイロッド	HT690

表4 材料の物性値

材料	部位	単位体積重量 (kN/m ³)	ヤング係数 (kN/mm ²)	ポアソン比
コンクリート	上部工	24.0	25	0.2
	基礎	22.6	22	0.2
	ケーソン (気中)	21.8	25	0.2
	ケーソン (海中)	21.8	25	0.2
	根固方塊	22.6	22	0.2
鋼材	鋼管矢板, 控え工鋼管杭	77.0	200	0.3
	タイロッド	—	200	—

2) 地盤の物性値

解析に用いる地盤の物性値と液状化パラメータを表 5 に示す。液状化検討対象層である du 層, Ag 2 層, Ac 層, Ag 1 層及び D 2 g - 3 層について液状化強度特性を設定する。液状化パラメータについては、液状化強度試験結果より設定する。

試験結果から設定した解析上の液状化強度曲線を図 15 に示す。なお、液状化強度特性が保守的に評価されるように、液状化強度試験値の平均 - 1σ の液状化強度特性を再現するように設定する。

表 5 (1) 地盤の物性値と液状化パラメータ

名称	記号	単位	du	Ag2	Ac	As
単位体積質量	ρ	t/m ³	1.98	2.01	1.65	1.74
間隙率	n	—	0.43	0.40	0.61	0.55
基準せん断弾性係数	G_{ma}	kN/m ²	253,389	278,044	121,857	143,367
基準体積弾性係数	K_{ma}	kN/m ²	443,431	463,407	111,702	250,892
基準平均有効主応力	σ_{ma}'	kN/m ²	358	497	480	378
拘束圧依存係数	mG,m K	—	0.50	0.50	0.50	0.50
ポアソン比	ν	—	0.26	0.25	0.10	0.26
内部摩擦角	ϕ	°	37.3	37.4	29.1	41.0
粘着力	c	kN/m ²	0	0	25	0
最大減衰定数	h_{max}	—	0.220	0.233	0.200	0.216
液状化パラメータ	ϕ_p	°	34.8	34.9	—	38.3
	s1	—	0.047	0.028	—	0.046
	w1	—	6.5	56.5	—	6.9
	p1	—	1.26	9.00	—	1.00
	p2	—	0.80	0.60	—	0.75
	c1	—	2.00	3.40	—	2.27

表 5 (2) 地盤の物性値と液状化パラメータ

名称	記号	単位	Ag1	D2c-3	D2g-3	Km
単位体積質量	ρ	t/m ³	2.01	1.77	2.15	$1.72-1.03 \times 10^{-4} \times Z$
間隙率	n	—	0.40	0.52	0.30	0.54
基準せん断弾性係数	G_{ma}	kN/m ²	392,183	285,240	1,361,843	$\rho \times V_s^2$
基準体積弾性係数	K_{ma}	kN/m ²	653,638	414,277	2,383,225	$2(1+\nu)/3/(1-2\nu) \times G_{ma}$
基準平均有効主応力	σ_{ma}'	kN/m ²	814	696	1167	動的変形試験における有効 上載圧と静ポアソン比より深 度毎に設定
拘束圧依存係数	mG,m K	—	0.50	0.50	0.50	0.00
ポアソン比	ν	—	0.25	0.22	0.26	$0.16+0.00025 \times Z$
内部摩擦角	ϕ	°	37.4	35.6	44.4	$23.2+0.099 \times Z$
粘着力	c	kN/m ²	0	26	0	$358-6.03 \times Z$
最大減衰定数	h_{max}	—	0.221	0.186	0.130	履歴減衰率のせん断ひずみ 依存性試験データを最小二 乗法誤差で再現する最大履 歴減衰率を設定
液状化パラメータ	ϕp	°	34.9	—	41.4	—
	s1	—	0.029	—	0.030	—
	w1	—	51.6	—	45.2	—
	p1	—	12.0	—	8.00	—
	p2	—	0.60	—	0.60	—
	c1	—	3.35	—	3.82	—

Z: 標高

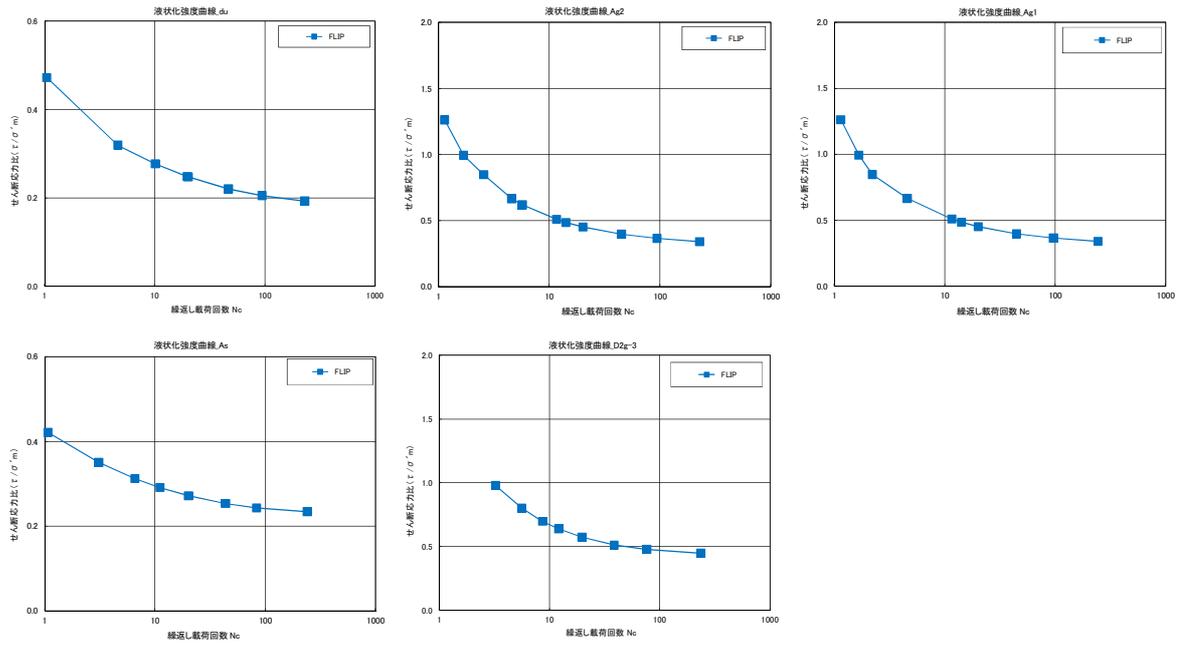


図 15 液状化強度曲線

3) ジョイント要素

構造物と地盤の境界部にジョイント要素を設けることを基本とし、境界部での剥離及びすべりを考慮する。ジョイント要素の特性は法線方向、接線方向に分けて設定する。D 2 g—3 線方向では、構造物と地盤の境界部のせん断抵抗力以上のせん断応力が発生した場合、剛性をゼロとし、すべりを考慮する。静止摩擦力 τf は Mohr-Coulomb 式により規定する。

4) 荷重の入力方法

a. 常時荷重

常時荷重である自重は、鉄筋コンクリートや鋼管矢板等の単位体積重量を踏まえ、構造物の断面の大きさに応じて算定する。

b. 地震荷重

地震荷重は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_0 を、一次元波動論によって地震応答解析モデルの下端位置で評価した地震波を用いて算定する。

(6) 評価結果

現状のケーソン堤，傾斜堤，物揚岸壁に対する評価結果を示す。

1) ケーソン堤

ケーソン堤は基準地震動 S_s 後に多少傾斜し，水平残留変位量は約 30 cm，鉛直残留変位量は約 26 cm である。

したがって，基準地震動 S_s 後，津波襲来前のケーソン堤の状態としては，ほぼ当初の位置，高さを確保しているものと判断される。残留変位図を図 16，過剰間隙水圧比分布図を図 17 に示す。

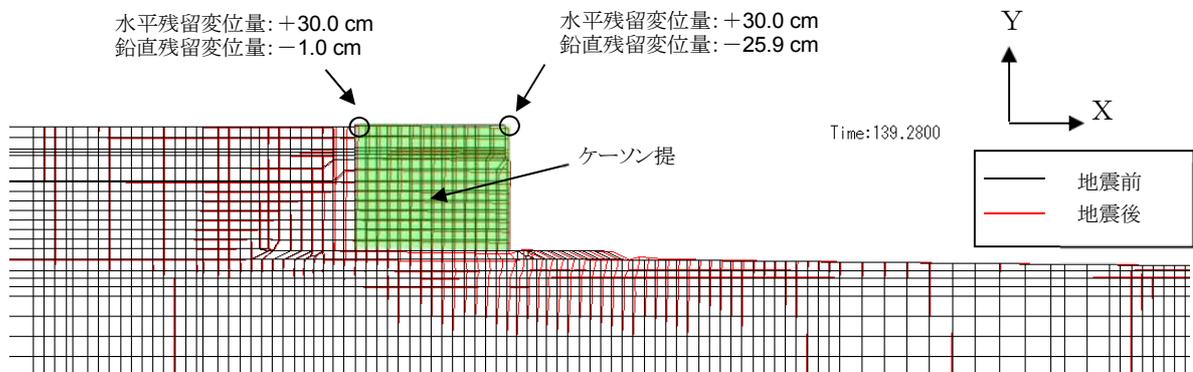


図 16 残留変位図（ケーソン堤）

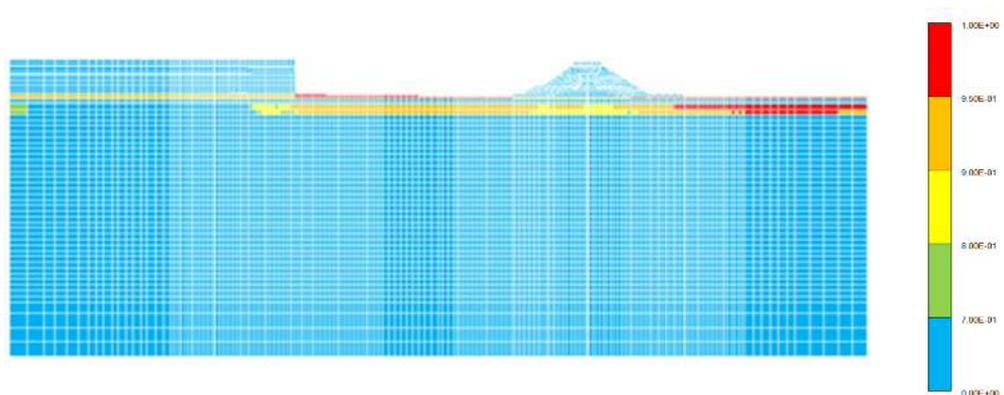


図 17 過剰間隙水圧比分布図（ケーソン堤）

2) 傾斜堤

傾斜堤の基準地震動 S_s による水平残留変位量は約 43 cm, 鉛直残留変位量は堤外側で約 97 cm である。

したがって, 基準地震動 S_s 後, 津波襲来前の傾斜堤の状態としては, ほぼ当初の位置に存在するものの, 傾斜堤天端高さとしては約 1 m 低い状態にあると判断される。残留変位図を図 18, 過剰間隙水圧比分布図を図 19 に示す。

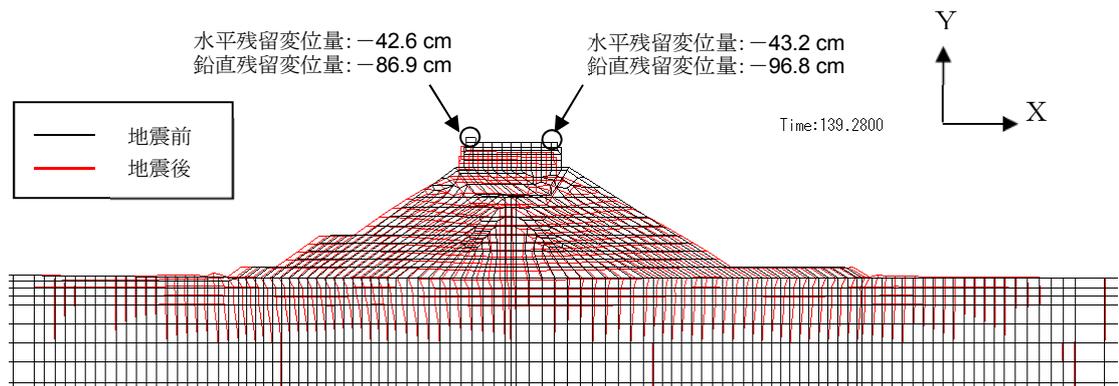


図 18 残留変位図 (傾斜堤)

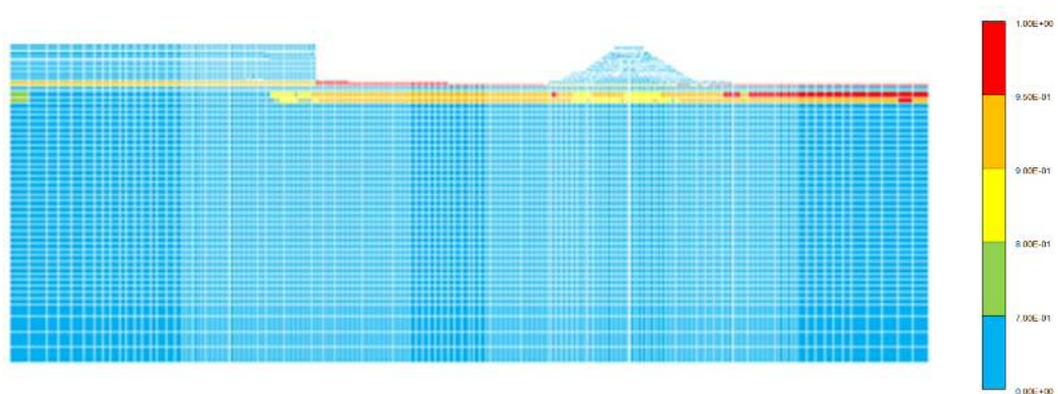


図 19 過剰間隙水圧比分布図 (傾斜堤)

3) 物揚岸壁

a. 物揚岸壁の耐震・耐津波裕度向上策

物揚岸壁においては、タイロッド及び控え杭の耐力を考慮せず、それらの代替耐力裕度向上策として、前面鋼管矢板背面の液状化対策を実施する。液状化対策により、前面鋼管矢板の発生曲げモーメント及び変形量を許容限界以内に収め、基準地震動 S_e 後においても、物揚岸壁が健全な状態を維持する設計とする。

具体的には、前面鋼管矢板による自立式岸壁及び地盤改良体（液状化対策）をモデル化した2次元有効応力解析を実施し、物揚岸壁の耐震健全性を確認する。

また、津波時の越流による前面鋼管矢板背後地盤の洗掘防止のため、表層改良を実施する。物揚岸壁の耐震・耐津波裕度向上策の概要を図20に示す。

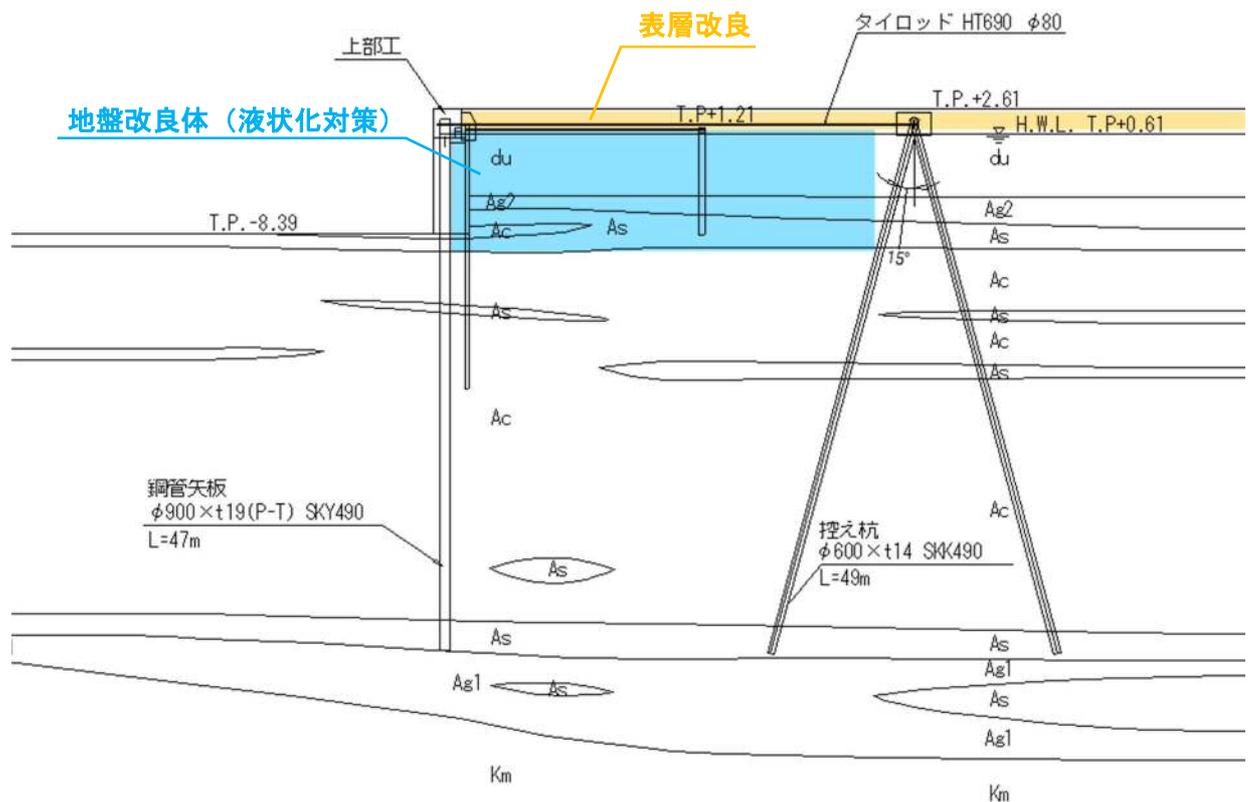


図20 物揚岸壁の耐震・耐津波裕度向上策の概要

b. 物揚岸壁の評価結果

物揚岸壁の耐震・耐津波裕度向上策をモデル化した2次元有効応力解析を実施し、前面鋼管矢板の発生曲げモーメント及び変形量が許容限界以下であることを確認した。

3.2 過剰間隙水圧の消散に伴う沈下量（排水沈下量）

地震時評価として、過剰間隙水圧の消散に伴う沈下量（排水沈下量）の算定を実施した。排水沈下量の算定は、ケーソン堤及び傾斜堤断面に対して行った。排水沈下量の検討結果を表6に示す。

