

本資料のうち、枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉審査資料	
資料番号	KK67-0094 改04
提出年月日	平成28年9月15日

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉

津波による損傷の防止について

平成28年9月

東京電力ホールディングス株式会社

第5条：津波による損傷の防止

<目次>

1. 基本方針
 - 1.1 要求事項の整理

2. 追加要求事項に対する適合方針
 - 2.1 設計基準対象施設の耐津波設計
 - 2.1.1 耐津波設計の基本方針
 - 2.1.1.1 津波防護対象の選定
 - 2.1.1.2 敷地及び敷地周辺における地形及び施設の配置等
 - 2.1.1.3 基準津波による敷地周辺の遡上・浸水域
 - 2.1.1.4 入力津波の設定
 - 2.1.1.5 設計または評価に用いる入力津波
 - 2.1.2 敷地の特性に応じた津波防護の基本方針
 - 2.1.3 敷地への浸水防止（外郭防護1）
 - 2.1.3.1 遡上波の地上部からの到達，流入の防止
 - 2.1.3.2 取水路，放水路等の経路からの津波の流入防止
 - 2.1.4 漏水による重要な安全機能への影響防止（外郭防護2）
 - 2.1.4.1 漏水対策
 - 2.1.4.2 安全機能への影響評価
 - 2.1.4.3 排水設備設置の検討
 - 2.1.5 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）
 - 2.1.5.1 浸水防護重点化範囲の設定
 - 2.1.5.2 浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策
 - 2.1.6 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止
 - 2.1.6.1 非常用海水冷却系の取水性
 - 2.1.6.2 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
 - 2.1.7 津波監視
 - 2.2 津波に対する防護設備
 - 2.2.1 概要
 - 2.2.2 設計方針
 - 2.2.3 主要設備
 - 2.2.4 主要仕様

2.2.5 試験検査

2.2.6 手順等

3. 別添

別添 1 柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉及び 7 号炉 耐津波設計方針について

別添 1

柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉及び 7 号炉
耐津波設計方針について

平成 28 年 9 月

東京電力ホールディングス株式会社

目 次

I. はじめに

II. 耐津波設計方針

1. 基本事項

1.1 津波防護対象の選定

1.2 敷地及び敷地周辺における地形及び施設の配置等

1.3 基準津波による敷地周辺の遡上・浸水域

1.4 入力津波の設定

1.5 設計または評価に用いる入力津波

2. 設計基準対象施設の津波防護方針

2.1 敷地の特性に応じた津波防護の基本方針

2.2 敷地への浸水防止（外郭防護1）

2.3 漏水による重要な安全機能への影響防止（外郭防護2）

2.4 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）

2.5 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止

2.6 津波監視

3. 重大事故等対処施設の津波防護方針

3.1 敷地の特性に応じた津波防護の基本方針

3.2 敷地への浸水防止（外郭防護1）

3.3 漏水による重要な安全機能への影響防止（外郭防護2）

3.4 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）

3.5 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止

3.6 津波監視

4. 施設・設備の設計・評価の方針及び条件

4.1 津波防護施設の設計

4.2 浸水防止設備の設計

4.3 津波監視設備の設計

4.4 施設・設備等の設計・評価に係る検討事項

本日のご説明範囲

(添付資料)

- 1 設計基準対象施設の津波防護対象設備とその配置について
- 2 地震時における地盤沈下量の評価方法
- 3 管路解析の詳細について
- 4 港湾内の局所的な海面の励起について
- 5 防護重点化範囲の境界における浸水対策の位置及び内容
- 6 水密扉の運用管理について
- 7 津波による水位低下時の常用系ポンプの停止に関わる運用
- 8 柏崎刈羽原子力発電所周辺海域における底質土砂の分析結果について
- 9 海水ポンプ軸受の浮遊砂耐性について
- 10 燃料等輸送船の喫水と津波高さとの関係について
- 11 耐津波設計における余震荷重と津波荷重の組合せについて
- 12 審査ガイドとの整合性（耐津波設計方針）
- 13 津波防護対策の設備の位置づけについて
- 14 耐津波設計における現場確認プロセス
- 15 津波漂流物の調査要領について
- 16 燃料等輸送船の係留索の耐力について
- 17 漂流物の評価に考慮する津波の流速・流向について
- 18 荒浜側防潮堤の耐震設計について
- 19 津波シミュレーションに用いる数値計算モデルについて
- 20 津波波力の算定に用いた規格・基準類の適用性について
- 21 漂流物の衝突荷重算定式について
- 22 耐津波設計において考慮する荷重の組合せについて
- 23 入力津波に用いる潮位条件について
- 24 基準津波に伴う砂移動評価について

(参考資料)

- 1 柏崎刈羽原子力発電所における津波評価
- 2 柏崎刈羽原子力発電所6号炉及び7号炉 内部溢水の影響評価について（別添資料1 第9章）
- 3 柏崎刈羽原子力発電所6号炉及び7号炉 内部溢水の影響評価について（別添資料1 第10章）

本日のご説明範囲

1.3 基準津波による敷地周辺の遡上・浸水域

(1) 敷地周辺の遡上・浸水域の評価

【規制基準における要求事項等】

遡上・浸水域の評価に当たっては、次に示す事項を考慮した遡上解析を実施して、遡上波の回り込みを含め敷地への遡上の可能性を検討すること。

- 敷地及び敷地周辺の地形とその標高
- 敷地沿岸域の海底地形
- 津波の敷地への侵入角度
- 敷地及び敷地周辺の河川，水路の存在
- 陸上の遡上・伝播の効果
- 伝播経路上の人工構造物

【検討方針】

基準津波による次に示す事項を考慮した遡上解析を実施して、遡上波の回り込みを含め敷地への遡上の可能性を検討する。

- 敷地及び敷地周辺の地形とその標高
- 敷地沿岸域の海底地形
- 津波の敷地への侵入角度
- 敷地及び敷地周辺の河川，水路の存在
- 陸上の遡上・伝播の効果
- 伝播経路上の人工構造物

【検討結果】

a. 遡上解析の手法，データ及び条件

上記の検討方針について、遡上解析の手法，データ及び条件を以下のとおりとした。

- 基準津波による敷地周辺の遡上解析にあたっては、遡上解析上、影響を及ぼす斜面や道路等の地形とその標高，及び伝播経路上の人工構造物の設置状況を考慮し、遡上域のメッシュサイズ（5.0m）に合わせた形状にモデル化する。
- 敷地沿岸域及び海底地形は、国土地理院等による海底地形図及び発電所近傍や港湾内の深浅測量結果を使用する。また、取・放水路の諸元，敷地標高については、発電所の竣工図を使用する。
- モデル化の対象とする構造物は、耐震性や耐津波性を有する恒設の人工構造物，及び津波の遡上経路に影響する恒設の人工構

造物とする。その他の津波伝播経路上の人工構造物については、構造物が存在することで津波の影響軽減効果が生じ、遡上範囲を過小に評価する可能性があることから、遡上解析上、保守的な評価となるよう対象外とする。