排水沈下量の算定に用いる排水沈下率は、Ishihara ほか（1992）の地盤の相対密度に応じた最大せん断ひずみと体積ひずみ（沈下率）の関係から設定した。排水沈下量の計算に用いる沈下率は、解析結果の最大せん断ひずみによらず、安全側に体積ひずみ（沈下率）の最大値を採用した。排水沈下量の算定フローを図21に、相対密度より設定した沈下率を図22に示す。

ケーソン堤の排水沈下量は最大0.085 m、傾斜堤の排水沈下量は最大0.070 mとなった。

表6 排水沈下量

	ケーソン堤	傾斜堤
最大排水沈下量(m)	0.085	0.070

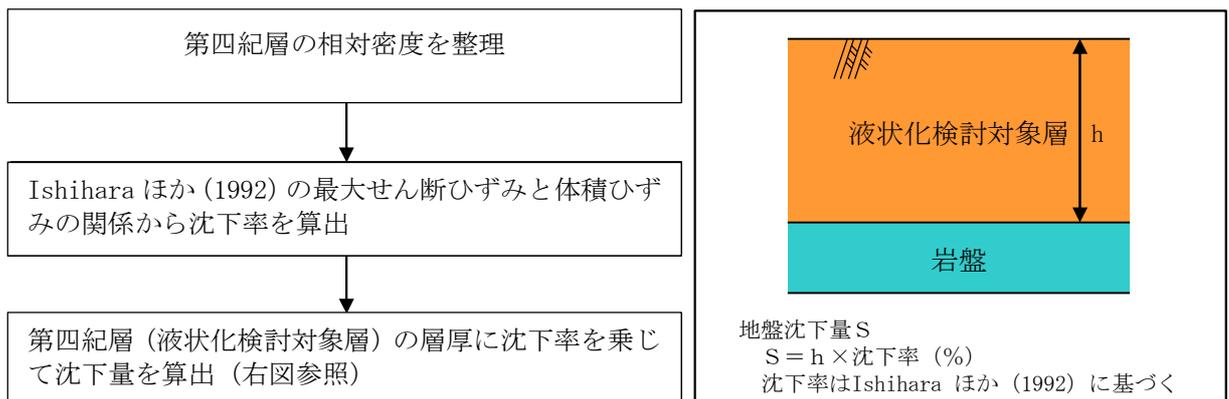


図21 排水沈下量の算定フロー

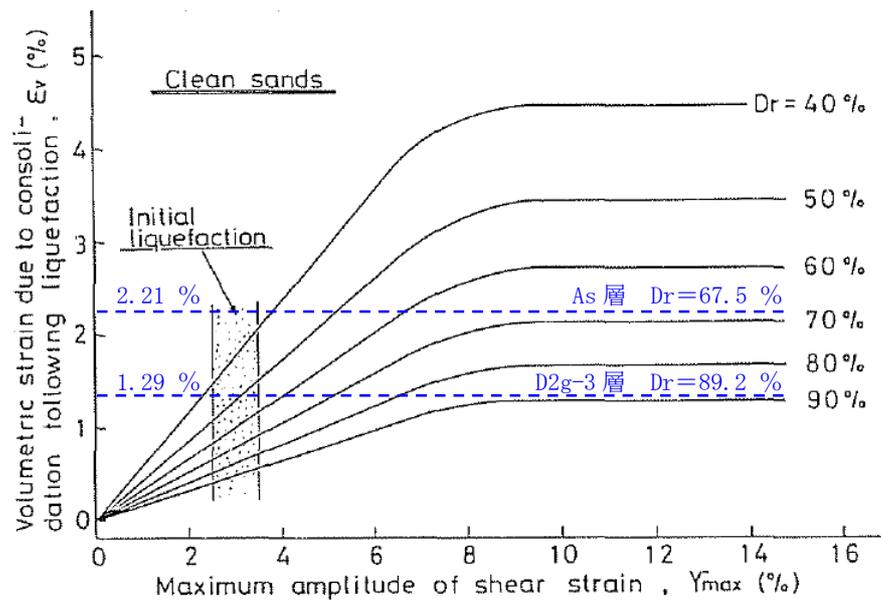


図22 Ishiharaほか（1992）の地盤の最大せん断ひずみと体積ひずみの関係から設定した第四紀層（As層及びD2g-3層）の沈下率

3.3 地震時沈下量の整理

地震時に発生する最大の沈下量として、有効応力解析から算定した残留沈下量及び Ishihara ほか (1992) の地盤の相対密度に応じた最大せん断ひずみと体積ひずみ (沈下率) の関係から算定した排水沈下量の合計を表 7 に示す。

ケーソン堤及び傾斜堤における沈下量の合計は、それぞれ 0.344 m 及び 1.038 m となり、防波堤が 1 m 程度沈下する結果が得られた。

津波シミュレーションでは、防波堤の沈下が及ぼす影響を確認することを目的とし、防波堤がある場合と無い場合のケースに加え、防波堤が沈下した場合のケースを実施する。本検討結果を踏まえ、その津波シミュレーションにおいて考慮する防波堤の沈下量は 1 m とする。

表7 有効応力解析から算定した残留沈下量及びIshiharaほか (1992) の地盤の相対密度に応じた最大せん断ひずみと体積ひずみ (沈下率) の関係から算定した排水沈下量

	ケーソン堤 最大沈下量 (m)	傾斜堤 最大沈下量 (m)
有効応力解析から算定した残留沈下量	0.259	0.968
Ishihara ほか (1992) から算定した排水沈下量	0.085	0.070
合計	0.344	1.038
津波シミュレーションにおいて考慮する防波堤の沈下量	1 m	

3.4 基準地震動 S_s による防波堤への影響評価のまとめ

基準地震動 S_s が防波堤に及ぼす影響としては、主に傾斜堤の沈下であるが、地震後の残留変位量の評価結果から、大規模な損傷には至らないと考えられる。したがって、基準地震動 S_s 後に航路への影響はないものと考えられる。また、物揚岸壁においては、対策工を実施する方針とすることにより、物揚岸壁の健全性を維持することから、基準地震動 S_s による大型船舶の緊急離岸に関しては、影響はないものと判断される。

4. 津波時評価

(1) 評価方法

津波に対する防波堤の安定性を評価するにあたっては、防波堤を構成する各部材の重量や形状に対して、津波の水位や流速、波圧データに基づき評価を行う。

1) 傾斜堤（被覆材及びブロック類）

傾斜堤の被覆材やブロック類の安定性検討としては、「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*1を用いて評価する。この式は米国の海岸工学研究センターが潮流による洗掘を防止するための捨石質量として示したものであり、水の流れに対する被覆材の安定質量を求めるものである。

注記 *1：「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

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

- M : 捨石等の安定質量 (t)
 ρ_r : 捨石等の密度 (t/m^3)
U : 捨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/s^2)
y : イスバッシュ (Isbash) の定数
(埋込まれた石は 1.20, 露出した石は 0.86)
S_r : 捨石等の水に対する比重
θ : 水路床の軸方向の斜面の勾配 (°)

なお、上式に用いるイスバッシュ係数は、各検討状態において設定するものとし、基準津波襲来時においては、マウンド被覆材が露出した状態として 0.86 とする。また、基準津波襲来後の状態においては、海底表層の液状化による緩い状態の地盤面に落下し埋もれることから、イスバッシュ係数は 1.20 と設定する。

2) ケーソン堤

ケーソン堤については、「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）」の滑動，転倒^{*2}に基づく安定性の評価並びにイスバッシュ式による漂流物化の評価を行う。なお，津波波力は，「防波堤の耐津波設計ガイドライン（国土交通省，平成27年12月）」の式^{*3}を用いる。

注記 *2：「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）」の滑動，転倒照査式

注記 *3：「防波堤の耐津波設計ガイドライン（国土交通省，平成27年12月）」の津波波力算定式

○堤体の滑動照査式

$$f_d(W_d - P_{B_d} - P_{U_d}) \geq \gamma_a P_{H_d}$$

f ：壁体底面と基礎との摩擦係数

W ：堤体の重量（kN/m）

P_B ：浮力（kN/m）

P_U ：津波の揚圧力（kN/m）

P_H ：津波の水平波力（kN/m）

γ_a ：構造解析係数

○堤体の転倒照査式

$$a_1 W_d - a_2 P_{B_d} - a_3 P_{U_d} \geq \gamma_a a_4 P_{H_d}$$

W ：堤体の重量（kN/m）

P_B ：浮力（kN/m）

P_U ：津波の揚圧力（kN/m）

P_H ：津波の水平波力（kN/m）

$a_1 \sim a_4$ ：各作用のアーム長（m）

γ_a ：構造解析係数

○津波波力算定式

$$\eta^* = 3.0a_I$$

$$p_1 = 3.0\rho_0ga_I$$

$$p_u = p_1$$

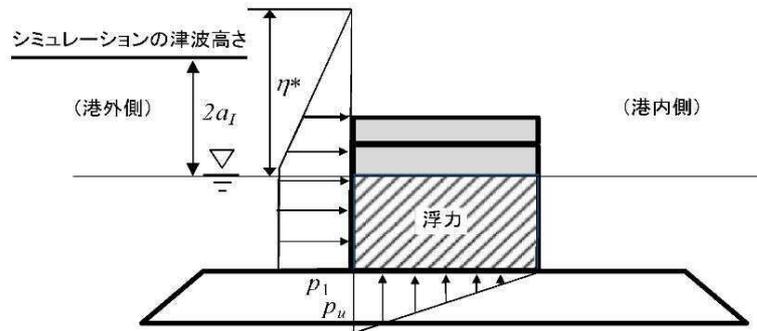
η^* : 静水面上の波圧作用高さ (m)

a_I : 入射津波の静水面上の高さ (振幅) (m)

ρ_0g : 海水の単位体積重量(kN/m³)

p_1 : 静水面における波圧強度 (kN/m²)

p_u : 直立壁前面下端における揚圧力 (kN/m²)



(2) 傾斜堤の津波時安定性

1) 基準津波襲来時（1波目）での限界流速

イスバッシュ式を適用する防波堤マウンドの被覆材等の種類とその重量及び算定した限界流速について表8に示す。なお、基準津波襲来時においては、マウンド被覆材が露出した状態としてイスバッシュ係数は、0.86とする。

表8 被覆材等の安定性に係る限界流速（1）

部位	規格	限界流速 (イスバッシュ式より算定)
ケーソン	5000 t/基 (防波堤堤頭部)	16.3 m/s
上部工	600 t/基 (傾斜堤部)	12.0 m/s
被覆ブロック	32 t 根固め方塊ブロック	7.2 m/s
	30 t 被覆ブロック	5.5 m/s
	8 t ガンマエル	2.5 m/s
	5 t ガンマエル	2.3 m/s
	2 t ガンマエル	2.0 m/s
消波ブロック	16 t テトラポット	2.8 m/s
	25 t テトラポット	3.7 m/s
石類	基礎割石 100 kg/個以下	1.1 m/s
	基礎栗石 1000 kg/個	1.9 m/s
	被覆石 500~1000 kg/個	1.7 m/s
	グラベルマット等 100~500 kg/個	1.3 m/s

2) 基準津波襲来後（2波目以降）の限界流速

イスバッシュ式を適用する防波堤マウンドの被覆材等の種類

その重量及び算定した限界流速について表9に示す。なお、基準津波襲来後の状態においては、海底表層の液状化による緩い状態の地盤面に落下し埋もれることから、イスバッシュ係数は、1.20とする。

表9 被覆材等の安定性に係る限界流速（2）

部位	規格	限界流速 (イスバッシュ式より算定)
ケーソン	5000 t/基 (防波堤堤頭部)	22.7 m/s
上部工	600 t/基 (傾斜堤部)	16.8 m/s
被覆ブロック	32 t 根固め方塊ブロック	10.1 m/s
	30 t 被覆ブロック	10.0 m/s
	8 t ガンマエル	8.0 m/s
	5 t ガンマエル	7.4 m/s
	2 t ガンマエル	6.4 m/s
消波ブロック	16 t テトラポット	8.9 m/s
	25 t テトラポット	9.6 m/s
石類	基礎割石 100 kg/個以下	3.6 m/s
	基礎栗石 1000 kg/個	6.2 m/s
	被覆石 500~1000 kg/個	5.5 m/s
	グラベルマット等 100~500 kg/個	4.1 m/s

3) 敷地前面海域の流速

基準津波に対して、防波堤がある場合とない場合及び耐震評価結果から保守的に防波堤を1 m沈下させた場合の3つのケースで津波シミュレーションを実施し流速を確認した。その結果、防波堤範囲における最大流速は、防波堤がある場合の約7.0 m/sであることから、基準津波襲来時（1波目）においては、30 t被覆ブロック以下の重量の被覆材については、安定性が確保されずに漂流物化する。一方、基準津波襲来後（2波目以降）においては、海底表層の液状化による緩い状態の地盤面に落下し埋もれることから、限界流速が増加するため、2 t被覆ブロック以下の重量のマウンドの被覆材については、安定性が確保されずに漂流物化するものとする。

敷地前面海域における最大流速分布図を図 23～図 25、漂流物化の可能性があるマウンドの被覆材について表 10 及び図 26 に示す。

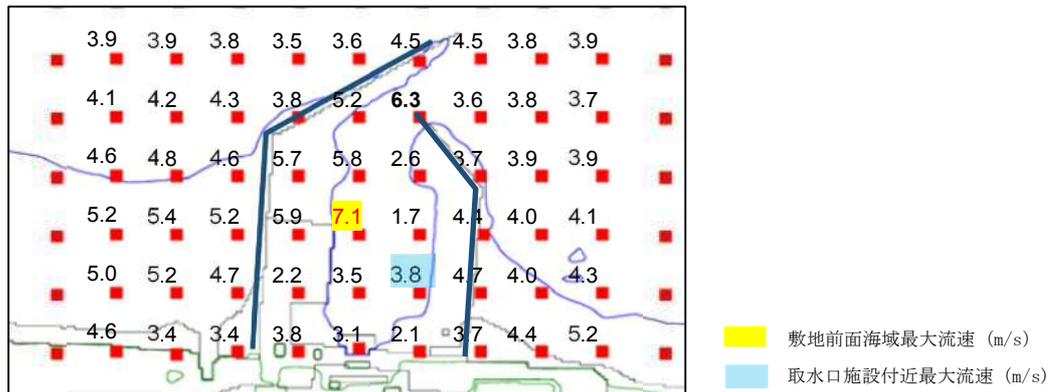


図 23 前面海域における最大流速分布図 (防波堤あり)

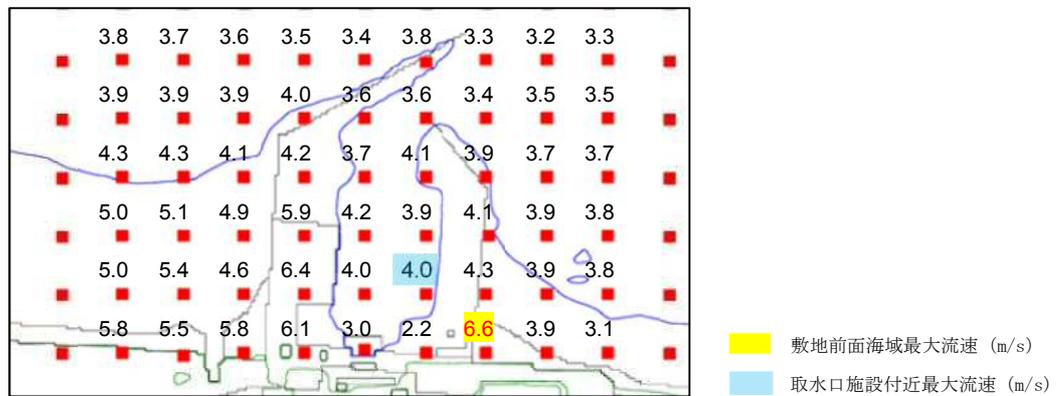


図 24 前面海域における最大流速分布図 (防波堤なし)