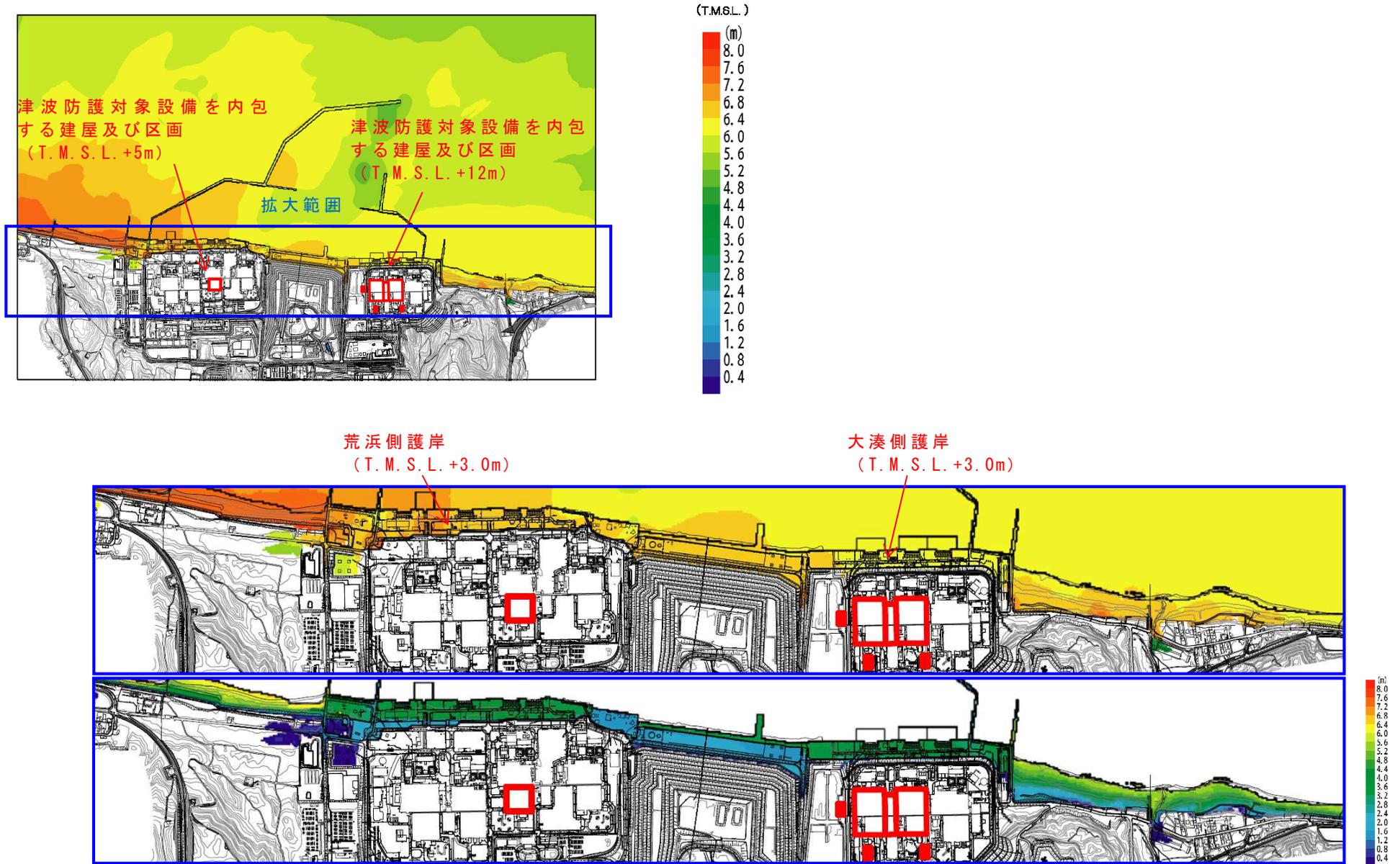
b. 敷地周辺の遡上・浸水域の把握

敷地周辺の遡上・浸水域の把握にあたって以下のとおりとした。

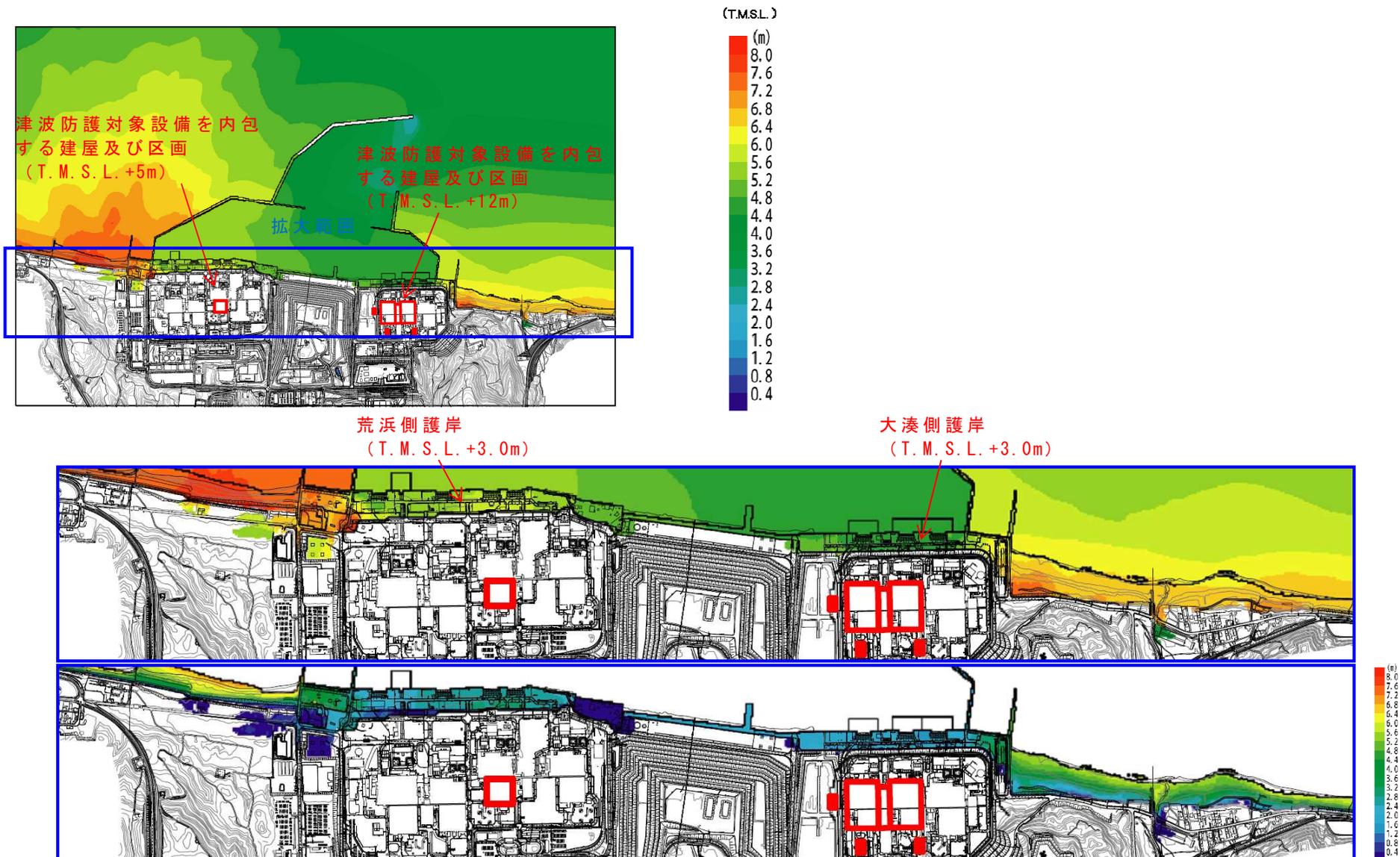
- 敷地周辺の遡上・浸水域の把握にあたっては、敷地前面・側面及び敷地周辺の津波の浸入角度及び速度並びにそれらの経時変化を把握する。
- 敷地周辺の浸水域の寄せ波・引き波の津波の遡上・流下方向及びそれらの速度について留意し、敷地の地形、標高の局所的な変化等による遡上波の敷地への回り込みを考慮する。

遡上解析により得られた基準津波による最高水位分布及び最大浸水深分布をそれぞれ第 1.3-1 図、第 1.3-2 図に示す。

発電所敷地前面又は津波浸入方向に正対した面における敷地について、その標高の分布と津波の遡上高さの分布を比較すると、遡上波が護岸付近の敷地に地上部から到達、流入する可能性があるが、津波防護対象設備を内包する建屋及び区画の設置された敷地に地上部から到達、流入する可能性はない。



第 1.3-1 図 基準津波 1 における遡上波による最高水位分布・最大浸水深分布



第 1.3-2 図 基準津波 3 における遡上波による最高水位分布・最大浸水深分布

(2) 地震・津波による地形等の変化に係る評価

【規制基準における要求事項等】

次に示す可能性が考えられる場合は、敷地への遡上経路に及ぼす影響を検討すること。

- 地震に起因する変状による地形，河川流路の変化
- 繰り返し襲来する津波による洗掘・堆積により地形，河川流路の変化

【検討方針】

次に示す可能性があるかについて検討し，可能性がある場合は，敷地への遡上経路に及ぼす影響を検討する。

- 地震に起因する変状による地形，河川流路の変化
- 繰り返し襲来する津波による洗掘・堆積による地形，河川流路の変化

【検討結果】

敷地周辺の遡上経路に河川はないが，基準地震動 S_s に起因する地形変化が考えられるため，敷地の変形について検討を行った。

地震による地形の変化について，発電所敷地への遡上経路である護岸付近の地盤は，西山層，古安田層，埋戻土層等から構成されており，基準地震動 S_s による震動で沈下が想定されるため，液状化に伴う沈下による護岸付近の地盤沈下を想定した。また，敷地中央に位置する中央土捨場については，基準地震動 S_s による斜面崩壊を想定した。

これらの地形変化を想定した津波評価を実施した結果，前項で示した津波防護対象設備を内包する建屋及び区画への遡上はなく，護岸付近の地盤沈下や中央土捨場の崩壊が敷地の遡上経路へ影響を及ぼすことはない。詳細は添付資料 2 に示す。

繰り返し襲来する津波による洗掘・堆積による地形，河川流路の変化については，荒浜側には荒浜側防潮堤を設置し，直下を地盤改良している。また，大湊側は，敷地 (T.M.S.L.+12m) 前面の斜面の地盤改良を実施している。このため，洗掘が，荒浜側防潮堤内および大湊側の敷地 (T.M.S.L.+12m) の遡上経路へ影響を及ぼすことはない。

1.4 入力津波の設定

【規制基準における要求事項等】

基準津波は、波源域から沿岸域までの海底地形等を考慮した、津波伝播及び遡上解析により時刻歴波形として設定していること。

入力津波は、基準津波の波源から各施設・設備等の設置位置において算定される時刻歴波形として設定していること。

基準津波及び入力津波の設定に当たっては、津波による港湾内の局所的な海面の固有振動の励起を適切に評価し考慮すること。

【検討方針】

基準津波については、「柏崎刈羽原子力発電所における津波評価」(参考資料1)において説明する。

入力津波は、基準津波の波源から各施設・設備等の設置位置において算定される時刻歴波形として設定する。具体的な入力津波の設定にあたっては、以下のとおりとする。

- 入力津波は、海水面の基準レベルからの水位変動量を表示することとし、潮位変動等については、入力津波を設計または評価に用いる場合に考慮する。
- 入力津波が各施設・設備の設計・評価に用いるものであることを念頭に、津波の高さ、津波の速度、衝撃力等、着目する荷重因子を選定した上で、各施設・設備の構造・機能損傷モードに対応する効果を安全側に評価する。
- 施設が海岸線の方向において広がりをもっている場合は、複数の位置において荷重因子の値の大小関係を比較し、施設に最も大きな影響を与える波形を入力津波とする。

基準津波及び入力津波の設定にあたっては、津波による港湾内の局所的な海面の固有振動の励起を適切に評価し考慮する。

【検討結果】

取水路、放水路からの津波の流入及び非常用海水冷却系の取水性に関する設計・評価を行うために、取水口及び取水槽、並びに放水口及び放水庭に着目した入力津波を設定した。具体的には、波源から発電所敷地までの津波伝播・遡上解析、及び水路部について水理特性を考慮した管路解析を行い、潮位変動や地殻変動を踏まえ、各施設・設備等の設置位置において設計または評価に用いる入力津波を設定した。津波伝播・遡上解析の詳細は「柏崎刈羽原子力発電所における津波評価」で説明する。また、管路解析の詳細は添付資料3に示す。

なお、非常用海水冷却系の海水ポンプ（原子炉補機冷却海水ポンプ）の取水源を確保するため、海水貯留堰を設置し、津波による水位低下時には循環水ポンプを停止する運用とすることから、津波評価の前提として「循環水ポンプ停止」とした。

入力津波の設定にあたっては、津波の高さ、速度、衝撃力に着目し、各施設・設備において算定された数値を安全側に切り上げた値を入力津波高さや速度として設定することで、各施設・設備の構造・機能の損傷に影響する浸水高、波力・波圧等について安全側に評価している。また、浸水防止設備等の新規の施設・設備の設計においては、入力津波高さ以上の高さの津波を設計荷重とする等により、安全側の設計となるよう配慮している。

なお、柏崎刈羽原子力発電所の6号炉及び7号炉の津波防護に関わる施設のうち、海岸線の方向に広がりを持つものとしては、荒浜側防潮堤がある。これに対しては、基準津波の選定において複数の位置における荷重因子（津波高さ）の値の大小関係を比較した上で、施設に最も大きな影響を与える波形を入力津波として選定している。選定の具体的な内容は「柏崎刈羽原子力発電所における津波評価」で説明する。

柏崎刈羽原子力発電所の港湾部においては、取水口及び放水口内外で最高水位や傾向に大きな差異はなく、取水口及び放水口近傍で局所的な海水の励起は生じていないことを確認している。その詳細を添付資料4に示す。

設定した設計または評価に用いる入力津波は「1.5 設計または評価に用いる入力津波」において示す。

1.5 設計または評価に用いる入力津波

【規制基準における要求事項等】

入力津波による水位変動に対して朔望平均潮位（注）を考慮して安全側の評価を実施すること。

注）：朔（新月）及び望（満月）の日から 5 日以内に観測された、各月の最高満潮面及び最低干潮面を 1 年以上にわたって平均した高さの水位をそれぞれ、朔望平均満潮位及び朔望平均干潮位という

潮汐以外の要因による潮位変動についても適切に評価し考慮すること。

地震により陸域の隆起または沈降が想定される場合、地殻変動による敷地の隆起または沈降及び、強震動に伴う敷地地盤の沈下を考慮して安全側の評価を実施すること。

【検討方針】

入力津波を設計または評価に用いるにあたり、入力津波による水位変動に対して朔望平均潮位を考慮して安全側の評価を実施する。潮汐以外の要因による潮位変動として、高潮についても適切に評価を行い考慮する。また、地震により陸域の隆起又は沈降が想定される場合は、地殻変動による敷地の隆起又は沈降及び強震動に伴う敷地地盤の沈下を考慮して安全側の評価を実施する。

具体的には以下のとおり実施する。

- 朔望平均潮位については、敷地周辺の港における潮位観測記録に基づき、観測設備の仕様に留意の上、評価を実施する。
- 上昇側の水位変動に対しては、朔望平均満潮位及び潮位のバラつきを考慮して上昇側評価水位を設定し、下降側の水位変動に対しては、朔望平均干潮位及び潮位のバラつきを考慮して下降側評価水位を設定する。
- 潮汐以外の要因による潮位変動について、潮位観測記録に基づき、観測期間等に留意の上、高潮発生状況（程度、台風等の高潮要因）について把握する。また、高潮の発生履歴を考慮して、高潮の可能性とその程度（ハザード）について検討し、津波ハザード評価結果を踏まえた上で、独立事象としての津波と高潮による重畳頻度を検討した上で、考慮の可否、津波と高潮の重畳を考慮する場合の高潮の再現期間を設定する。
- 地震により陸域の隆起または沈降が想定される場合、以下のとおり考慮する。
- 地殻変動が隆起の場合、下降側の水位変動に対する安全評価の際

には、下降側評価水位から隆起量を差引いた水位と対象物の高さを比較する。また、上昇側の水位変動に対する安全評価の際には、隆起を考慮しないものと仮定して、対象物の高さとは上昇側評価水位を直接比較する。

- 地殻変動が沈降の場合、上昇側の水位変動に対する安全評価の際には、上昇側水位に沈降量を加算して、対象物の高さと比較する。また、下降側の水位変動に対する安全評価の際には、沈降しないものと仮定して、対象物の高さとは下降側評価水位を直接比較する。

【検討結果】

(1) 朔望平均潮位

柏崎刈羽原子力発電所の南西約 11km の観測地点「柏崎」（国土交通省国土地理院柏崎験潮場）（第 1.5-1 図）の朔望平均潮位は第 1.5-1 表のとおりである。

耐津波設計においては施設への影響を確認するため、上昇側の水位変動に対しては朔望平均満潮位を考慮して上昇側水位を設定し、また、下降側の水位変動に対しては朔望平均干潮位を考慮して下降側水位を設定する。