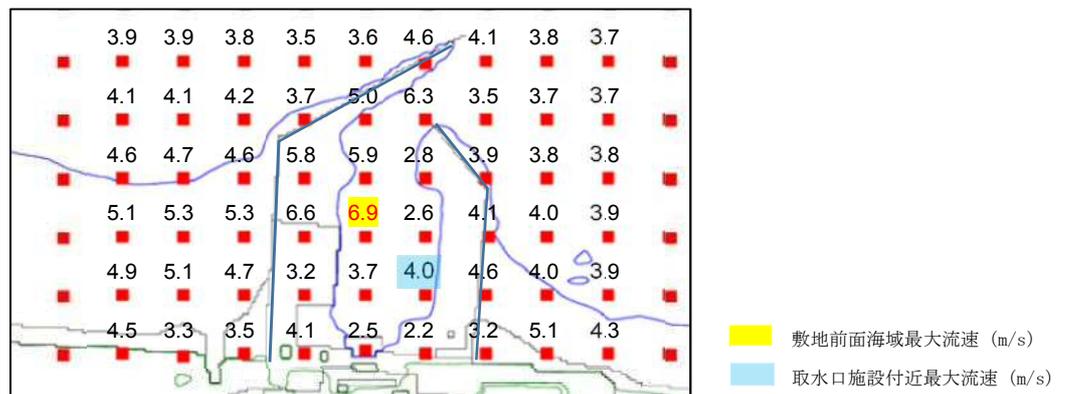


図 25 前面海域における最大流速分布図 (防波堤 1m 沈下)

表 10 漂流物化の可能性があるマウンドの被覆材

部位	規格
被覆ブロック	2 t ガンマエル (北, 南側防波堤等の一部範囲)
石類	基礎割石 100 kg/個以下
	基礎栗石 1000 kg/個
	被覆石 500~1000 kg/個
	グラベルマット等 100~500 kg/個

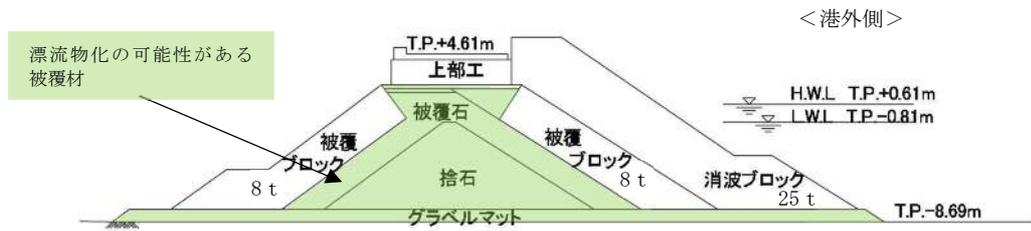


図 26 漂流物化の可能性がある範囲図 (二次元有効応力解析断面)

(3) ケーソン堤の津波時安定性

ケーソン堤における基準津波時の津波波力を「防波堤の耐津波設計ガイドライン（国土交通省，平成 27 年 12 月）」の式を用いて算定し，「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，ケーソン堤の滑動，転倒照査を行った。

ケーソン堤位置の最大津波高さは，南防波堤で T.P. +13 m 程度であり，滑動，転倒照査の結果，安定性は確保されない結果となった。ケーソン堤照査図を図 27 に示す。

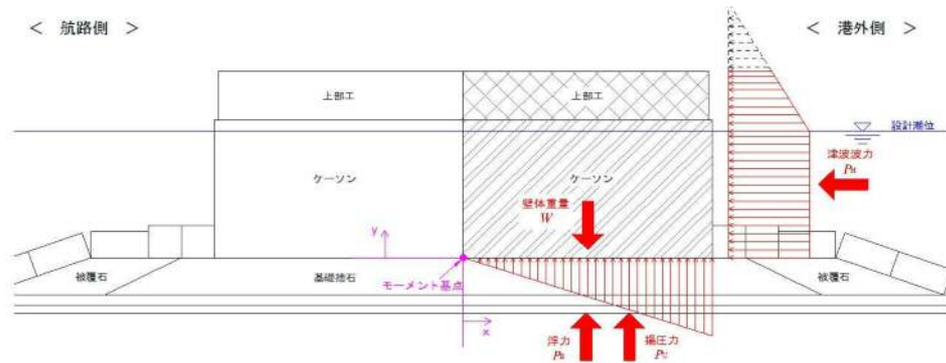


図 27 ケーソン堤照査図

また，イスバッシュ式による安定性の評価は，表 8 及び表 9 に示す通り，限界流速が最大流速を上回ることから，ケーソンは漂流物化しないものと判断される。

(4) 防波堤漂流物の重要施設への到達の可能性評価

1) 傾斜堤

傾斜堤においては、基準津波襲来後（2 波目以降）に、海底表層の液状化による緩い状態の地盤面に落下し埋もれることから、限界流速が増加するため、2 t 被覆ブロック以下の重量のマウンドの被覆材については、安定性が確保されずに漂流物化するものと考えられる。しかし、取水施設付近での最大流速は概ね 4 m/s 程度であり限界流速を下回ることから、マウンドの被覆材が漂流物化したとしても、これらの施設へ到達する可能性は低いと考えられるが、保守的に漂流物化する可能性があるものとして取り扱う。

2) ケーソン堤

海域の沖合に 4 函設置されているケーソン堤は、取水施設から直線距離にして 350 m～550 m 程度の離隔距離がある。ケーソン堤に関する既往の津波被災事例*2 を調査した結果、津波による強い流れによって防波堤のマウンドが大きく洗掘及び流出し、かつ津波による強い水平力が原因でケーソン堤が転倒し、場合によっては回転しながらの移動が推定されるとされている。また、津波によるケーソン堤の移動距離は、最大 150 m 程度の事例（東北地方太平洋沖地震、田老漁港、1000 t 級ケーソン）が報告されている。

東海第二発電所のケーソン堤は、5000 t 級の重量構造物であり、取水施設まで十分な離隔距離があること及びイスパッシュ式による評価では限界流速が最大津波流速を上回っているため、漂流物として取水施設までの到達を考慮しない。図 28 に取水設備からの離隔距離図を示す。

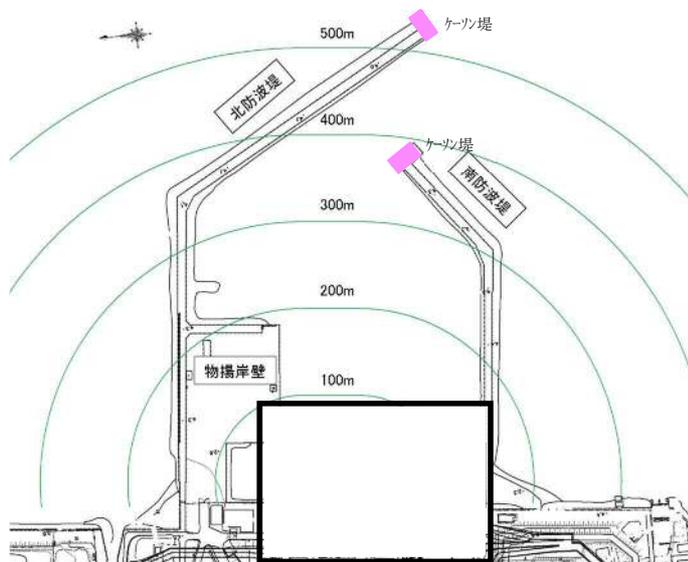


図 28 取水設備からの離隔距離図

注記 *2: 水産総合研究センター 震災復興に向けた活動報告集 1, 平成 24 年 3 月, 東日本大震災による漁港施設の地震・津波被害に関する調査報告 (第 1 報), 独立行政法人 水産総合研究センター

3) 物揚岸壁

物揚岸壁は、耐震性を確保する対策工及び岸壁背後地の洗掘防止対策工を実施することから、物揚岸壁構造部材ならびに背後地の土砂の漂流物化はないものとする。

(5) 取水施設における取水機能の成立性

1) 取水口

取水口周りの概念図を図 29 に示す。

取水口の呑口は 8 口あり、幅 42.8 m、高さ 10.35 m (1 口当たりの内部寸法は幅 4.1 m、高さ 8.35 m) である。また、呑口下端高さは T.P. -6.04 m、呑口前面海底面高さは T.P. -6.89 m であり、取水口前面 (カーテンウォール外側) には、天端高さ T.P. -4.9 m の貯留堰を設置する。

仮にマウンドの被覆材が漂流物化し、取水口周りに到達したとしても貯留堰やカーテンウォールの鋼管杭等の存在、呑口前面海底面高さ (T.P. -6.89 m) と呑口下端高さ (T.P. -6.04 m) に約 85 cm の段差があることから、漂流物が取水口前面又は固定バースクリーンへ到達し難いことは明らかであるが、保守的にマウンドの被覆材が漂流物化し、取水口前面に堆積した場合の取水機能を検討する。

マウンドの被覆材が貯留堰から固定式バースクリーンまで堆積したと仮定し、マウンドの被覆材 (100 kg/個の捨石程度) の透水係数を 10^2 cm/s^{*3} として算出される通水量は約 $14 \text{ m}^3/\text{s}^{*4}$ となる。ここで、マウンドの被覆材の石材は砂利より間隙が大きく、透水性は高いと考えられるが、保守側に砂利相当の透水係数を用いた。

また、非常用ポンプ 7 台の必要取水量は、 $1.2 \text{ m}^3/\text{s}^{*5}$ であり、被覆材の堆積を仮定した場合の通水量が上回ることから、取水機能が失われることはない。

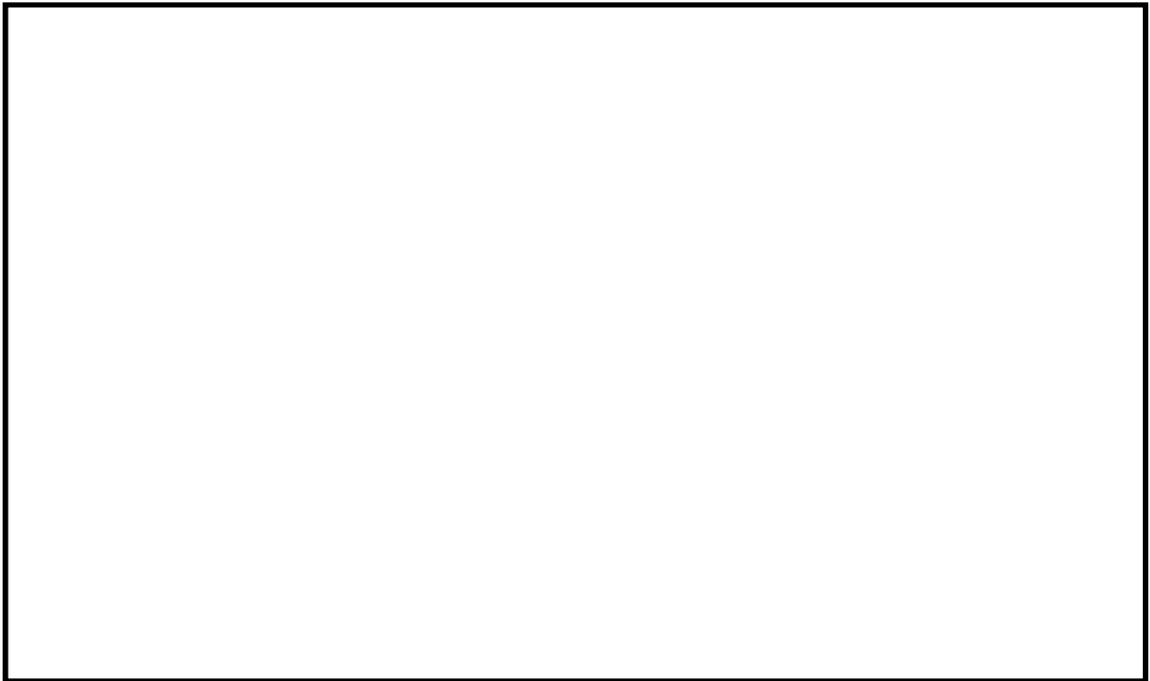


図 29 取水口周りの概念図

注記 *3 : マウンドの被覆材の透水係数 : 「水理公式集 (土木学会) P375 表 1.1」より

表 1.1 透水係数の概略値と決定法^{*)}

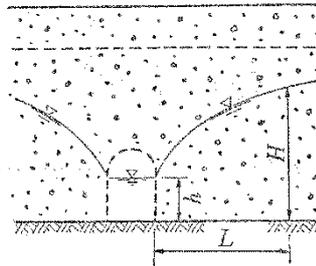
k (cm/s)	10 ²	1.0	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶	10 ⁻⁸
土砂の種類	きれいな砂利		きれいな砂 きれいな砂利 まじりの砂	細砂、シルト、 砂とシルトの混合砂		難透水性土 粘 土
決定法	揚水試験法、定水位法、実験公式			変水位法		

注記 *4 : 捨石の堆積箇所における通水量 : 「水理公式集 (土木学会) P383 表 1.5」より

・集水暗きよの取水量公式

$$Q = \frac{k(H^2 - h^2) \cdot l}{L}$$

〔解説〕 本式は準一様流の仮定より得られ、Dupuit-Forchheimerの式と呼ばれている。



*左式は水路両面からの流入量のため、算出は 1/2 倍とする。

・捨石の透水係数 $k=1 \times 10^2$ cm/s

・静水面=L.W.L.=T.P. -0.81 m

*常時を想定、水位が低い方が保守側

・水路床高=T.P. -6.89 m

・ $H=(T.P. -0.81 \text{ m}) - (T.P. -6.89 \text{ m})=6.08 \text{ m}$

・ $h=(T.P. -5.66 \text{ m}) - (T.P. -6.89 \text{ m})=1.23 \text{ m}$

・ $l=32.8 \text{ m}$

水路幅 (スクリーン室幅 4.1 m × 8 箇所)

・ $L=42.33 \text{ m}$

流路長 (貯留堰～スクリーンの距離)

$$Q = \frac{k \times (H^2 - h^2) \times l}{L} \times \frac{1}{2} = \frac{1 \times 10^2 \times 10^{-2} \times (6.08^2 - 1.23^2) \times 32.8}{42.33} \times \frac{1}{2} = 13.7 \text{ m}^3/\text{s}$$

注記 *5 : 非常用ポンプ必要取水量 :

ポンプ名称	定格流量 (m ³ /h)	運転台数 (台)	取水量合計	
			(m ³ /h)	(m ³ /min)
残留熱除去系海水ポンプ	886	4	3,544	59.07
非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ	273	2	546	9.10
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ	233	1	233	3.88
合計			4,323	72.05

必要取水量 : 72.05 m³/min = 1.2 m³/s

2) 貯留堰

貯留堰は、取水口の前面に設置されており、50 t の漂流物の衝突荷重を考慮した設計としている。仮に最大重量の漂流物である 2 t 被覆ブロックが衝突したとしても、損壊はしない。また、マウンドの被覆材が漂流物化し、貯留堰を越えて貯留堰内に流入する可能性は低いと考えられるものの、保守的に貯留堰内に到達したものと仮定し、引き波時の貯留機能を検討する。

被覆材が貯留堰からスクリーンまでの約 40 m 範囲を埋めつくしたとしても、スクリーン内部の貯留量が約 517 m³ (図 31) であり、引き波時間約 3 分間の非常用ポンプ必要取水量約 220 m³ (≒72.05 m³/min×3 min) を確保することが出来る。

貯留堰の有効容量平面図を図 30 に、有効容量縦断面図を図 31 に、貯留堰前面の引き波の継続時間を図 32 に示す。

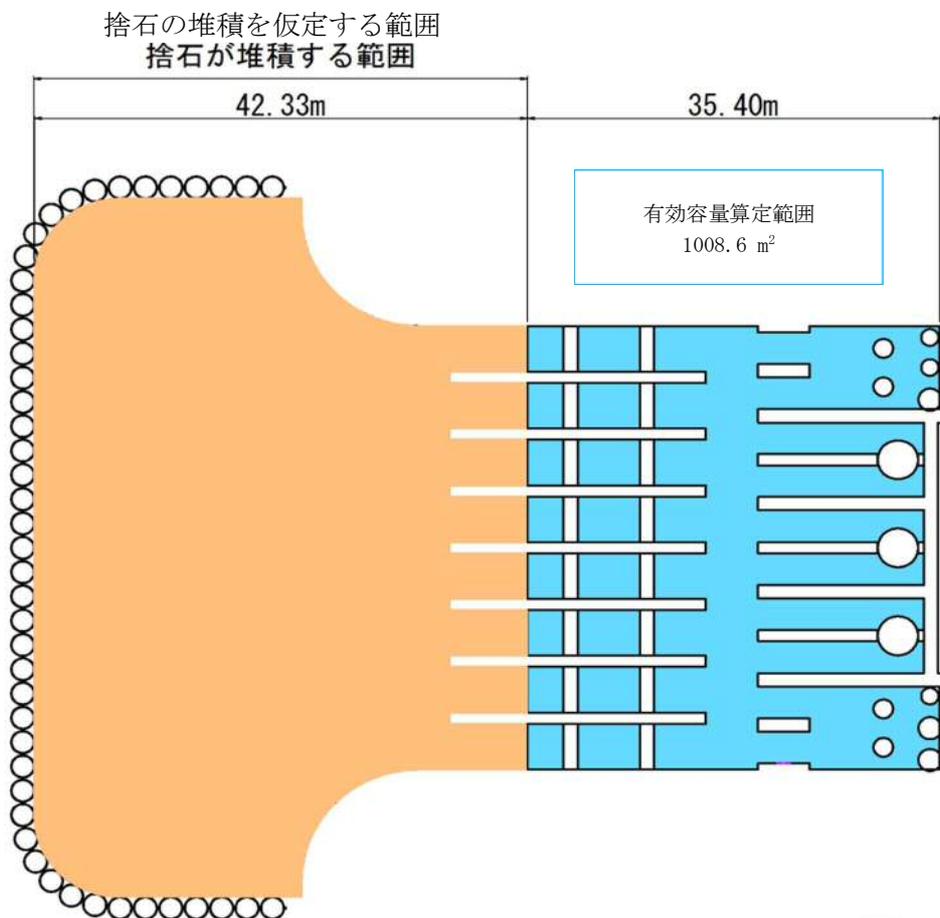


図 30 有効容量平面図



$$\begin{aligned}
 & (\text{面積} \times \text{高さ}) - (\text{スロッシングによる溢水量}) \\
 & = (1008.6 \text{ m}^2 \times 0.76 \text{ m}) - 249 \text{ m}^3 *6 \\
 & = 517 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

有効容量算定範囲
 高さ:0.76 m
 (T.P. -4.9 m) - (T.P. -5.66 m)

図 31 有効容量縦断面図

注記 *6 : スロッシングによる溢水量 :

「貯留堰の設置位置及び天端高さの決定の考え方」から引用

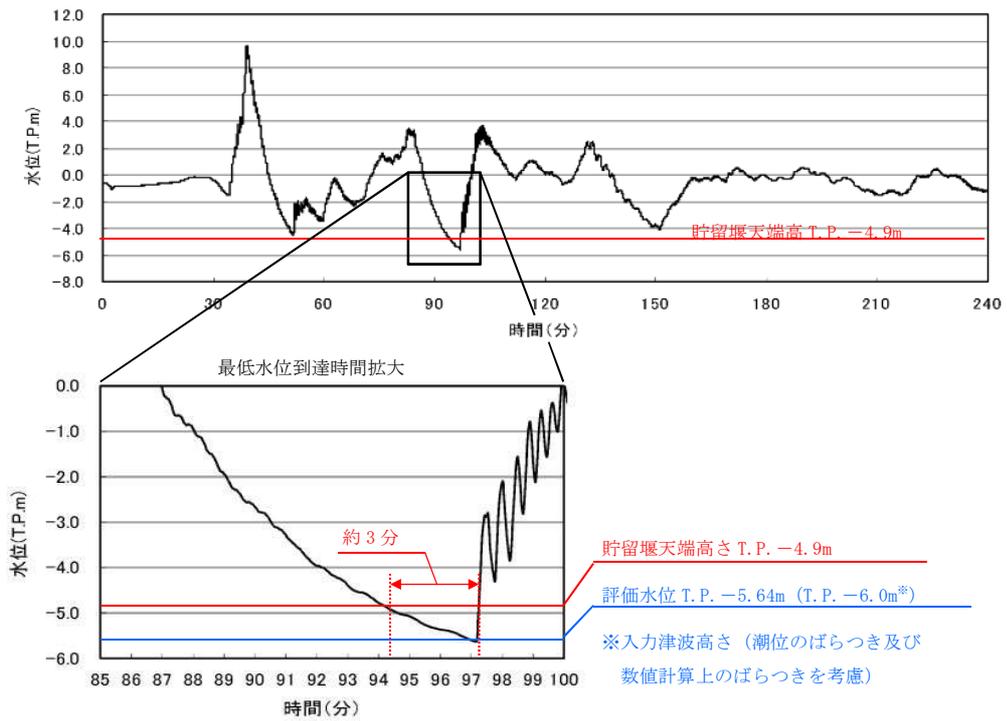


図 32 引き波の継続時間

3) SA用海水ピット取水塔

SA用海水ピット取水塔の平面図を図 33、断面図を図 34 に示す。SA用海水ピット取水塔は、海底面からRC構造の立坑が1 m程度突出した構造であり、立坑内には鋼製の通水管を設置している。

当該取水塔は、50 tの漂流物の衝突荷重を考慮した設計としている。仮に最大重量の漂流物である2 t被覆ブロックが衝突したとしても、損壊しない。

水塔上面には、漂流物の流入防止として取水塔の側壁上部に沿って円周上に約60 cm間隔で設置する幅約30 cm、高さ約30 cmの支柱の上部に約30 cm角の格子状の鋼材により開口を設けた蓋を設置するため、漂流物化した防波堤のマウンド被覆材のうち、100 kg/個（形状：立方体1辺 約32 cm～35 cm）のものに対しても、進入を防止出来る。

また、立坑内に設置する通水管の取水部は、ピット底部から約12 m上方に、複数個設置し、その開口は下向きとすることでピット上部の格子蓋を通過した漂流物の直接的な侵入及び堆積物の進入を抑止している。

更に、漂流物化するマウンド被覆材が、SA用海水ピット取水塔周辺を覆いつくしたとして、SA用海水ピットの取水機能を検討する。

漂流物化したマウンドの被覆材が、SA用海水ピット取水塔を中心に円形に堆積したと仮定し、マウンドの被覆材（100 kg/個の捨石程度）の透水係数を 10^2 cm/s^{*5} として算出される通水量は約 $1.5 \text{ m}^3/\text{s}^{*7}$ となる。ここで、マウンドの被覆材の石材は砂利より間隙が大きく、透水性は高いと考えられるが、保守側に砂利相当の透水係数を用いた。また、SA用海水ピット取水塔の必要取水量は $0.75 \text{ m}^3/\text{s}^{*8}$ であり、マウンドの被覆材の堆積を仮定した場合の通水量が上回ることから、取水機能が失われることはない。SA用海水ピット取水塔部の漂流物堆積イメージ図を図 35 に示す。

注記 *7: 捨石の堆積箇所における通水量: 「水理公式集 (土木学会) P378 表 1.3」より

・通常井戸の取水量公式

$$Q = \frac{\pi k (H^2 - h_0^2)}{2.3 \log_{10} (R/r_0)}$$

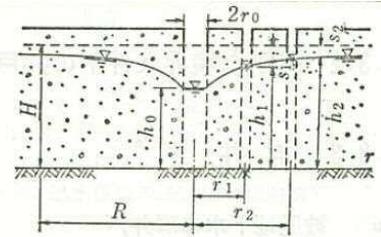
平衡式 (揚水試験)

$$Q = \frac{\pi k (h_2^2 - h_1^2)}{2.3 \log_{10} (r_2/r_1)}$$

あるいは

$$k = \frac{0.733 Q \log_{10} (r_2/r_1)}{(h_1 + h_2) (s_1 - s_2)}$$

〔解説〕本表A欄の解説を参照のこと。井底だけから流入する観測井を $r \geq 0.6H$ の範囲に設ける場合には、観測井底を不透水層から $H/2$ の高さの位置に設け、その水位を用いてもよい⁵⁾。



完全貫入井戸

- ・漂流物の透水係数 $k=1 \times 10^2$ cm/s ※捨石の透水係数
- ・原地下水位 = T.P. - 0.81 m
 - *水位が L.W.L, 漂流物が L.W.L の高さまで堆積した状態を想定
- ・水路床高 = T.P. - 2.20 m ※SA用海水ピット取水塔の天端高さ
- ・ $H = (T.P. - 0.81 \text{ m}) - (T.P. - 2.20 \text{ m}) = 1.39 \text{ m}$
- ・ $h_0 = (T.P. - 2.20 \text{ m}) - (T.P. - 2.20 \text{ m}) = 0.00 \text{ m}$
- ・堆積範囲の半径 $R=129 \text{ m}$
 - *マウンドの被覆材が SA 用海水ピット取水塔を中心に円形に堆積した状態を想定
- ・取水口の半径 $r_0=2.85 \text{ m}$ (防護蓋の支柱の内側の半径)

$$Q = \frac{\pi \times k \times (H^2 - h_0^2)}{2.3 \times \log_{10} (R/r_0)} = \frac{\pi \times 1 \times 10^2 \times 10^{-2} \times (1.39^2 - 0^2)}{2.3 \times \log_{10} (129/2.85)} = 1.593 \text{ m}^3/\text{s}$$

注記 *8: SA用海水ピット取水塔の必要取水量: $2,680 \text{ m}^3/\text{h} = 0.75 \text{ m}^3/\text{s}$

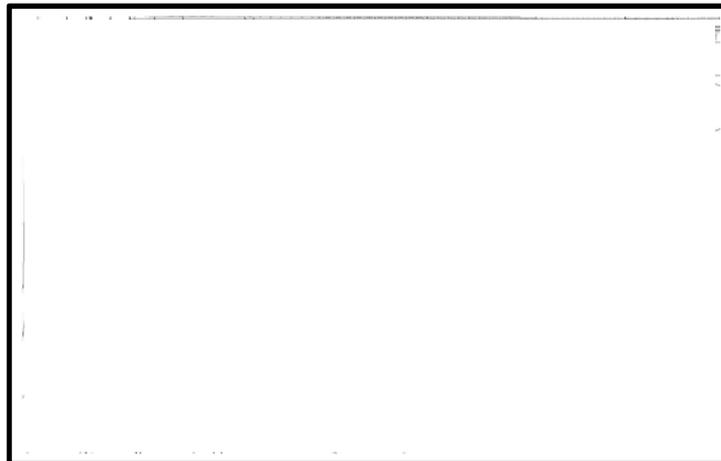


図 33 SA用海水ピット取水塔の平面図

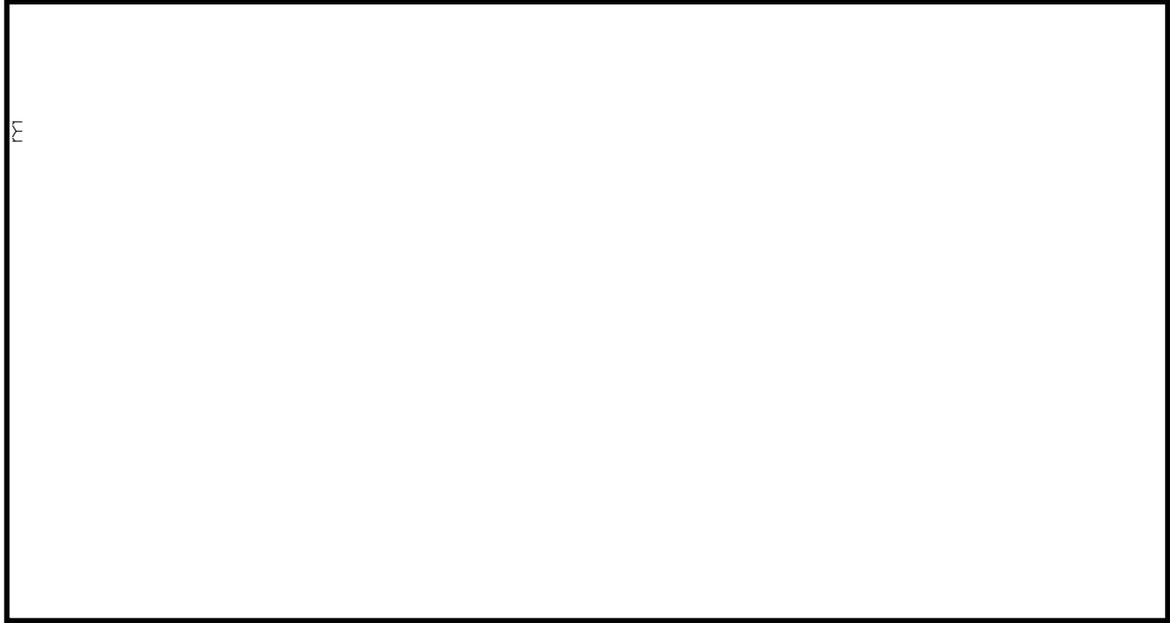


図 34 S A用海水ピット取水塔の断面図（案）

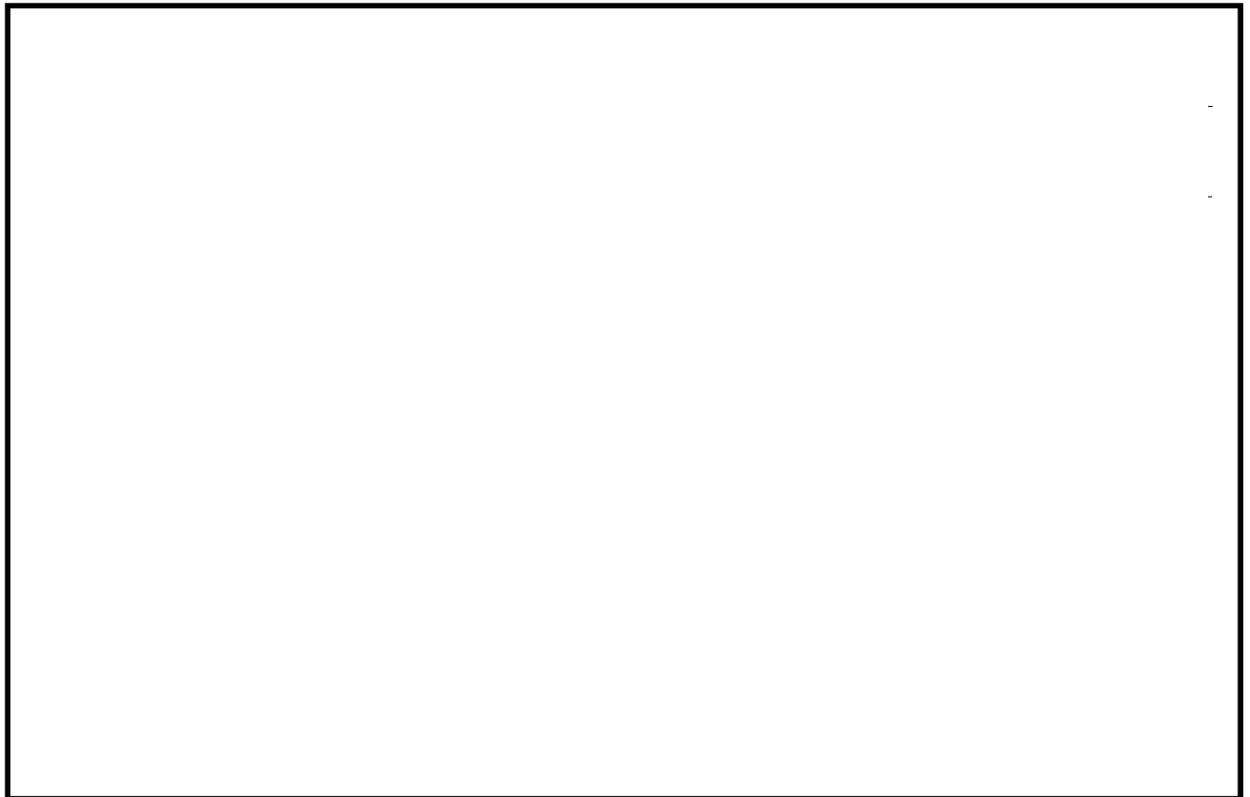


図 35 S A用海水ピット取水塔部漂流物堆積イメージ図

(6) 津波による防波堤損壊の影響評価のまとめ

基準津波が防波堤に及ぼす影響としては、防波堤のマウンドの被覆材の漂流物化が考えられるが、取水施設周辺の流速が小さいことから取水施設へ到達する可能性は低いものと考えられる。

防波堤損壊により漂流物化したマウンドの被覆材が取水施設に到達したとしても、各取水施設は漂流物の衝突に対して十分な耐力を確保している。また、仮にマウンドの被覆材が取水施設の周辺に堆積したとしても、マウンドの被覆材の透水性能が高いことから、取水施設は取水機能を満足する。したがって、防波堤損壊により取水施設が取水機能を失うことはないものと判断する。