第 1.5-1 図 観測地点「柏崎」の位置

第 1.5-1 表 考慮すべき水位変動

朔望平均満潮位	T. M. S. L. + 0.49m
朔望平均干潮位	T. M. S. L. + 0.03m

(2) 潮位のバラつき

設定した朔望平均潮位のバラつきを把握するため、潮位観測記録を用いてバラつきの程度を確認した。

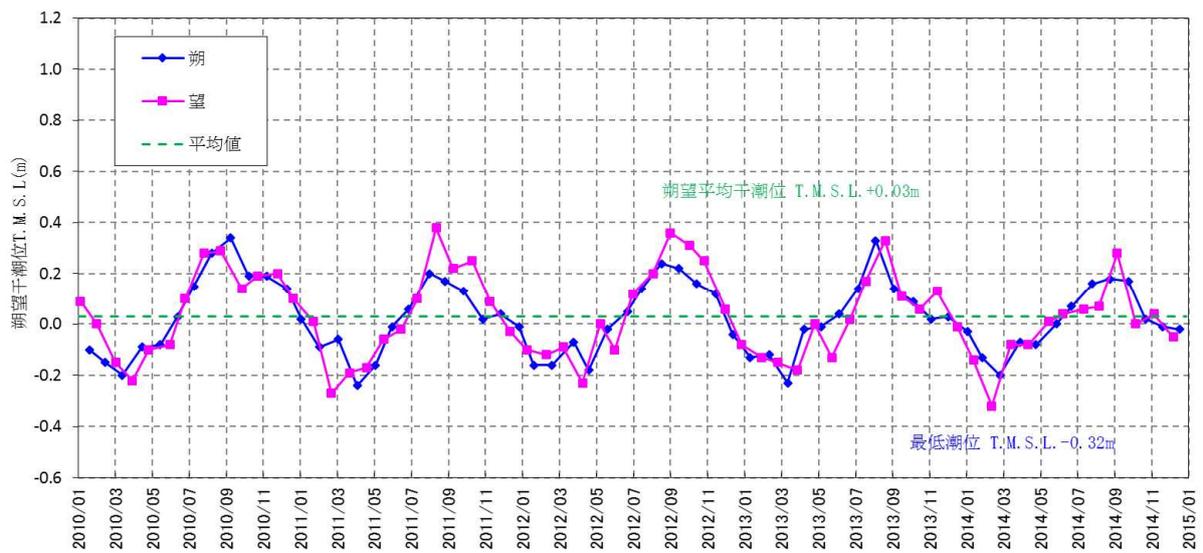
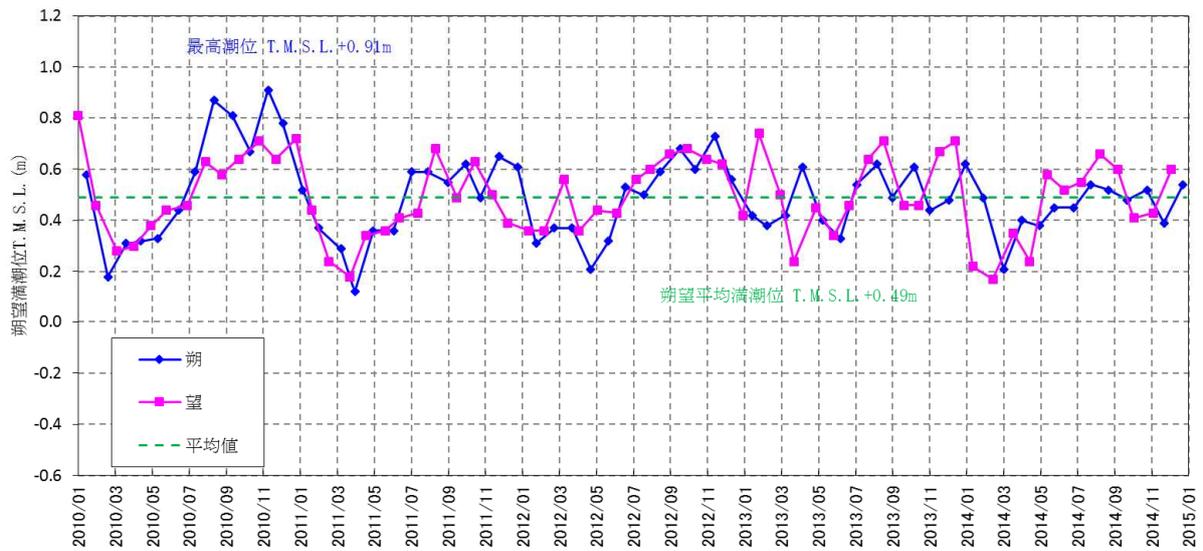
確認は平成 22 年 1 月から平成 26 年 12 月まで（2010 年 1 月～2014 年 12 月）の 5 カ年のデータを用いて行った。用いたデータを第 1.5-1 図に示す。なお、観測期間を 10 カ年とした場合について検証を行い、同程度の値を示すことを確認している。（添付資料 23）

データ分析の結果は第 1.5-2 表に示すとおりであり、標準偏差は満潮位で 0.16m，干潮位で 0.15m であった。

満潮位の標準偏差（0.16m）は、耐津波設計における上昇側水位の設定の際に考慮し、干潮位の標準偏差（0.15m）は下降側水位の設定の際に考慮する。

第 1.5-2 表 朔望潮位に関するデータ分析（柏崎）

	朔望満潮位（m）	朔望干潮位（m）
最大値	T. M. S. L. +0.91	T. M. S. L. +0.38
平均値	T. M. S. L. +0.49	T. M. S. L. +0.03
最小値	T. M. S. L. +0.12	T. M. S. L. -0.32
標準偏差	0.16	0.15



第 1.5-1 図 各月の朔望満干潮位の推移

(3) 高潮

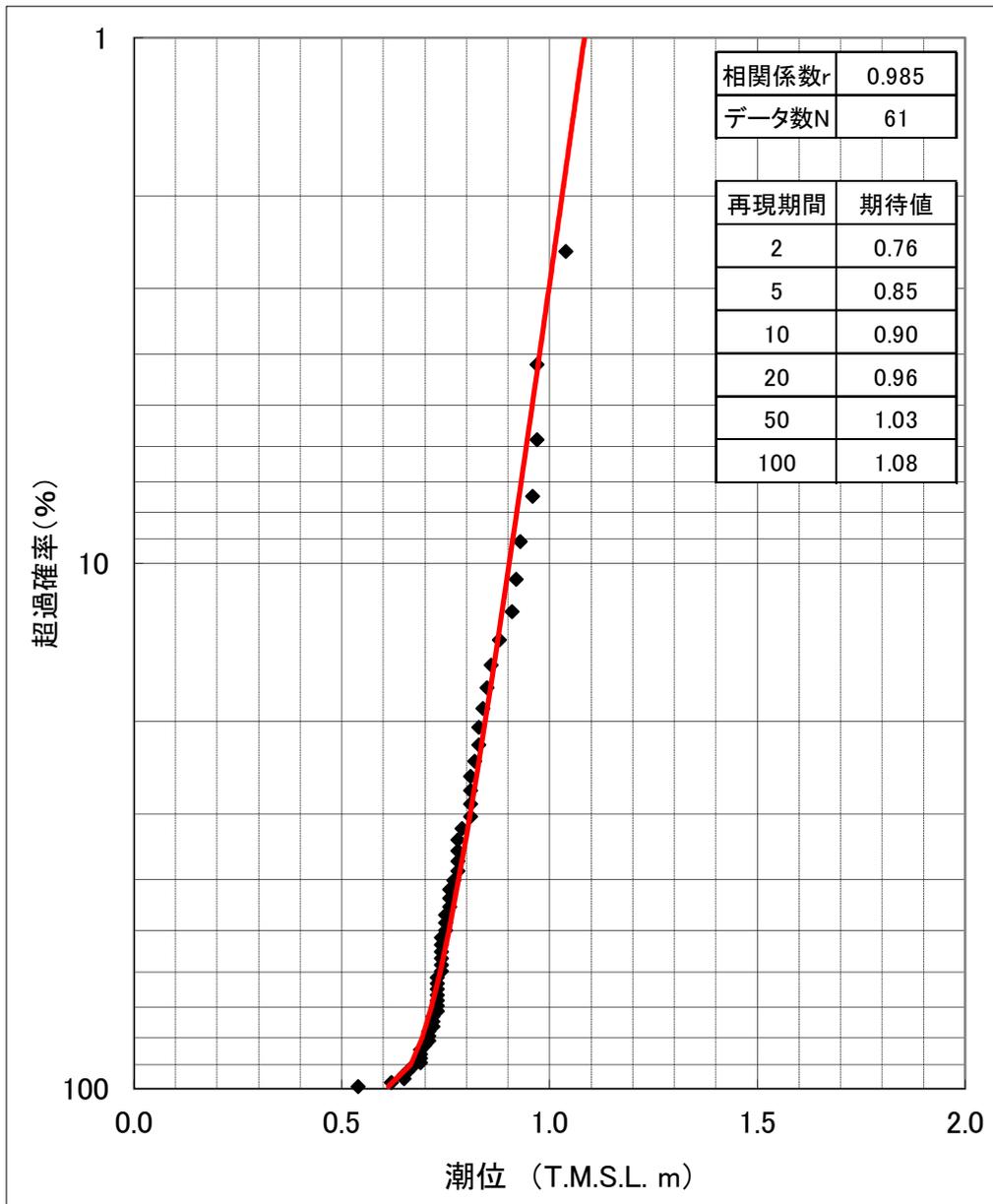
a. 高潮の評価

観測地点「柏崎」における過去 61 年（1955 年～2015 年）の年最高潮位を第 1-5-3 表に示す。また，表から算定した観測地点「柏崎」における最高潮位の超過発生確率を第 1.5-2 図に示す。これより，再現期間と期待値は次のとおりとなる。

－ 2 年	: T.M.S.L. + 0.76m
－ 5 年	: T.M.S.L. + 0.85m
－ 10 年	: T.M.S.L. + 0.90m
－ 20 年	: T.M.S.L. + 0.96m
－ 50 年	: T.M.S.L. + 1.03m
－ 100 年	: T.M.S.L. + 1.08m

第 1.5-3 表 観測地点「柏崎」における年最高潮位

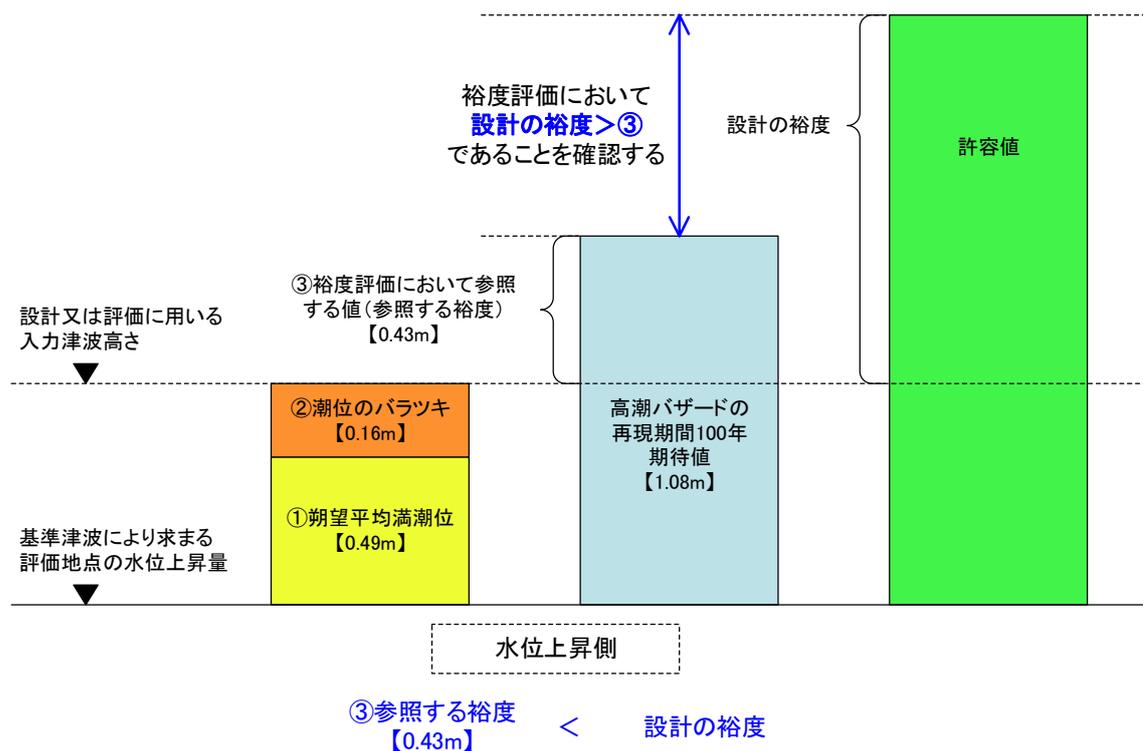
年	月	日	時	潮位(m)	順位	備考
1955	7	22	16	0.62		台風9号と台風11号の通過
1956	12	5	17	0.93	⑥	
1957	12	18	23	0.72		
1958	8	21	6	0.65		
1959	9	18	13	0.82		台風14号通過
1960	1	5	20	0.69		
1961	8	7	1	0.83		
1962	8	4	7	0.79		台風9号から温帯低気圧へ
1963	11	9	5	0.86	⑩	
1964	11	23	19	0.78		
1965	12	12	20	0.81		
1966	12	1	1	0.73		
1967	8	29	5	0.71		
1968	1	14	17	0.71		
1969	12	3	10	0.74		
1970	12	4	6	0.84		
1971	9	27	4	0.73		台風29号通過
1972	12	2	0	0.96	⑤	
1973	11	17	8	0.72		
1974	11	18	20	0.78		
1975	8	23	15	0.75		台風6号通過
1976	10	29	21	0.97	④	
1977	12	26	1	0.66		
1978	8	3	13	0.69		台風8号通過
1979	3	31	5	0.74		
1980	10	26	17	0.88	⑨	
1981	8	23	7	0.92	⑦	台風15号通過
1982	10	25	3	0.70		
1983	11	18	17	0.76		
1984	8	23	2	0.81		台風10号から温帯低気圧へ
1985	11	13	16	0.73		
1986	8	30	6	0.71		台風13号から温帯低気圧へ
1987	1	1	2	0.81		
1988	7	1	14	0.54		
1989	11	30	2	0.69		
1990	12	27	14	0.75		
1991	2	17	3	0.65		
1992	12	14	1	0.74		
1993	2	23	16	0.67		
1994	9	20	15	0.72		台風24号から温帯低気圧へ
1995	12	24	19	0.77		
1996	6	19	14	0.76		
1997	1	3	21	0.74		
1998	11	17	16	0.83		
1999	10	28	3	0.81		
2000	2	9	4	0.97	③	
2001	1	2	19	0.73		
2002	10	28	5	0.76		
2003	9	13	18	0.74		台風第14号通過
2004	8	20	5	1.05	①	台風第15号通過
2005	12	5	3	0.73		
2006	11	7	17	0.78		
2007	1	7	18	0.85		
2008	2	24	5	0.73		
2009	12	21	5	0.75		
2010	11	10	3	0.91	⑧	
2011	1	1	0	0.69		
2012	4	4	5	0.73		
2013	1	26	17	0.74		
2014	12	17	23	1.04	②	
2015	11	27	17	0.78		



第 1.5-2 図 観測地点「柏崎」における最高潮位の超過発生確率

b. 高潮の考慮

基準津波による水位の年超過確率は $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 程度であり、独立事象としての津波と高潮が重畳する可能性は低いと考えられるものの、高潮ハザードについては、プラントの運転期間を超える再現期間 100 年に対する期待値 (T.M.S.L. + 1.08m) と入力津波で考慮する朔望平均満潮位 (T.M.S.L. + 0.49m) 及び潮位のばらつき (0.16m) との差である 0.43m を外郭防護の裕度評価において参照する。(第 1.5-3 図)



第 1.5-3 図 高潮の考慮のイメージ

(4) 地殻変動

津波の波源としている地震による地殻変動としては、第 1.5-4 表に示す沈降及び隆起が想定される。なお、基準津波の波源については第 1.5-4 図に、また、地殻変動量の算定方法については添付資料 19 に示す。

耐津波設計においては施設への影響を確認するため、地殻変動が沈降の場合、上昇側の水位変動に対しては設計、評価を行う際には、沈降量を考慮して上昇側水位を設定する。また、下降側の水位変動に対して設計、評価を行う際は、沈降しないものと仮定する。

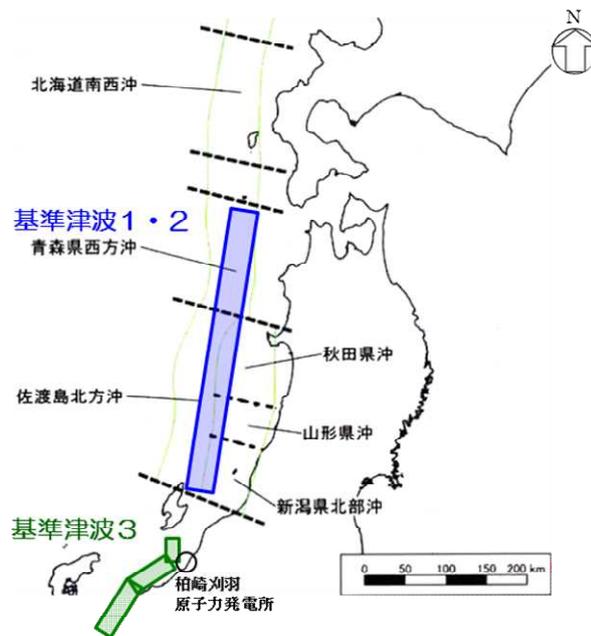
地殻変動が隆起の場合、下降側の水位変動に対して設計、評価を行う際には、隆起量を考慮して下降側水位を設定する。また、上昇側の水位変動に対して設計、評価を行う際は、隆起しないものと仮定する。

なお、「柏崎刈羽原子力発電所における津波評価」における地震による津波の数値シミュレーションでは、地殻変動量を含む形で表現している。

広域的な余効変動の継続について、1 ヶ月間の地殻変動図（国土地理院，2015 年 12 月）を第 1.5-5 図に、GPS 連続観測システム（国土地理院，GEONET）の標高データに基づく 2010 年 1 月 1 日の標高に対する鉛直変位の経時変化を第 1.5-6 図に示す。柏崎地点における 2015 年 6 月～2016 年 6 月の一年間の変位量は約+0.7cm であることなどから、広域的な余効変動による津波に対する安全性評価への影響はないと考えられる。なお、福島県いわき地点及び相馬地点では、2011 年東北地方太平洋沖地震後の余効変動による隆起が現在まで継続しており、2015 年 6 月～2016 年 6 月の一年間の変位量は、福島県いわき地点では約+2.6cm、相馬地点では約+3.0cm である。

第 1.5-4 表 津波の波源としている地震による地殻変動量

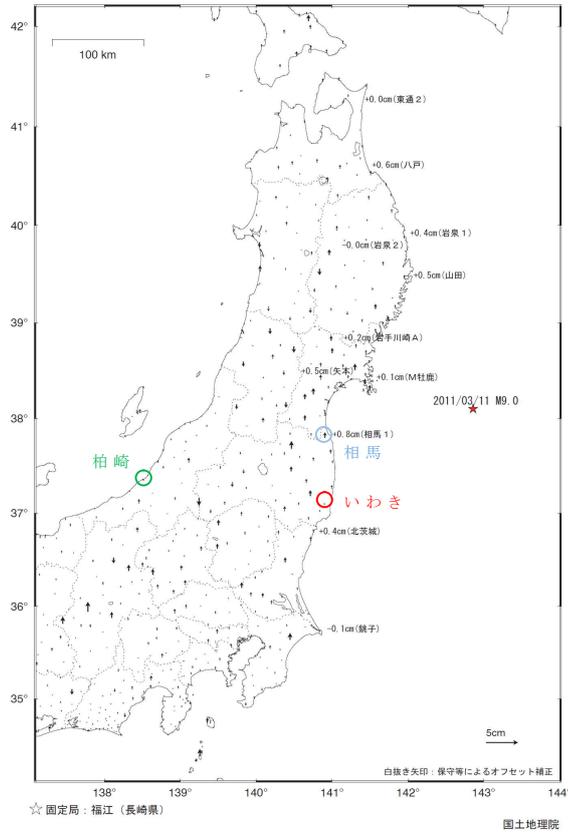
	津波	波源となる地震 (断層モデル)	地殻 変動量	設計・評価に 考慮する変動量
上昇側 評価時	基準津波 1	日本海東縁部 (2 領域モデル)	0.21m 沈降	0.21m の沈降を考慮
	基準津波 3	海域の活断層 (5 断層連動モデル)	0.20m 沈降	0.20m の沈降を考慮
下降側 評価時	基準津波 2	日本海東縁部 (2 領域モデル)	0.29m 沈降	沈降しないものと仮定



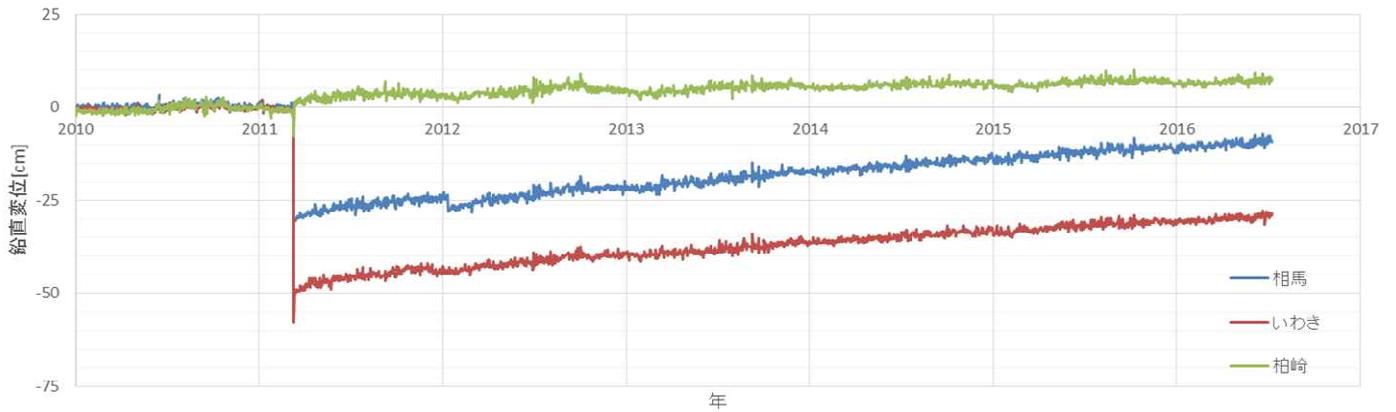
基準津波の想定波源図

第 1.5-4 図 基準津波の想定波源図

東北地方太平洋沖地震 (M9.0) 後の地殻変動 (上下) - 1ヶ月 -
 基準期間 : 2015/11/17 -- 2015/11/23 [F 3 : 最終解]
 比較期間 : 2015/12/17 -- 2015/12/23 [R 3 : 速報解]



第 1.5-5 図 東日本の地殻変動 (2015 年 12 月)

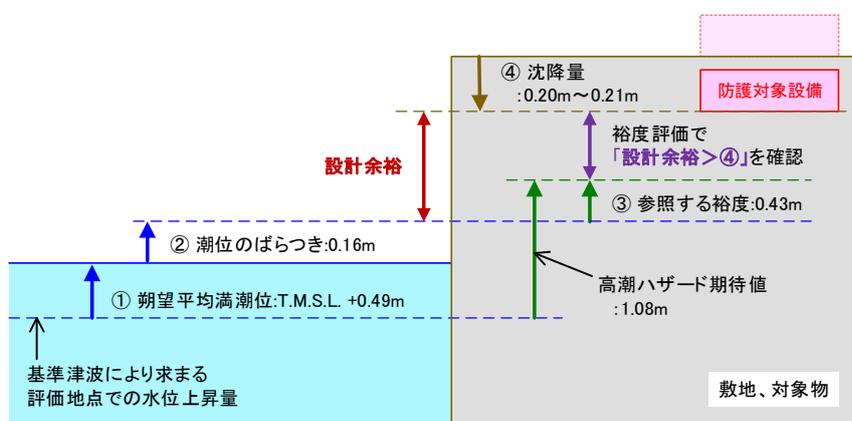


第 1.5-6 図 鉛直変位の経時変化

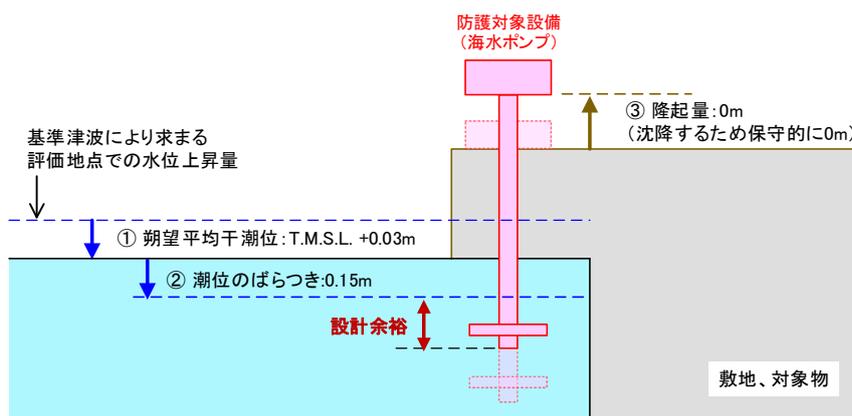
(5) 設計または評価に用いる入力津波

「1.4 入力津波の設定」及び上記の(1)から(4)に記した考慮事項を踏まえた設計または評価に用いる入力津波設定の概念を第1.5-6図に示す。また、設定した各施設・設備の設計または評価に用いる入力津波の評価位置及び津波高さを第1.5-7図、第1.5-5表に、各入力津波の時刻歴波形を第1.5-8図に示す。ここで、水位下降側の入力津波高さは、海水ポンプの取水性を確保するため、海水貯留堰を設置することから、同堰の機能を考慮して評価する。