漂流物による各取水施設への影響評価結果を以下に示す。

- ・ 取水口において、堆積したマウンド被覆材の通水量約 $14 \text{ m}^3/\text{s}$ が、非常用ポンプ 7 台の必要取水量 $1.2 \text{ m}^3/\text{s}$ を上回るため、取水口の取水機能を満足する。
- ・ 貯留堰において、貯留堰からスクリーンまでの範囲をマウンド被覆材が埋めつくしたとしても、スクリーン内部の貯留量約 517 m^3 により、引き波時間約 3 分間の非常用ポンプ必要取水量約 220 m^3 を確保しており、引き波時の取水機能を満足する。
- ・ S A用海水ピット取水塔において、堆積したマウンド被覆材の通水量約 $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ が、S A用海水ピット取水塔の必要取水量 $0.75 \text{ m}^3/\text{s}$ を上回るため、S A用海水ピット取水塔の取水機能を満足する。なお、S A用海水ピット取水塔内に堆積する砂については、定期的な点検を実施し、必要に応じて排砂することとする。

(参考6) 燃料等輸送船の係留索の耐力について

1. 概 要

燃料等輸送船（以下「輸送船」という。）は、津波警報等発表時は、原則として緊急退避するが、極めて短時間に津波が襲来する場合を考慮し、津波の流向及び物揚岸壁（以下「岸壁」という。）と取水口の位置関係を踏まえ、係留索の耐力について評価を実施する。

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及び流圧力について、石油会社国際海事評議会OCIMF（Oil Companies International Marine Forum）の手法を用いて算出し、耐力評価を行う。

なお、岸壁については、基準地震動 S_s に対して、必要な対策工を実施し、当初の位置及び高さを確保すること（参考5参照）、また、津波に対して、緊急退避可能時間（本文 図4.2-16参照）を考慮すると、基準津波及び早く到達する敷地周辺の海域活断層を波源とした津波の到達（表2）までに輸送船は退避可能であることから、本係留索の耐力評価に影響を及ぼさない。

2. 評 価

(1) 輸送船, 係留索, 係留柱

輸送船, 係留索, 係留柱の仕様を表1に, 配置を図1に示す。

表1 輸送船, 係留索, 係留柱の仕様

項 目	仕 様	
輸送船	総トン数	約5,000 t
	載貨重量トン	約3,000 t
	喫水	約5 m
	全長	100.0 m (垂線間長 : 94.4 m)
	型幅	16.5 m
	形状	(図1参照)
係留索	直径	60 mm (ノミナル値)
	素材種別	Polyethylene Rope Grade 1
	破断荷重	279 kN (≒28.5 tonf)
	係船機ブレーキ力	28.5 tonf×0.7≒20.0 tonf
係留柱	形状	(図1参照)
	ビット数, 位置	(図1参照)
	係留状態	(図1参照)
	強度	35.0 tonf

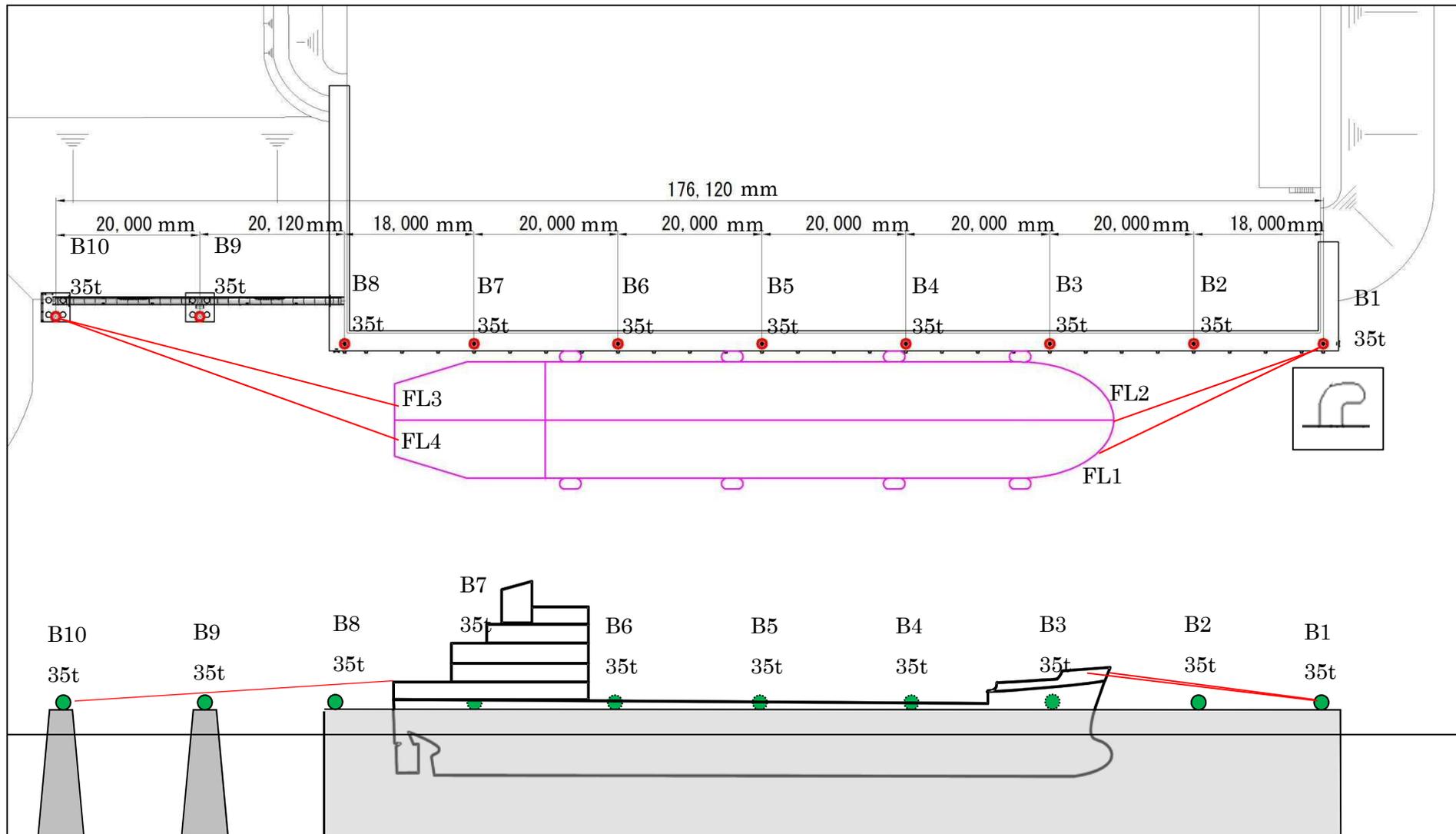


図1 輸送船，係留索，係留柱の配置

※接岸時には通常6本以上で係留する。本評価においては，保守的に鋼船規則上の最低本数（4本）を仮定

(2) 津波条件（流向，水位，流速）

津波警報等発表時は，原則として緊急退避するが，極めて短時間に津波が襲来する場合を考慮し，早く襲来する可能性がある図2に示す敷地周辺の海域活断層を波源とした津波の中から，評価対象津波を選定する。

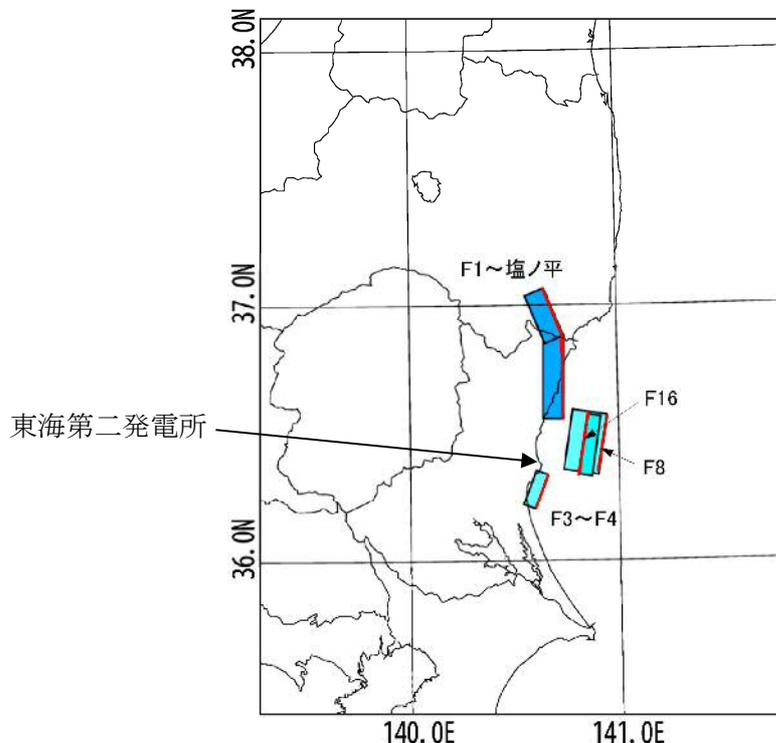


図2 海域活断層の位置

表2に，取水口前面位置における各海域活断層の津波高さとの到達時間の関係を示す。表2に示すとおり，F8及びF16を波源とした津波は他の海域活断層を波源とした津波に比べて，早く到達するが，F8及びF16を波源とした津波の到達時刻はほぼ同様であるため，ここでは保守的に最高水位が最も大きいF16を波源とした津波を選定した。

表2 各海域活断層の津波高さとの到達時間の関係（取水口前面）

海域活断層名	最高水位 (T. P. m)	到達時刻 (分)
F1～塩ノ平	+1.7	32
F3～F4	+1.2	43
F8	+1.9	24
F16	+2.0	25

評価対象津波の流向は，図3に例示するとおり岸壁に対する接線方向の成分が支配的となる。これに対して，輸送船は岸壁と平行して接岸されることから，評価は輸送船の船首及び船尾方向それぞれの流圧力に対する係留索の耐力について実施する。

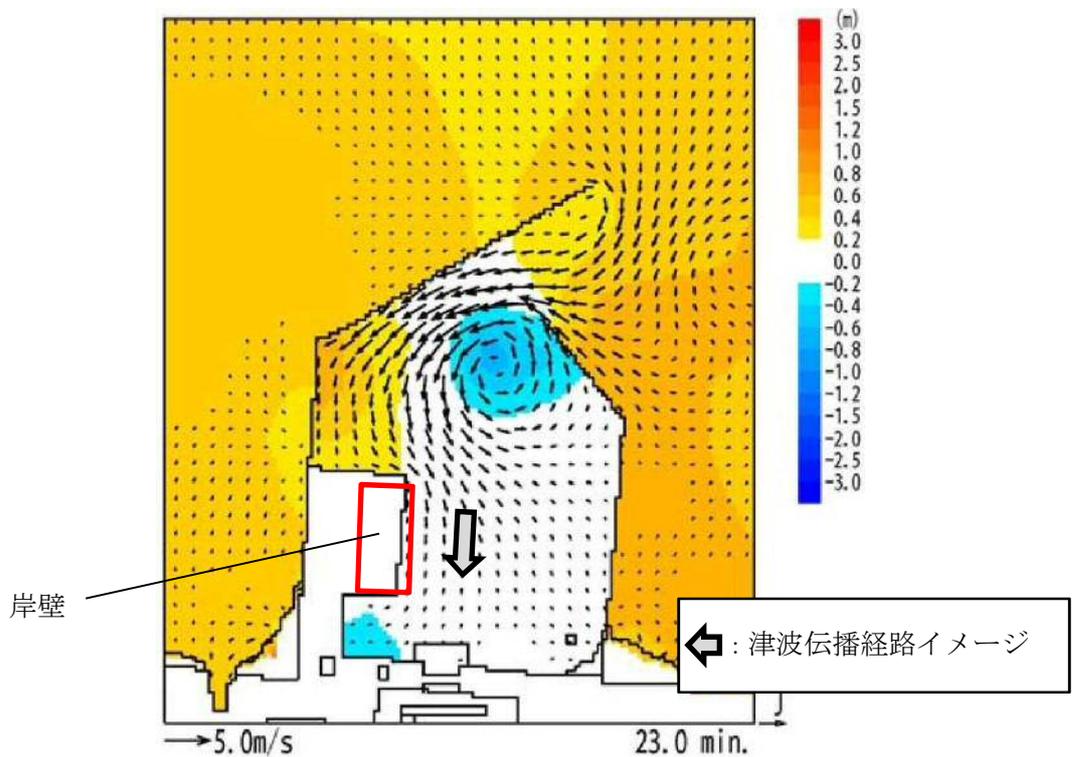


図3 評価対象津波の流向

評価対象津波の岸壁位置における水位及び接線方向成分の流速を図4に示す。図4に示すとおり評価対象津波は地震発生後約17分で第一波の最高点に到達後、引き波が発生し、地震発生後約26分の第二波で最高津波高さT.P. +1.9 mに達する。流速は地震発生後約23分に最大1.9 m/sに達する。

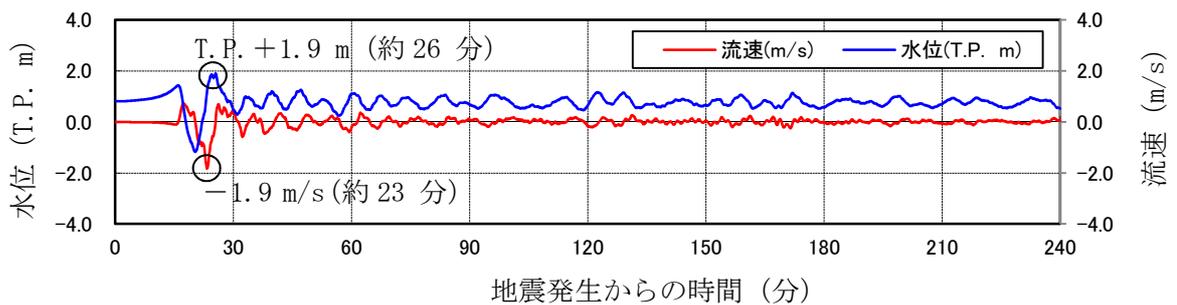


図4 評価対象津波の水位及び流速（岸壁）

緊急退避可能時間（本文 図4.2-16参照）を考慮すると、輸送船は最大流速到達前に退避可能であるものの、今回は係留による対応を仮定し、最大流速1.9 m/sで生じる流圧力に対する係留力を評価する。また、係留力の評価に当たっては、図4に示す押し波高さT.P. +1.9 m（朔望平均満潮位（T.P. +0.61 m）及び2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動（0.2 m沈下）考慮済み）に上昇側潮位のばらつき（+0.18 m）を考慮した最高水位T.P. +2.1 mで評価する。

(3) 係留力

係留力の計算方法を表3に、計算結果を表4、図5及び図6に示す。

表3 係留力の計算方法

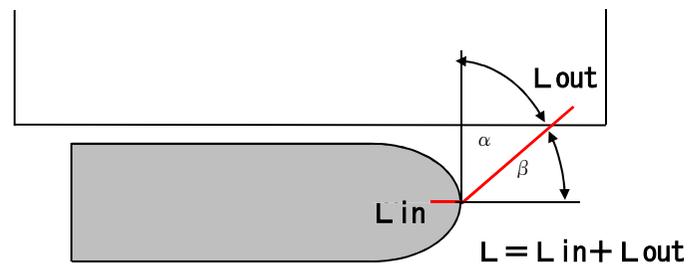
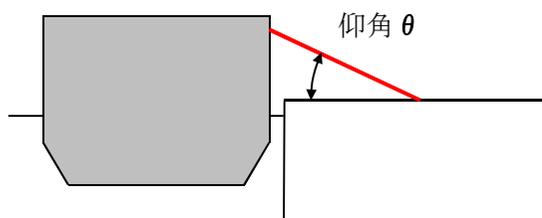
<p>【各索の係留力計算式】</p> $R = T \times \left(\frac{\cos^2 \beta \times \cos^2 \theta}{L} \right) \times \left(\frac{L_c}{\cos \beta_c \times \cos \beta_c} \right)$	
<p> R_x : 前後係留力 (tonf) (前方は添字 f, 後方は添字 a) T : 係留索1本に掛けることができる最大張力 (tonf) β : 係留索水平角 (岸壁平行線となす角度) (deg) θ : 係留索の仰角 (deg) L : 係留索の長さ (船外+船内) (m) 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)

表4 係留力 (図1) の計算結果

フェア リーダ	係留索	係留柱	係留索長さ 船外 (m)	係留角		索張力 T (tonf)	係留力 前後 (tonf)	Bitt Performance		
				θ (deg)	β (deg)			Bitt Load (tonf)	合計 (tonf)	係留柱強度 (tonf)
FL1	Line1	B1	36.1	11.3	23.4	17.9	-16.14	17.93	35.00	35
FL2	Line2	B1	31.8	12.8	17.9	17.9	-16.17	17.06		
							-32.31			
FL3	Line3	B10	49.1	7.9	-14.3	17.6	16.94	17.64	35.00	35
FL4	Line4	B10	50.4	7.7	-19.4	17.6	15.46	17.36		
							32.40			
							前後 (+) 計 32.40			
							前後 (-) 計 -32.31			