なお、基準津波による遡上波を入力津波として設計または評価を行う場合には、基準津波の遡上解析結果による最高水位を安全側に評価した値を入力津波高さとして考慮する。

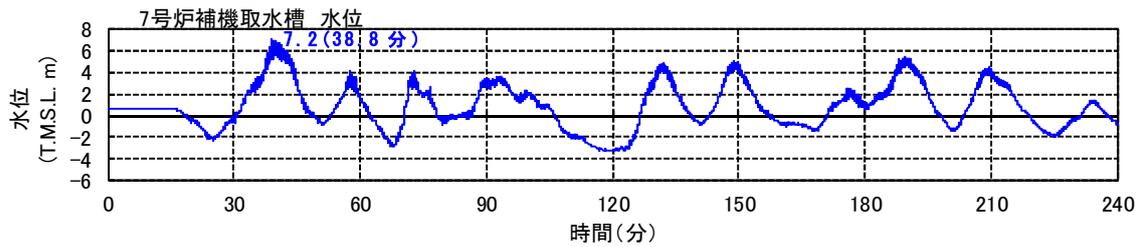
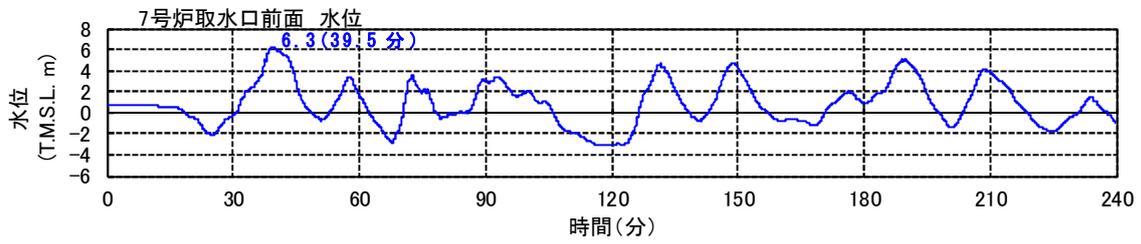
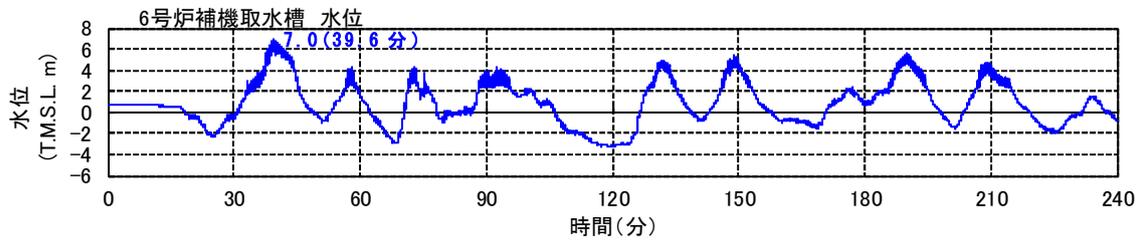
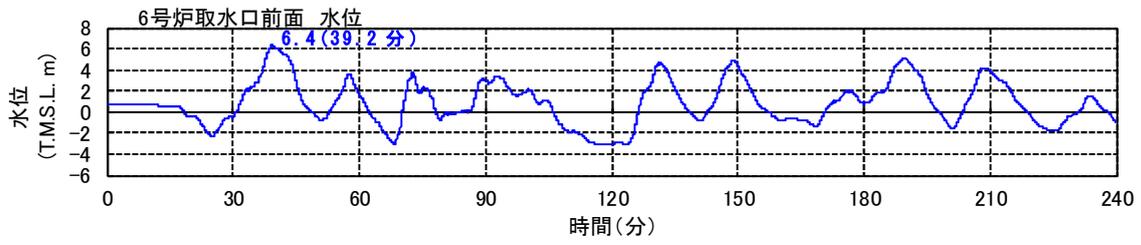
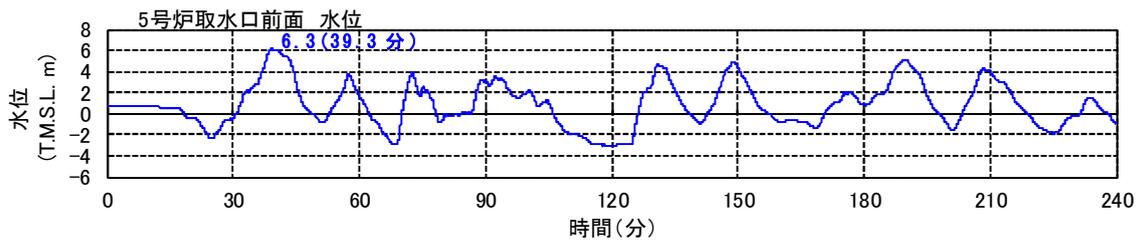


(水位上昇側)

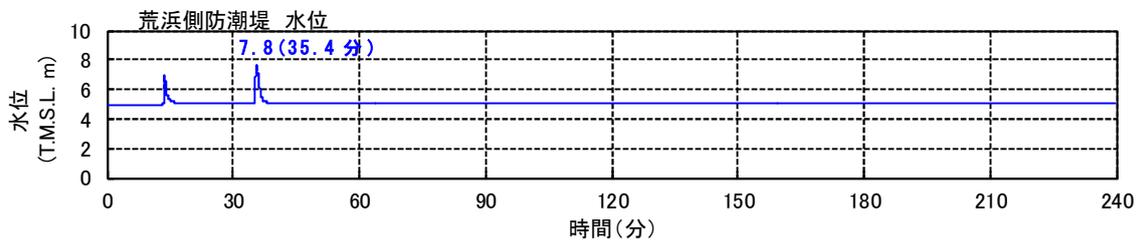
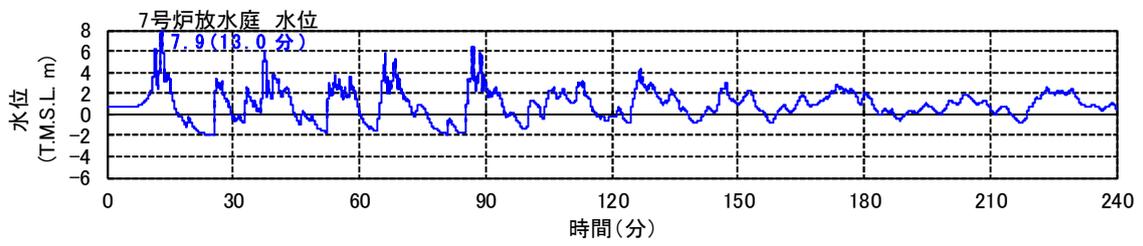
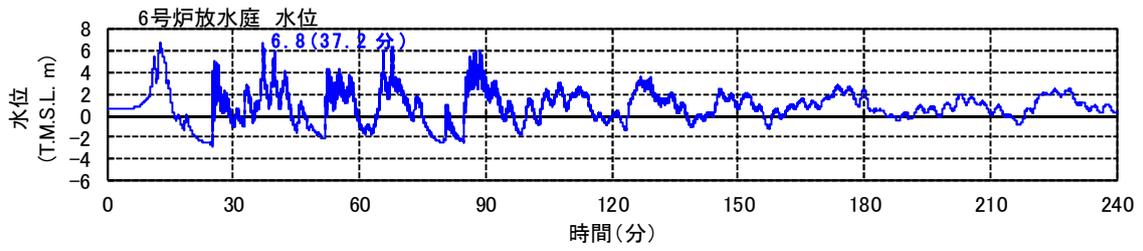
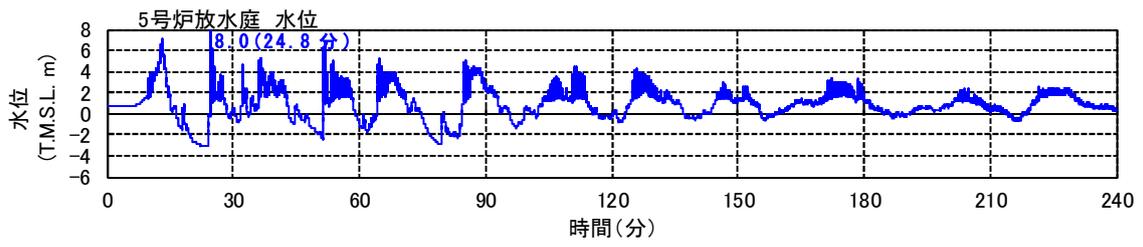


(水位下降側)

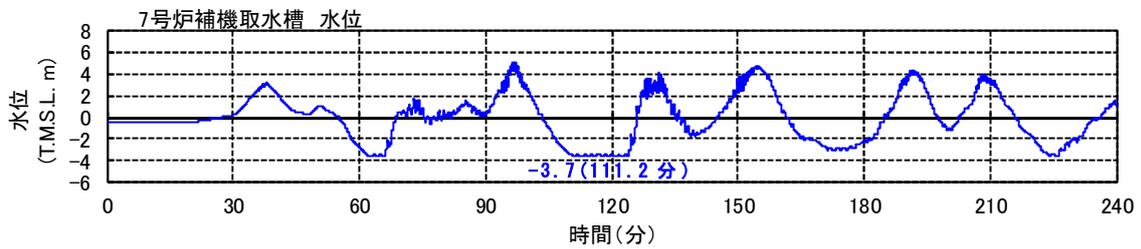
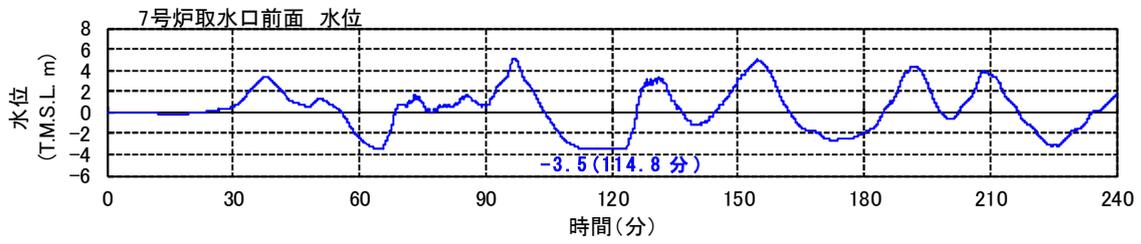
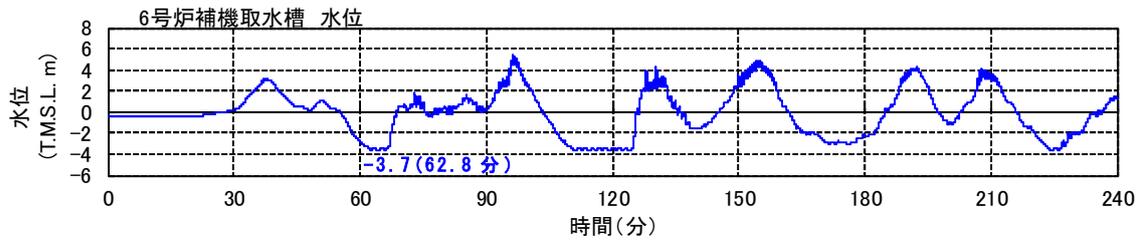
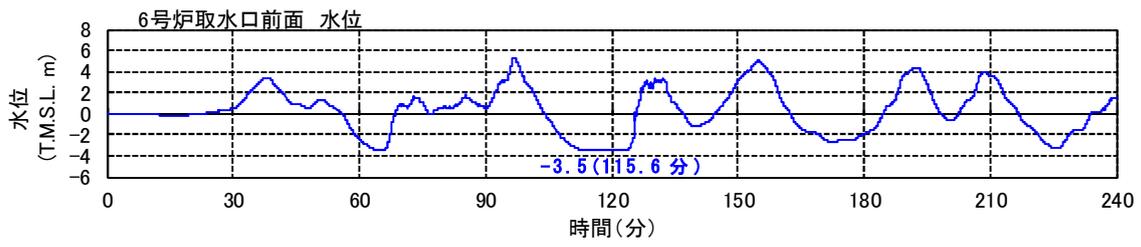
第1.5-7図 設計または評価に用いる入力津波設定の概念