4.2.1-238



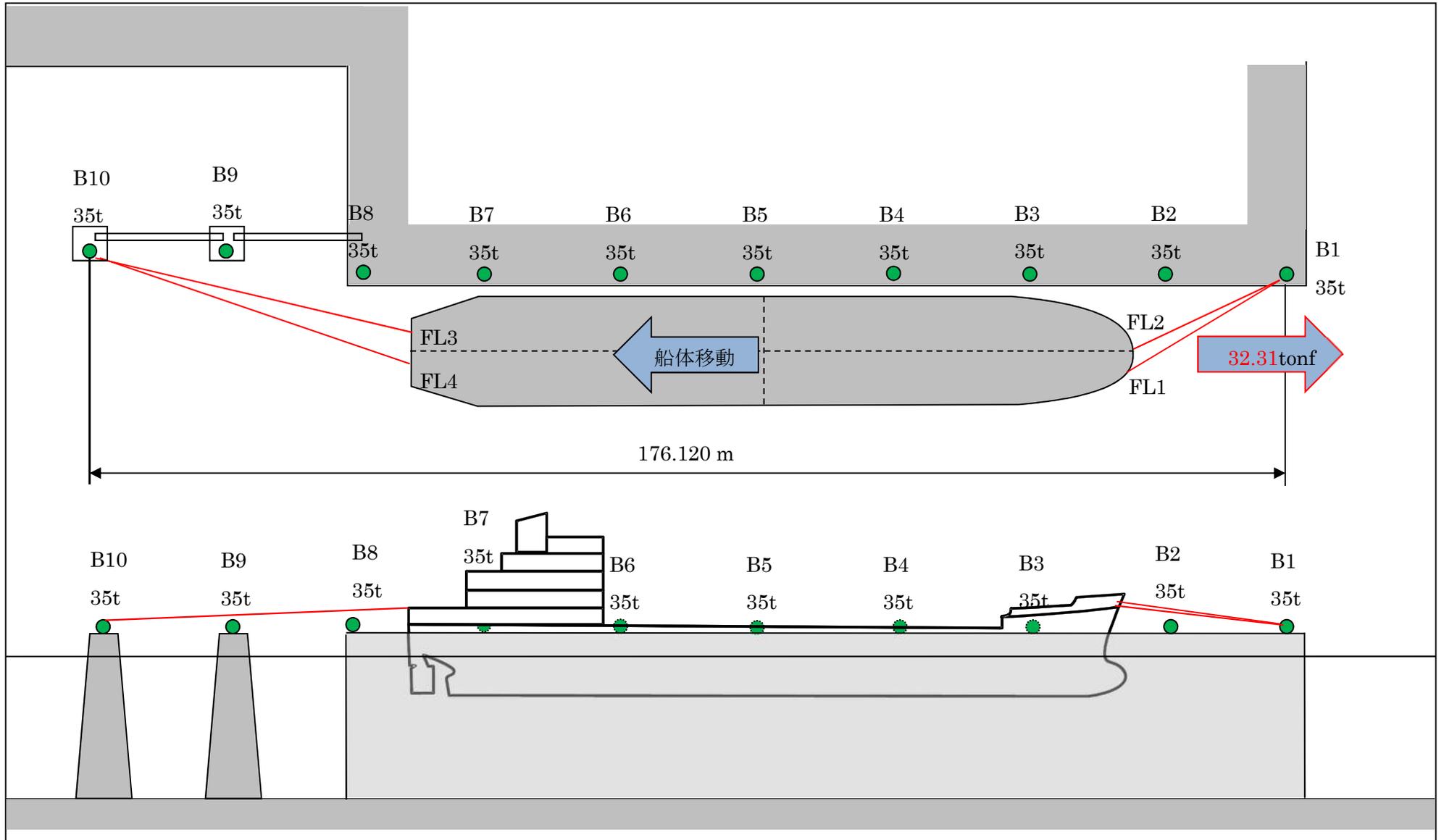


図5 船尾方向への移動に対する船首方向係留力

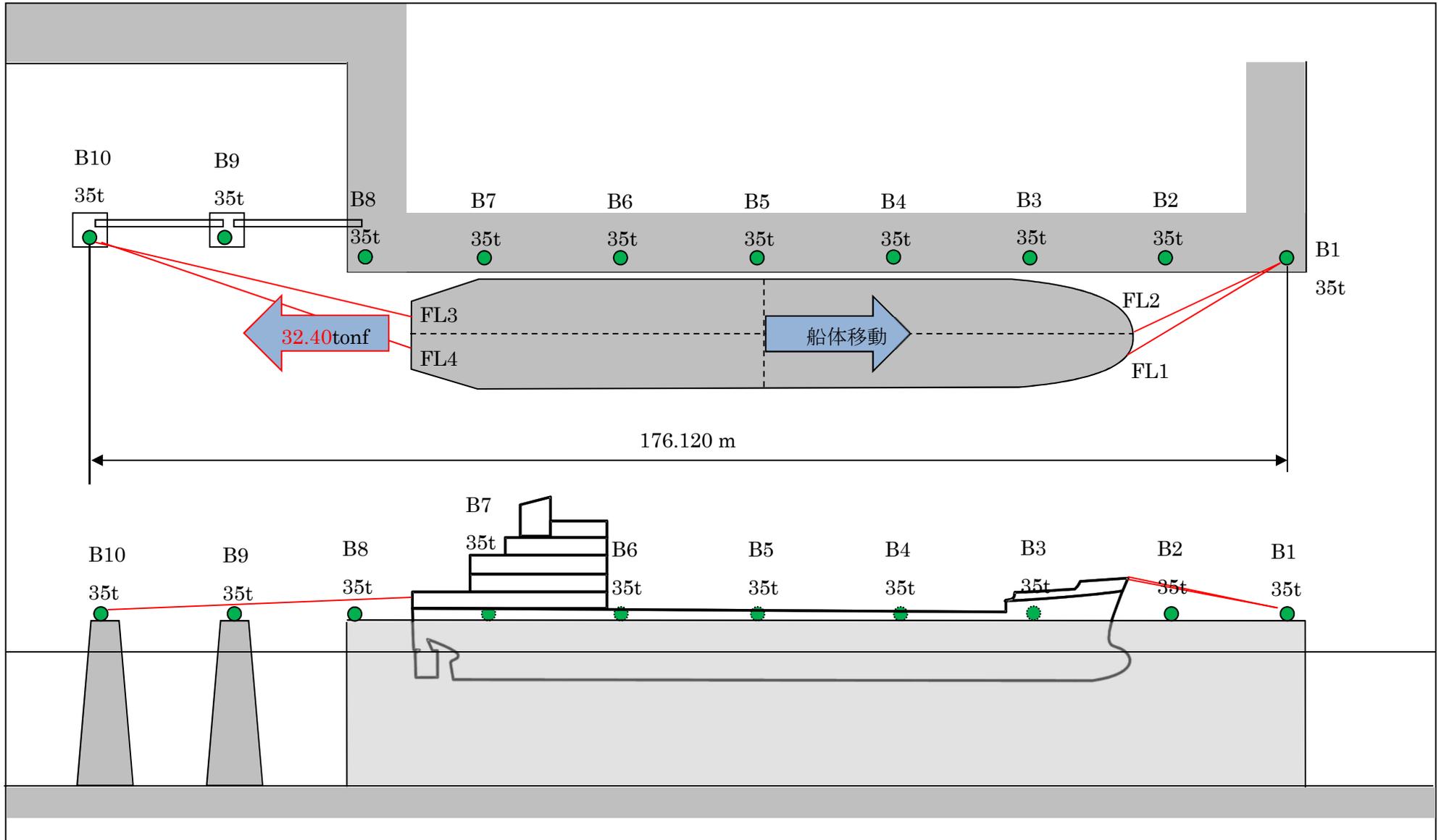


図6 船首方向への移動に対する船尾方向係留力

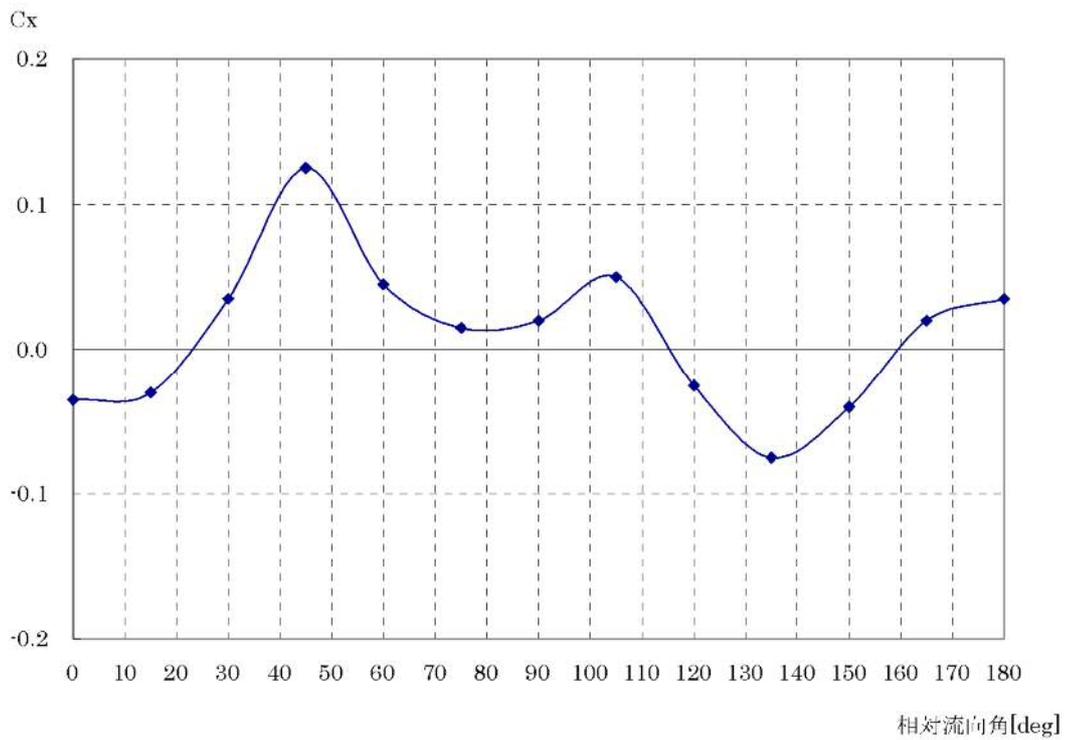
(4) 流圧力

流圧力の計算方法を表5に示す。計算結果について、前項で求めた係留力と比較した結果を図7に示す。

表5 流圧力の計算方法

<p>【流圧力計算式】</p> $F_{xc} = \frac{1}{2} \times C_{xc} \times V_c^2 \times L_{pp} \times d \times \rho_c$	<p>F_{xc} : 縦方向流圧力 (kgf)</p> <p>C_{xc} : 縦方向流圧力係数</p> <p>V_c : 流速 (m/s)</p> <p>L_{pp} : 垂線間長 (m)</p> <p>d : 喫水 (m)</p> <p>ρ_c : 水密度 (kgf・s²/m⁴) (=104.5 kgf・s²/m⁴)</p>
---	---

(出典：VLCCにおける風圧及び流圧の予測 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 (Cx)

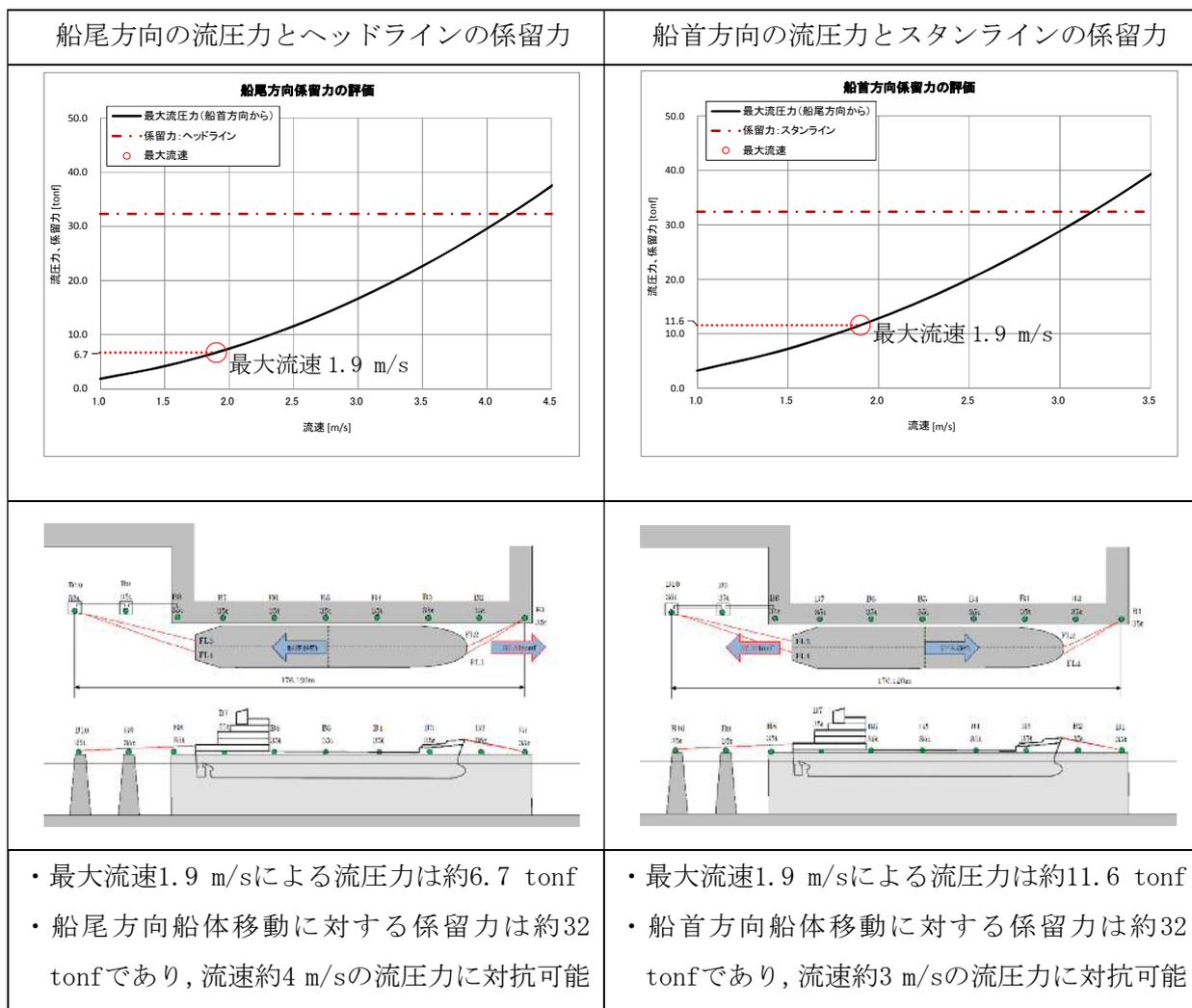


図7 流圧力と係留力比較

3. 結 論

評価対象津波（最大流速1.9 m/s：図4参照）による流圧力に対し、係留力（約32 tonf）が上回ることを確認した。

従って、早い津波に対し、輸送船が係留によって対応すると仮定した場合においても、係留力により岸壁に留まり続けることができる。

(参考7) 燃料等輸送船の喫水と津波高さとの関係について

1. 概 要

燃料等輸送船（以下「輸送船」という。）は、津波警報等発表時は、原則として緊急退避するが、極めて短時間に津波が襲来する場合を考慮し、押し波により輸送船が物揚岸壁（以下「岸壁」という。）に乗り上げることはないこと、また引き波により座礁及び転覆するおそれのないことを確認する。

2. 評 価

津波警報等発表時は、原則として緊急退避するが、極めて短時間に津波が襲来する場合を考慮し、早く襲来する可能性がある図1に示す敷地周辺の海域活断層を波源とした津波の中から、評価対象津波を選定する。

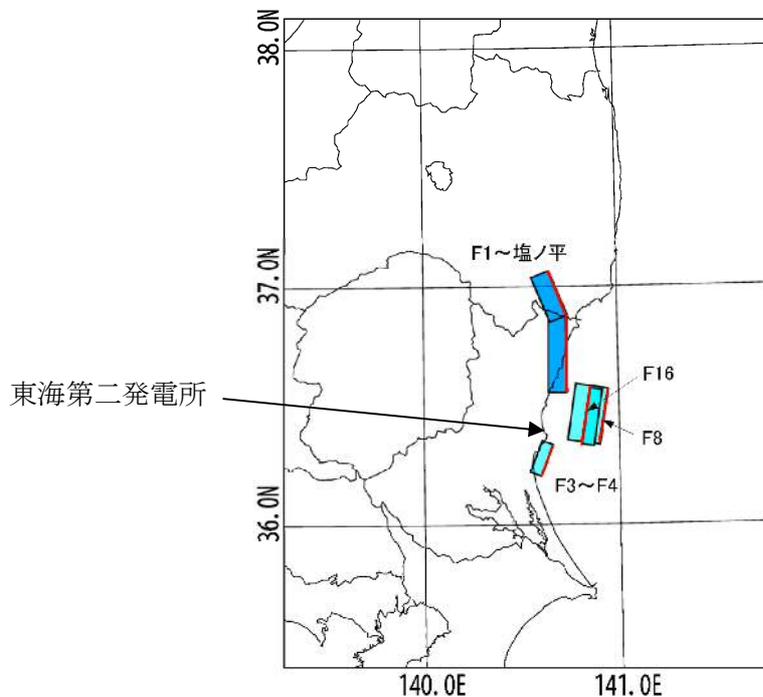


図1 検討用海域活断層の位置

表2に、取水口前面位置における各海域活断層の津波高さと到達時間の関係を示す。表2に示すとおり、F8及びF16を波源とした津波は他の海域活断層を波源とした津波に比べて、早く到達するが、F8及びF16を波源とした津波の到達時刻はほぼ同様であるため、ここでは保守的に最高水位がもっとも高く、また最低水位がもっとも低いF16を波源とした津波を選定した。