第 1.5-8-1 図 入力津波の時刻歴波形（上昇側）



第 1.5-8-2 図 入力津波の時刻歴波形（上昇側）

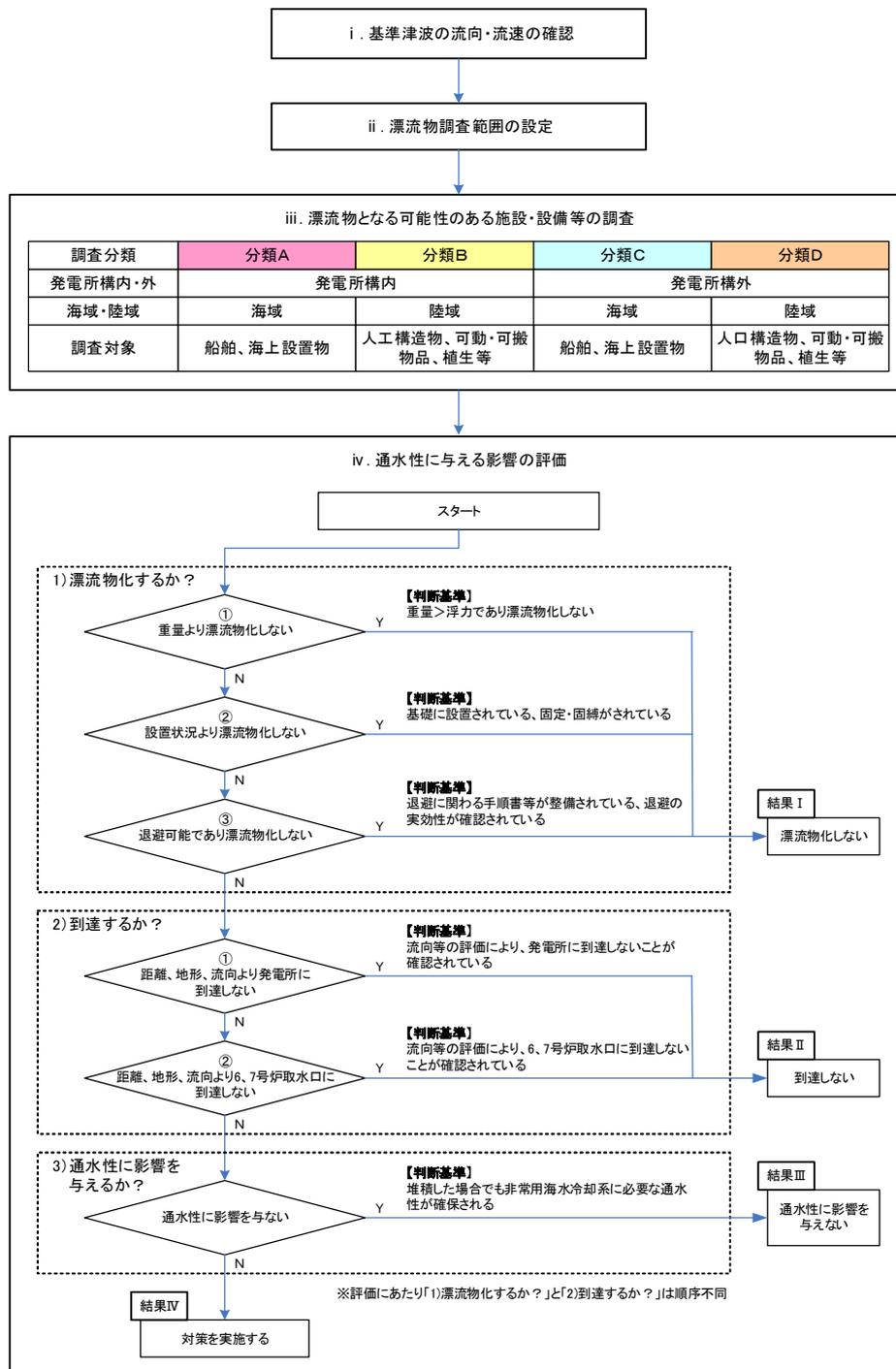


第 1.5-8-3 図 入力津波の時刻歴波形（下降側）

c. 基準津波に伴う取水口付近の漂流物に対する通水性確保

(a) 取水口付近の漂流物に対する通水性確保

基準津波により漂流物となる可能性がある施設・設備等が、取水口あるいは取水路を閉塞させ、非常用海水冷却系（原子炉補機冷却海水系）に必要な通水性に影響を及ぼす可能性について確認した。確認のフローを第 2.5-7 図に、また確認の結果を以降に示す。



第 2.5-7 図 漂流物影響確認フロー

i. 基準津波の流向及び流速の確認

基準津波 1～3 の波源を第 2.5-8 図に、流向及び流速を第 2.5-9 図に示す。

「日本海東縁部に想定される地震に伴う津波」と「敷地周辺の海底地すべりに伴う津波」の「重畳津波」である基準津波 1 は、発電所の西方より襲来し、地震発生約 15 分後に敷地前面に到達する。港湾内へは、まず北西の港湾口より引き波として進入し、約 9 分後（地震発生約 24 分後）に寄せ波に転じ、その約 15 分後（地震発生約 39 分後）に再び引き波に転ずる。

「日本海東縁部に想定される地震に伴う津波」である基準津波 2 は、発電所の北西より襲来し、地震発生約 30 分後に敷地前面に到達する。港湾内へは、港湾口より寄せ波として進入し、約 9 分後（地震発生約 39 分後）に引き波に転じ、その約 27 分後（地震発生約 66 分後）に再び寄せ波に転ずる。

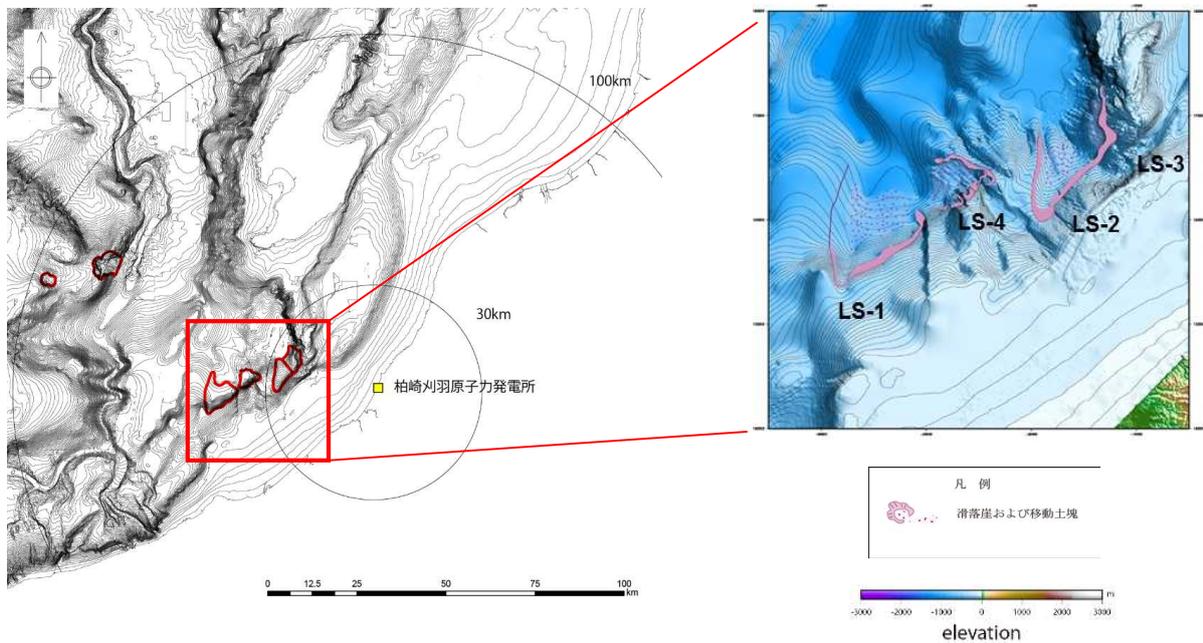
また、「海域活断層に想定される地震に伴う津波」と「敷地周辺の海底地すべりに伴う津波」の「重畳津波」である基準津波 3 は、発電所の西方より襲来し、地震発生約 9 分後に敷地前面に到達する。港湾内へは、港湾口より寄せ波として進入し、約 6 分後（地震発生約 15 分後）に引き波に転じ、その約 12 分後（地震発生約 27 分後）に再び引き波に転ずる。

港湾内の主たる流れは基準津波 1～3 でいずれも、港湾口からの寄せ波時の海水の流入、引き波時の流出に応じ、1～4 号炉が設置された荒浜側と 5～7 号炉が設置された大湊側で方向の異なる二つの渦が生じる形となる。

なお、以上に示した流向及び流速は、発電所港湾施設である防波堤が健全という条件下で得られたものであり、後段に示す「通水性に与える影響の評価」では、防波堤の存在が非保守側の効果を持つ可能性がある場合には、地震による防波堤の損傷を考慮した影響確認を行うものとする。