表2 各海域活断層の津波高さと到達時間の関係（取水口前面）

海域活断層名	押し波		引き波	
	最高水位 (T.P. m)	到達時刻 (分)	最低水位 (T.P. m)	到達時刻 (分)
F1～塩ノ平	+1.7	32	-1.3	43
F3～F4	+1.2	43	-0.8	183
F8	+1.9	24	-1.4	19
F16	+2.0	25	-2.6	21

(1) 津波高さ

a. 押し波

図2に、最高水位を示した評価対象津波の波形を示す。図2に示すとおり地震発生後約17分で第一波の最高点に到達後、引き波が発生し、地震発生後約26分の第二波で最高津波高さ（T.P. +1.90 m（朔望平均満潮位（T.P. +0.61 m）及び2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動（0.2 m沈下）考慮済み））に達している。

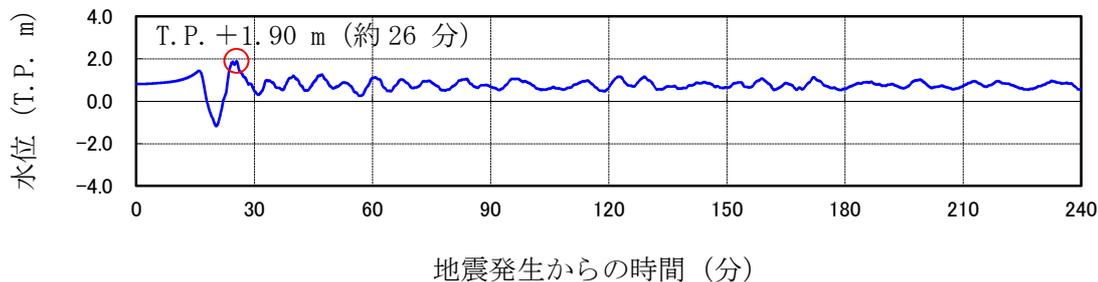


図2 評価対象津波の波形（最高水位を示したケース，岸壁）

b. 引き波

図3に、最低水位を示した評価対象津波の波形を示す。図3に示すとおり地震発生後約17分で第一波の最高点に到達後、引き波が発生し、地震発生後約22分に最低津波高さ（T.P. -2.53 m（朔望平均干潮位（T.P. -0.81 m）及び2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動（0.2 m沈下）考慮済み））に達している。

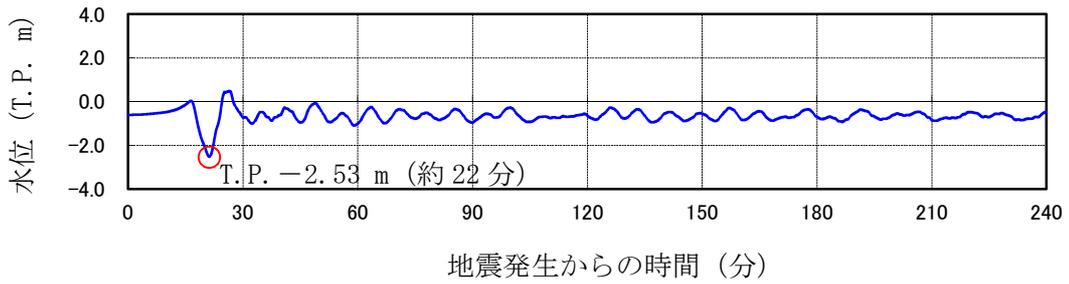


図3 評価対象津波の波形（最低水位を示したケース，岸壁）

(2) 押し波（岸壁乗上げ評価）

押し波高さと喫水の関係を図4に示す。図4に示すとおり，輸送船は岸壁に乗り上げることはないことを確認した。

・押し波高さ	T.P. +1.90 m
・上昇側潮位のばらつき	+0.18 m
(計)	T.P. +2.08 m

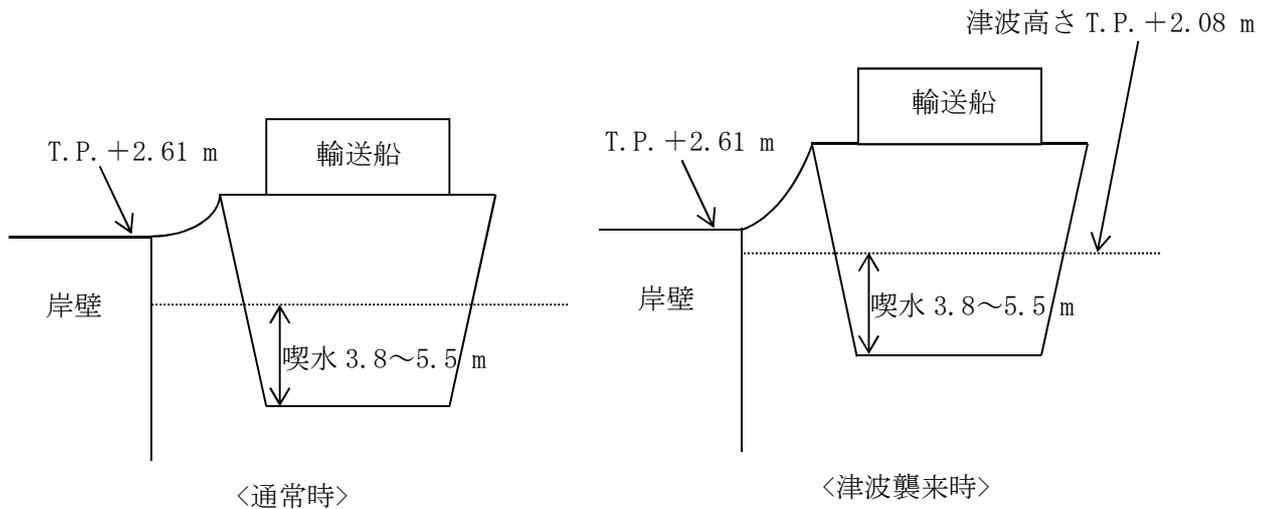


図4 押し波高さと喫水の関係

(備考)

- ・津波の原因となる地震による地殻変動 (+0.05 m) は岸壁が高くなる方向に寄与するため，保守的に考慮していない。
- ・押し波高さ (T.P. +1.90 m) は，朔望平均満潮位 (T.P. +0.61 m) 及び2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動 (0.2 m沈下) を考慮している。
- ・輸送船の喫水は，積荷，バラスト水等で変動するが，積荷なしでも3.8 m以上（実績）である。

(3) 引き波（着底評価）

引き波高さとの関係を図5に示す。図5に示すとおり、輸送船は引き波の最低高さ時には一時的に着底し得るが、この場合も以下の理由により座礁及び転覆することはなく漂流物とならない。

- ・仮に一時的な着底があったとしても、輸送船は二重船殻構造等、十分な船体強度を有しており、水位回復後に退避が可能であり座礁する可能性はない。
- ・輸送船の重量及び扁平的な断面形状より、着底後の引き波による流圧力、又は水位回復時の押し波による流圧力に対して転覆の可能性はない。なお、転覆に関わる評価を別紙に示す。

・引き波高さ	T.P. -2.53 m
・下降側潮位のばらつき	-0.16 m
(計)	T.P. -2.69 m

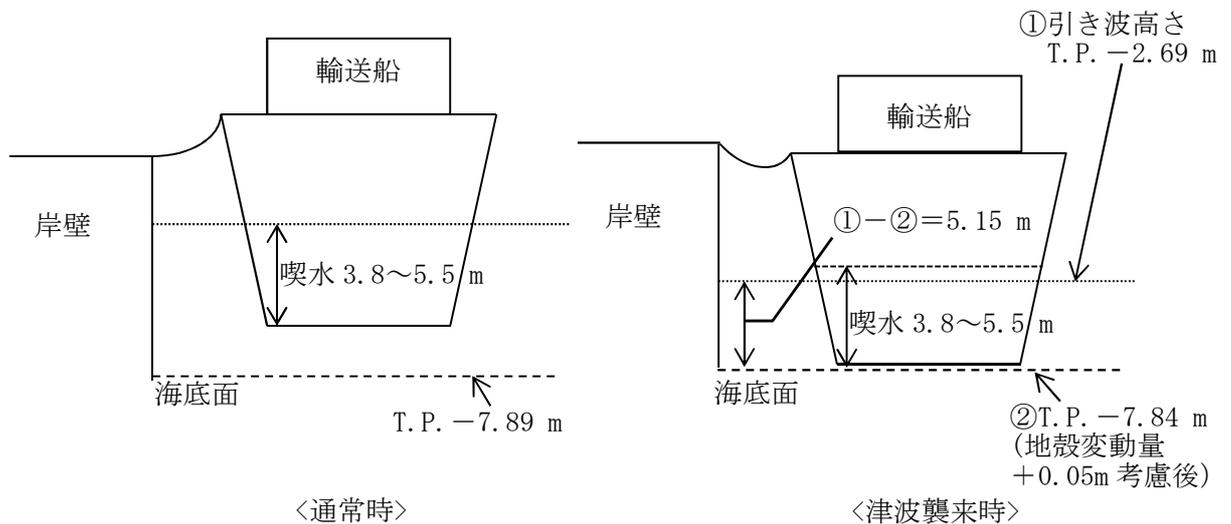


図5 引き波高さと喫水の関係

(備考)

- ・津波の原因となる地震による地殻変動 (+0.05 m) を考慮した。
- ・引き波高さ (T.P. -2.53 m) は、朔望平均干潮位 (T.P. -0.81 m) 及び2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動 (0.2 m沈下) を考慮している。

3. 結 論

朔望平均満潮位、干潮位等の保守的な条件を考慮し、極めて短時間に津波が襲来する場合を仮定しても、輸送船は、津波高さと喫水高さの関係から岸壁に乗り上げることはなく、また、引き波により一時的に着底したとしても、座礁及び転覆せず漂流物とならないことを確認した。

(別紙) 燃料等輸送船の着底時の転覆の可能性について

1. 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及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。

2. 評価条件

(1) 輸送船の仕様・形状

輸送船の仕様を表1に、外形図を図1及び図2に示す。

表1 輸送船の仕様

項 目	仕 様
満載排水量	約 7,000 t (空荷状態：約 4,000 t)
載貨重量トン	約 3,000 t
喫水	約 5 m
全長	100.0 m (垂線間長：94.4 m)
型幅	16.5 m

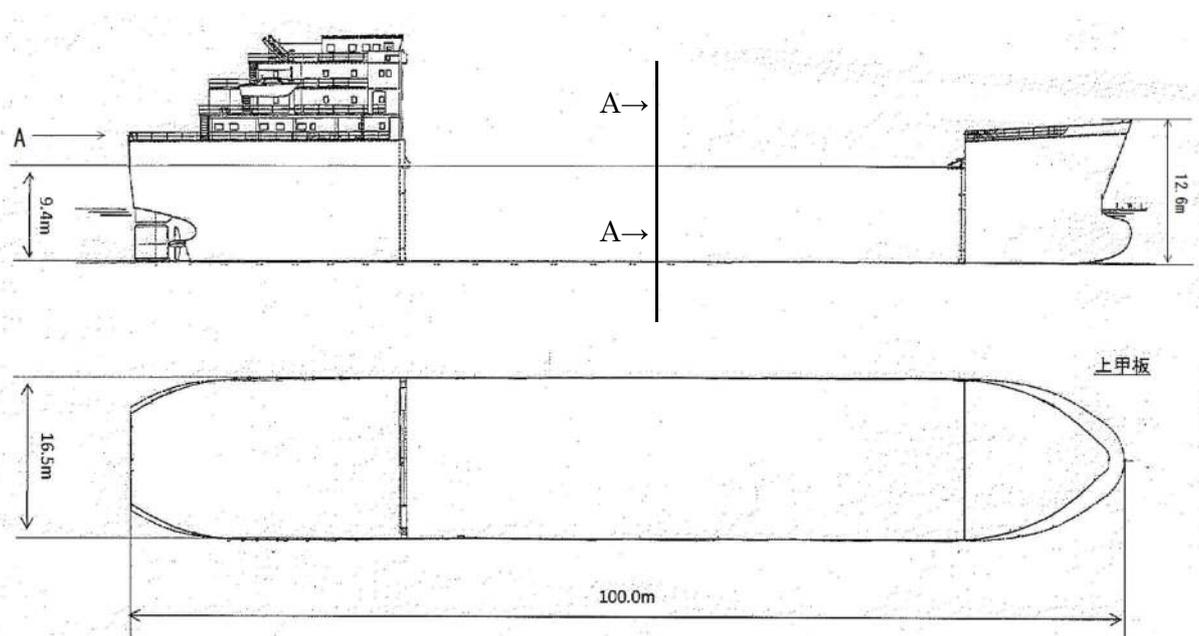


図1 輸送船外形図

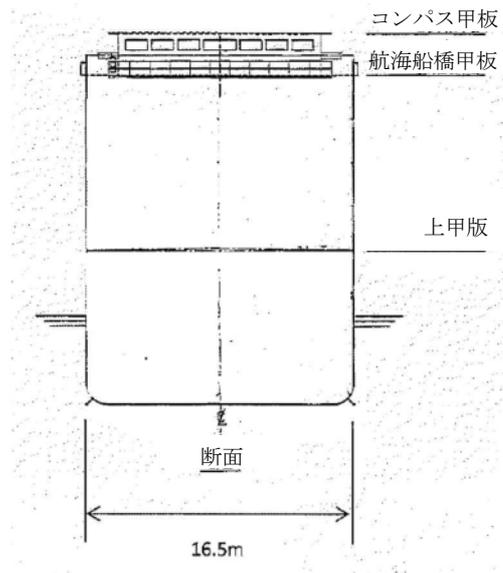


図2 輸送船外形図（A矢視）

(2) 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，輸送船は図2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，図3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。

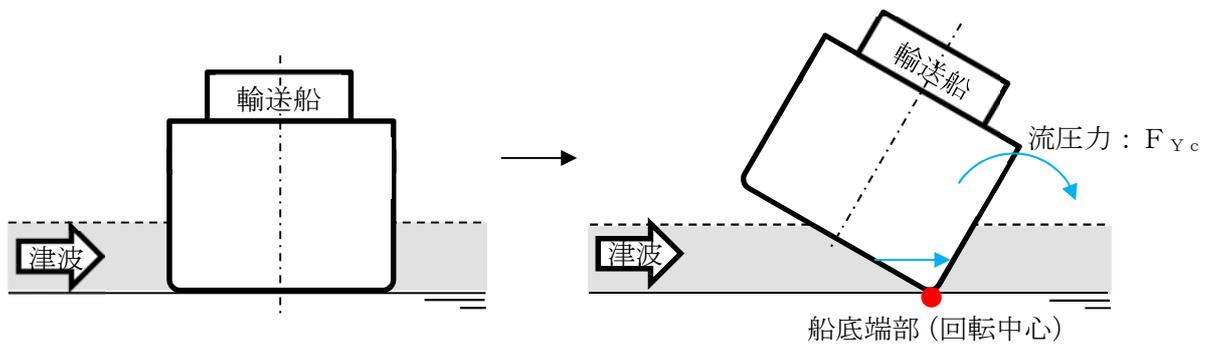


図3 想定転覆モード

3. 転覆評価

図3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図4に示す。

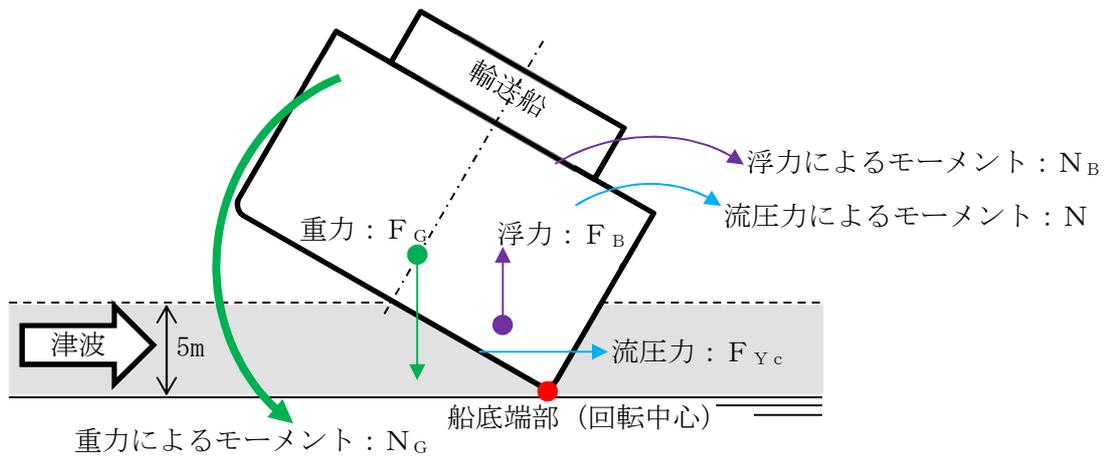


図4 輸送船に働く力とモーメント

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、流圧力及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。

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

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) (=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。

$$\begin{aligned} N &= F_{Yc} \times W \div 2 \\ &= F_{Yc} \times d \div 2 \end{aligned}$$

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ときに最も大きくなり、かつ、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とき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} を表2に示す方法で計算する。

表2 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)</p> <p>C_{Yc} : 横方向流圧力係数</p> <p>V_C : 流速 (m/s)</p> <p>L_{PP} : 垂線間長 (m)</p> <p>d : 喫水 (m)</p> <p>ρ_C : 水密度 (kgf・s²/m⁴) (=104.5 kgf・s²/m⁴)</p>
--	---

(出典：VLCCにおける風圧及び流圧の予測 OCIMF刊行)

このとき、流速は図5に示す最低水位を示した早く襲来する津波の最大流速2.0 m/sを適用し、横方向流圧力係数を図6より10と仮定する。

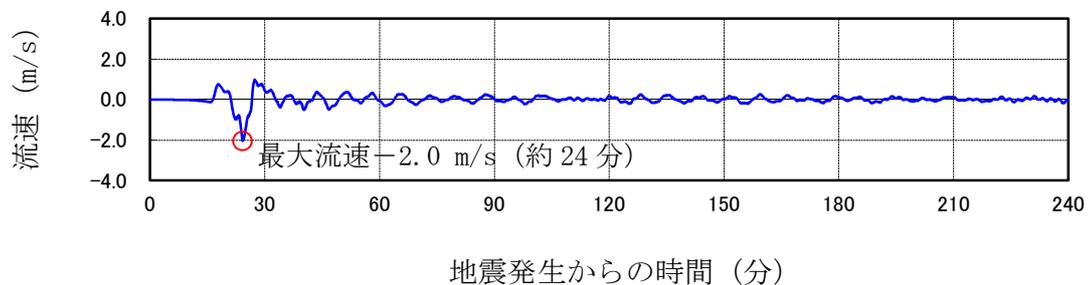
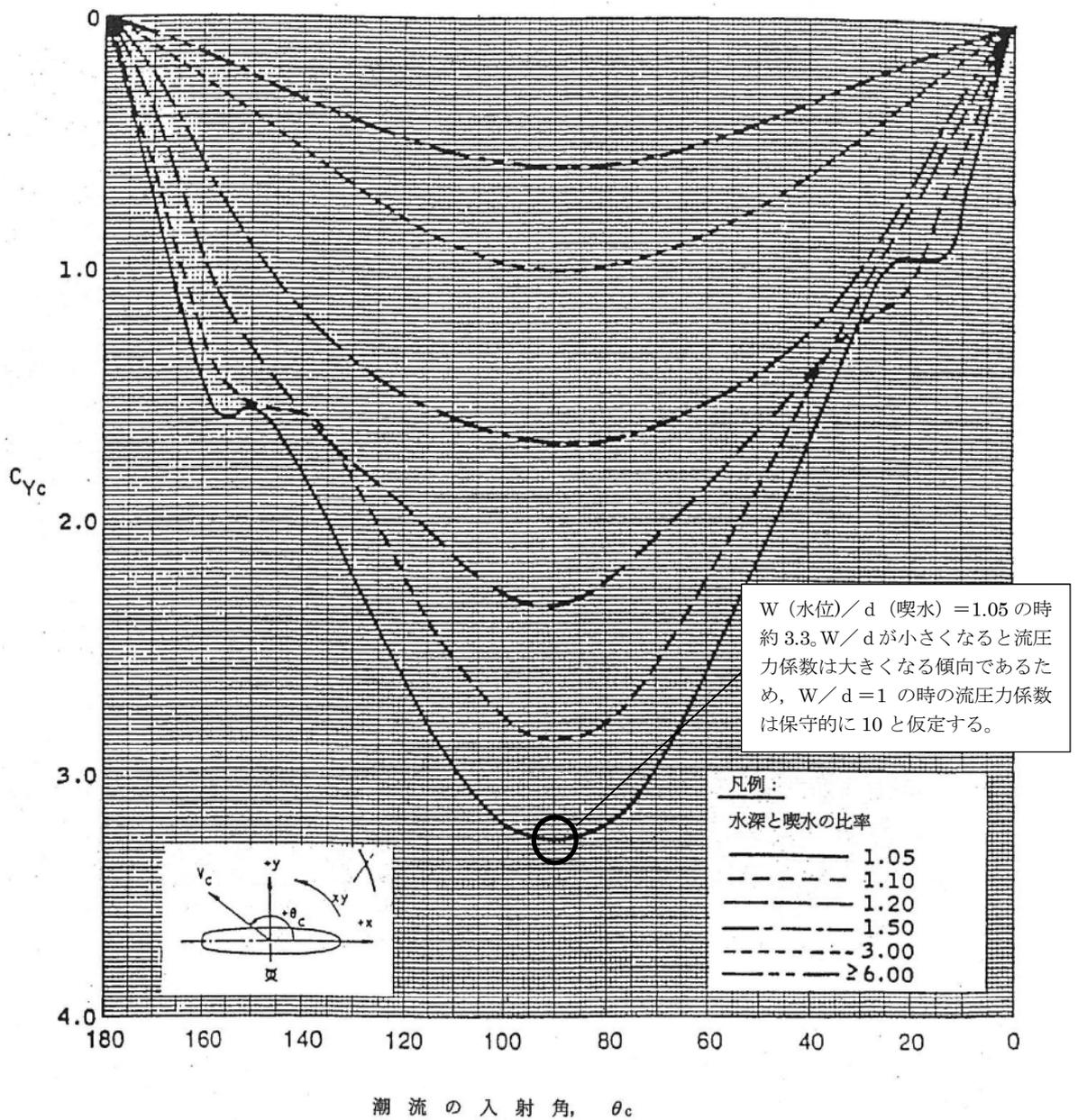


図5 早く襲来する津波の流速（最低水位を示したケース，岸壁）



(出典: VLCCにおける風圧及び流圧の予測 OCIMF刊行)

図6 横方向流圧力係数

表2により F_{Yc} は以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned}
 F_{Yc} &= 1 \div 2 \times 10 \times 104.5 \times 2.0^2 \times 94.4 \times 5 \\
 &= 986,480 \text{ (kgf)} \\
 &\approx 1,000 \text{ (tonf)}
 \end{aligned}$$

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。

$$\begin{aligned}
 N &= F_{Yc} \times d \div 2 \\
 &= 1,000 \times 5 \div 2 \\
 &= 2,500 \text{ (tonf}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

最後に浮力によるモーメント N_B は次式にて評価する。

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

N_B : 浮力によるモーメント (tonf·m)

F_{Br} : 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。

$$\begin{aligned} N + N_B &= 2,500 + 5,100 \\ &= 7,600 \text{ (tonf}\cdot\text{m)} < N_G (=18,000) \text{ (tonf}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

4. 結 論

輸送船は着底後に津波による流圧力を受けてもその形状から通常の状態であれば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。

(参考8) 防潮堤設置ルート変更による漂流物評価に必要な数値シミュレーション結果への影響について

1. はじめに

敷地北側の防潮堤（鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁）について設置ルートの変更を行ったことから、数値シミュレーションの結果に影響を及ぼす可能性がある。このため、防潮堤の設置ルート変更を反映したモデルによる数値シミュレーションを実施し、漂流物評価に必要な数値シミュレーション結果への影響を確認した。以下に影響確認結果を示す。

2. 漂流物評価に必要な数値シミュレーション結果への影響について

(1) 遡上解析

a. 基準津波による遡上域

防潮堤の設置ルート変更を反映したモデルによる遡上解析を実施し、防潮堤の設置ルート変更による遡上域への影響確認を実施した。防潮堤の設置ルート変更前後における基準津波による遡上域を図1に示す。影響確認の結果、遡上域に大きな差異が無いことから防潮堤の設置ルート変更による遡上域への影響はないことを確認した。

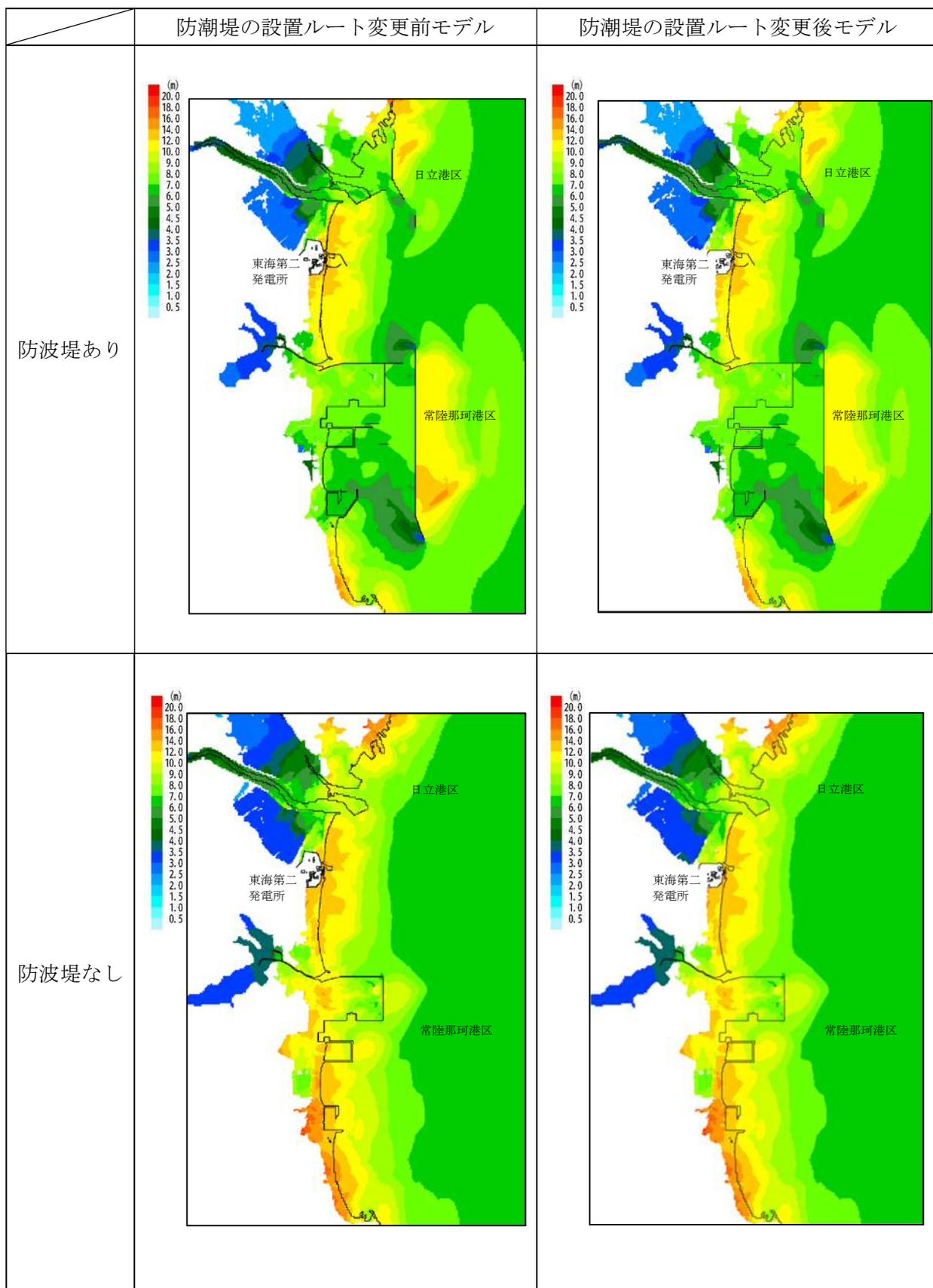


図1 防潮堤の設置ルート変更前後における基準津波による遡上域

(2) 漂流物軌跡解析

防潮堤の設置ルート変更を反映したモデルによる軌跡解析を実施し、防潮堤の設置ルート変更による評価点の挙動への影響確認を実施した。防潮堤の設置ルート変更前後における基準津波による軌跡解析結果を図 2 に示す。影響確認の結果、各評価点の挙動に大きな差異が無いことから防潮堤の設置ルート変更による評価点の挙動への影響はないことを確認した。

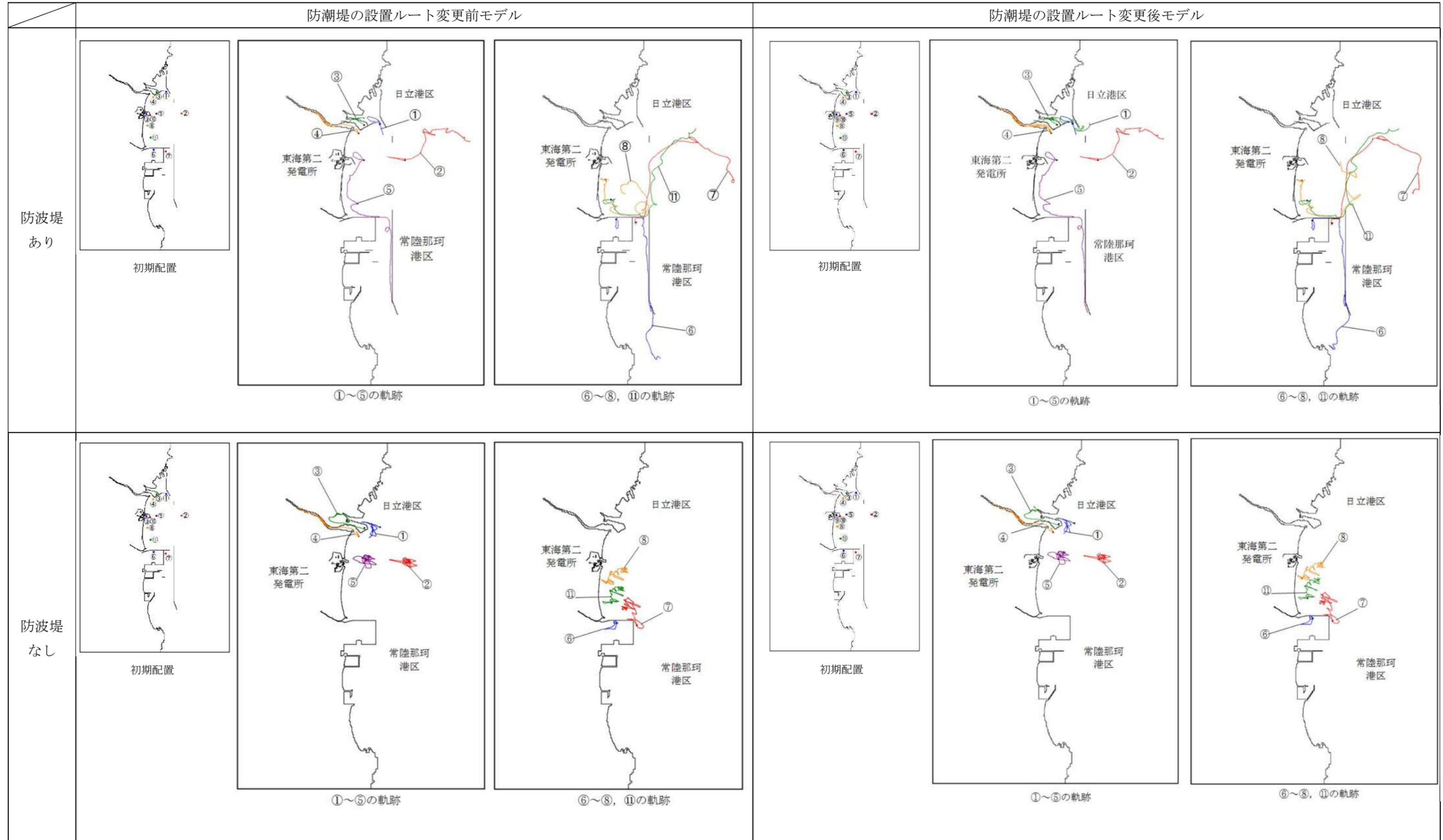


図 2 防潮堤の設置ルート変更前後における基準津波による漂流物軌跡解析結果