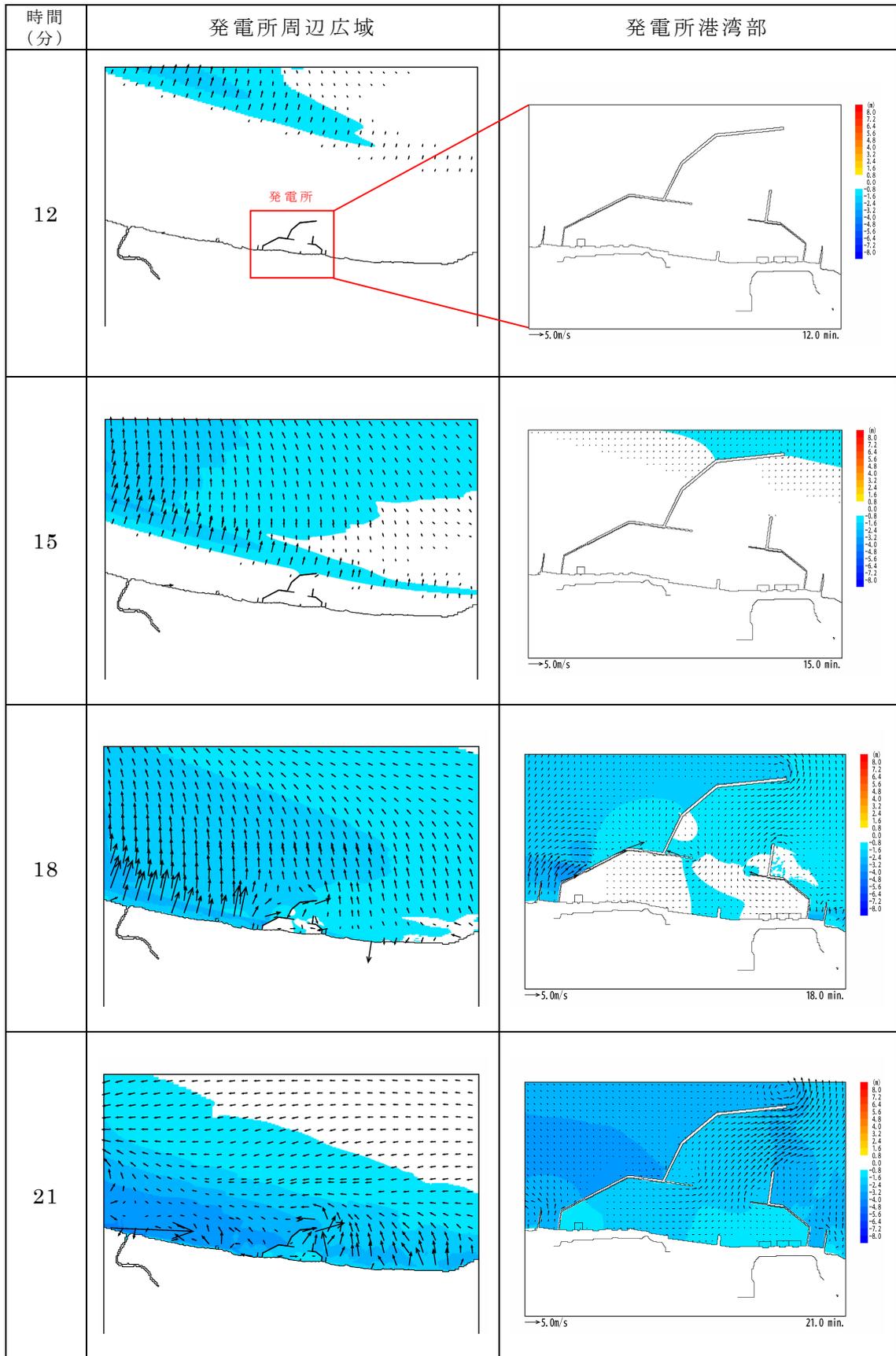


基準津波の想定波源図

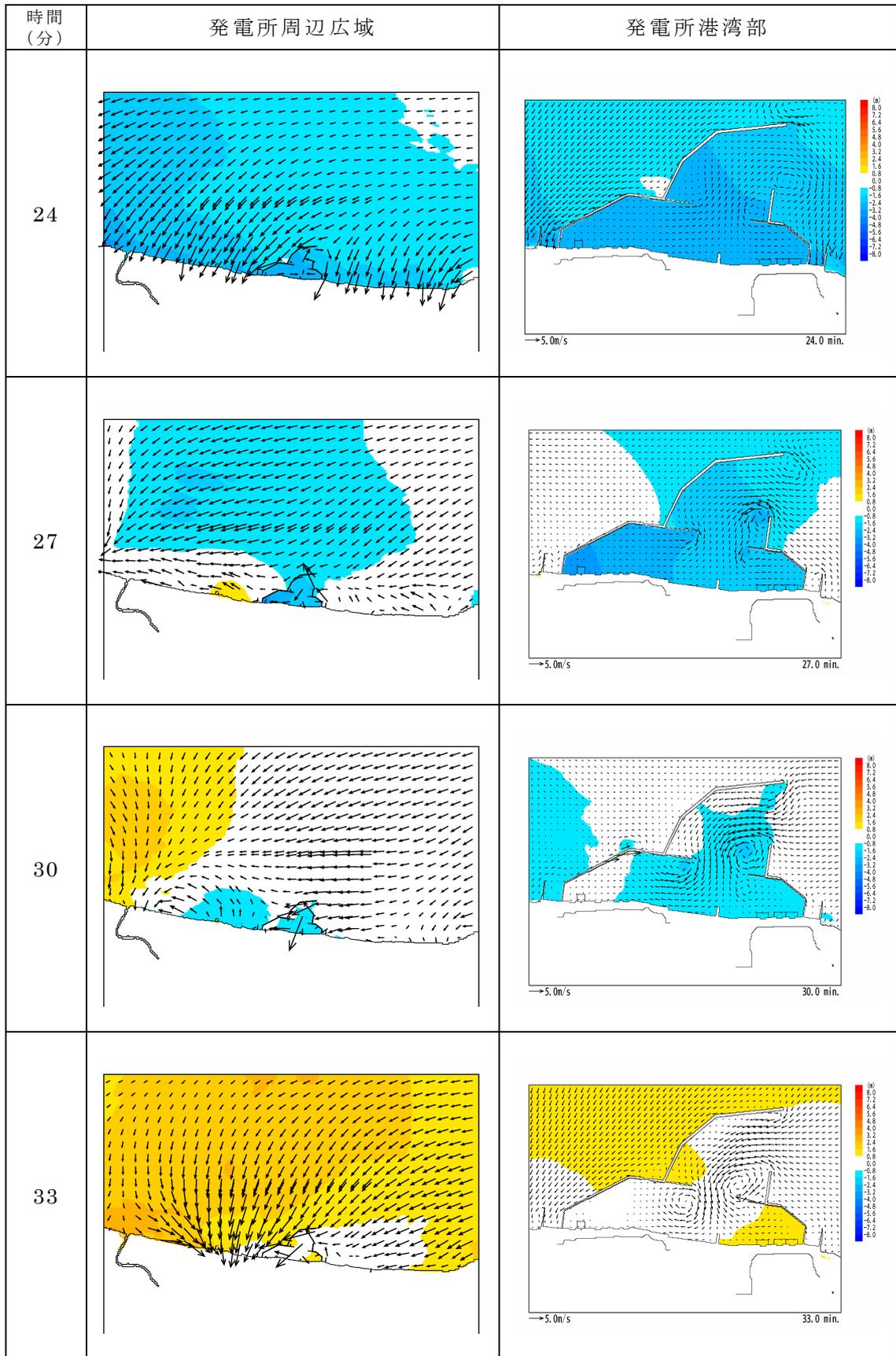


海底地すべり地形の位置図

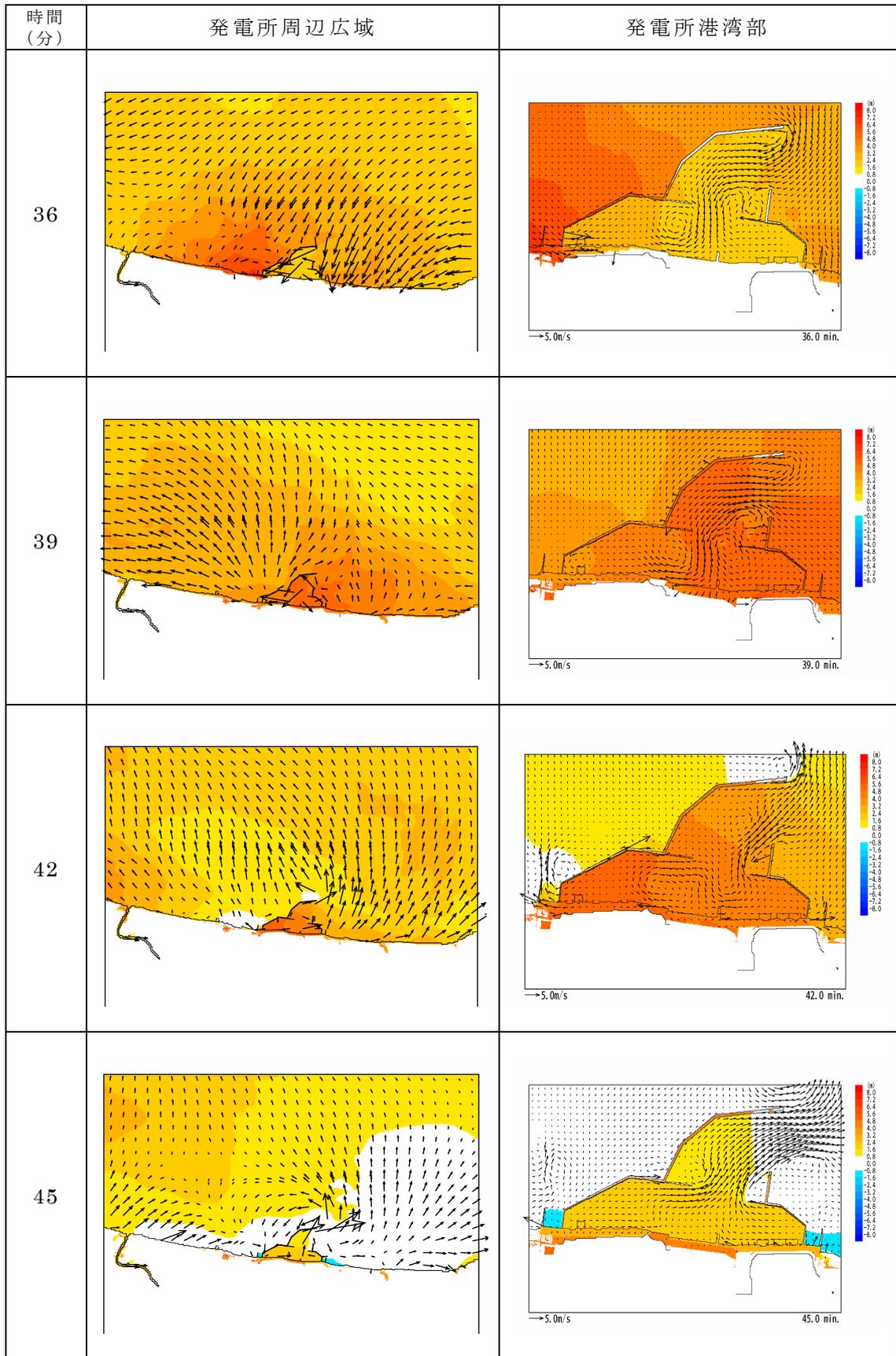
第 2.5-8 図 基準津波の波源



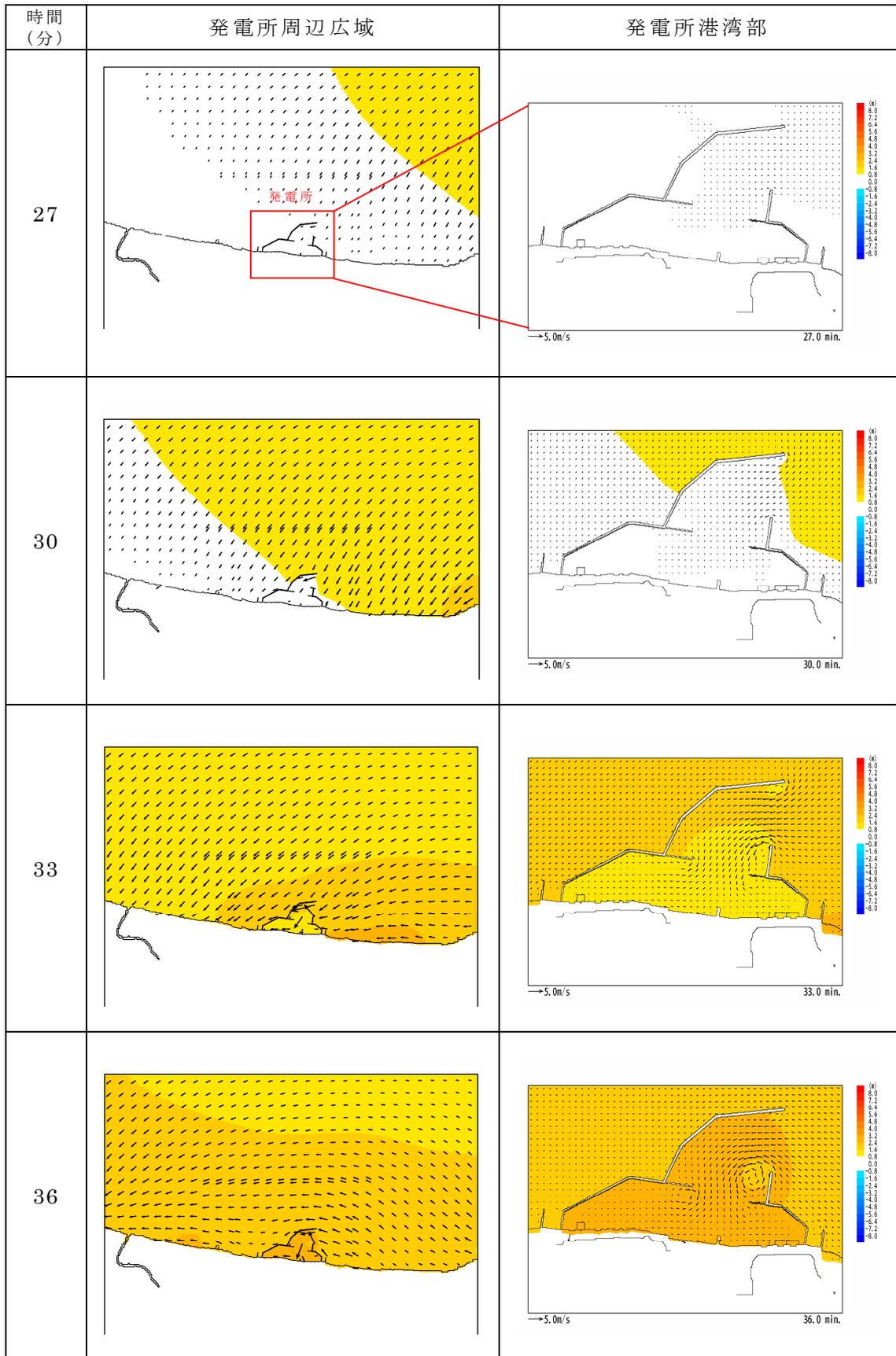
第 2.5-9-1 図 基準津波の流向ベクトル (基準津波 1) (1/3)



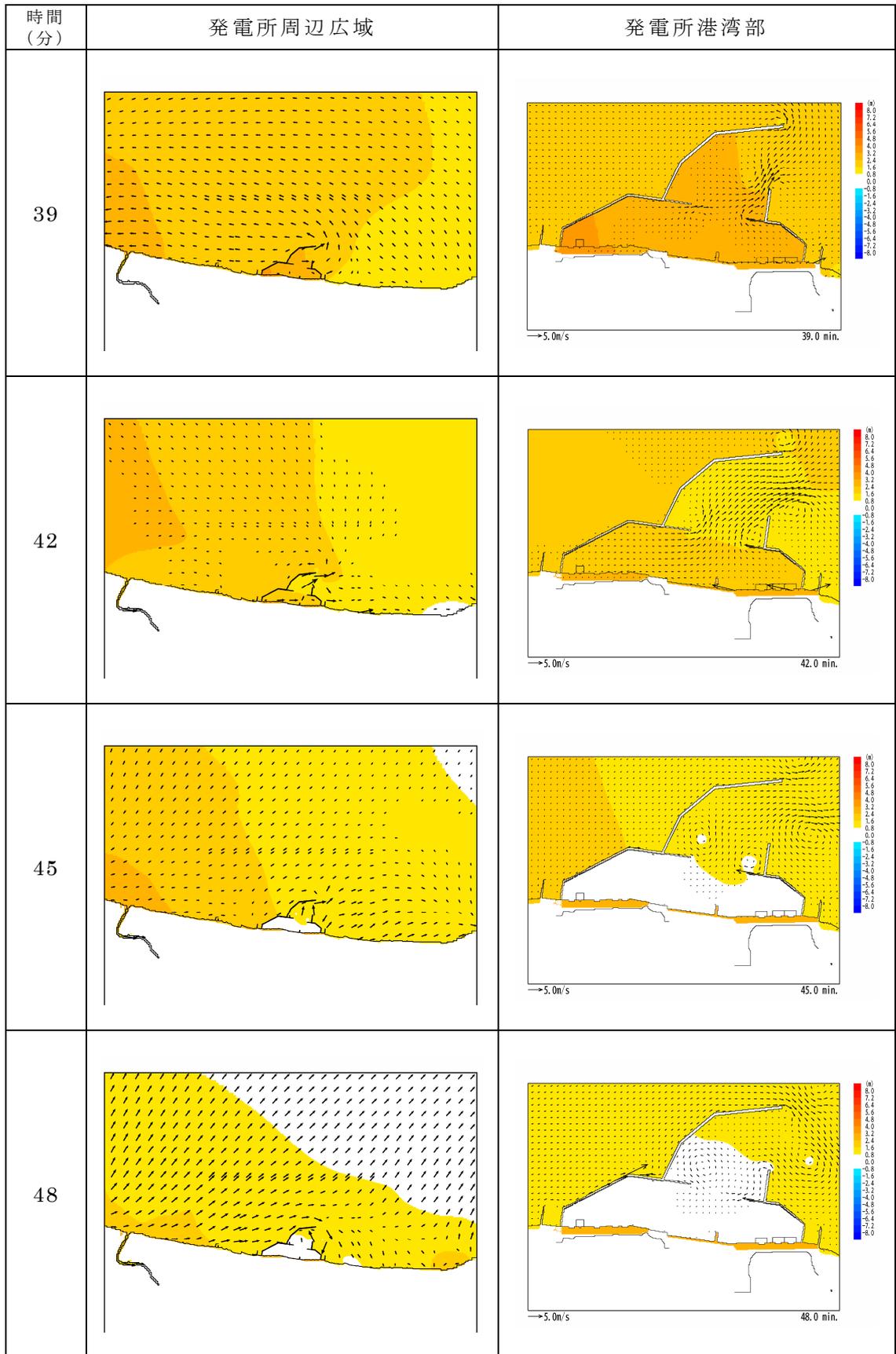
第 2.5-9-1 図 基準津波の流向ベクトル (基準津波 1) (2/3)



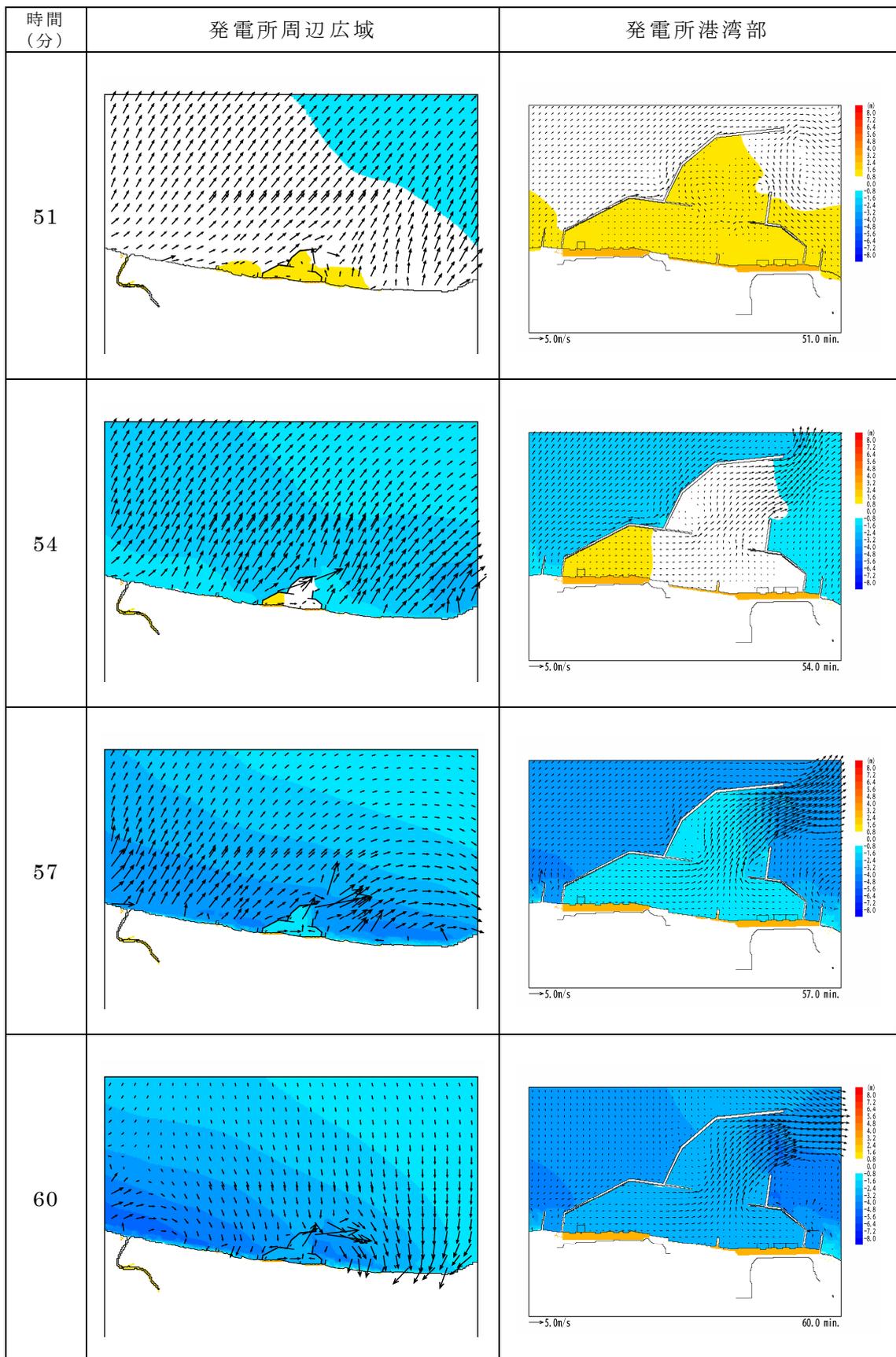
第 2.5-9-1 図 基準津波の流向ベクトル (基準津波 1) (3/3)



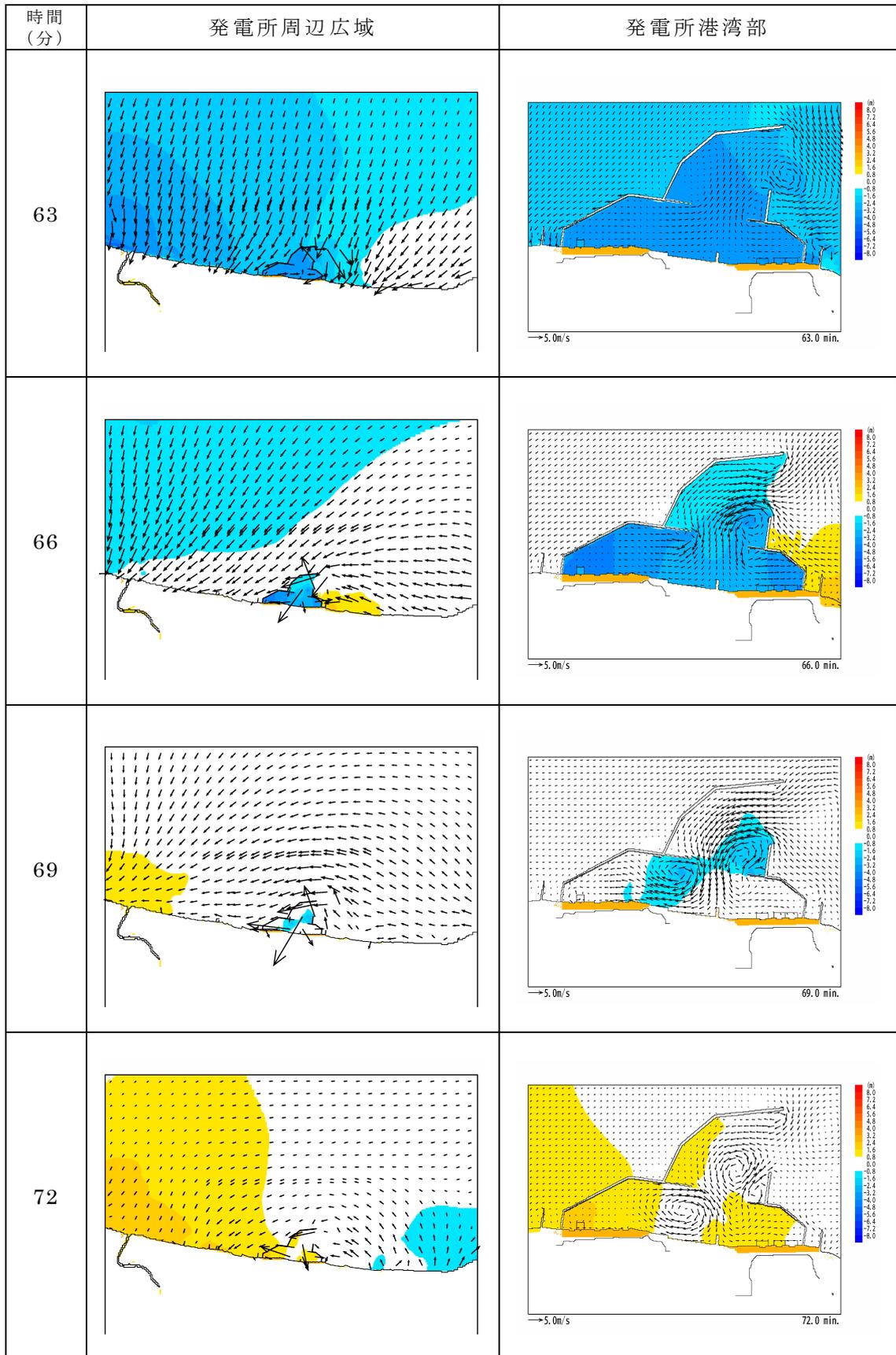
第 2.5-9-2 図 基準津波の流向ベクトル (基準津波 2) (1/4)



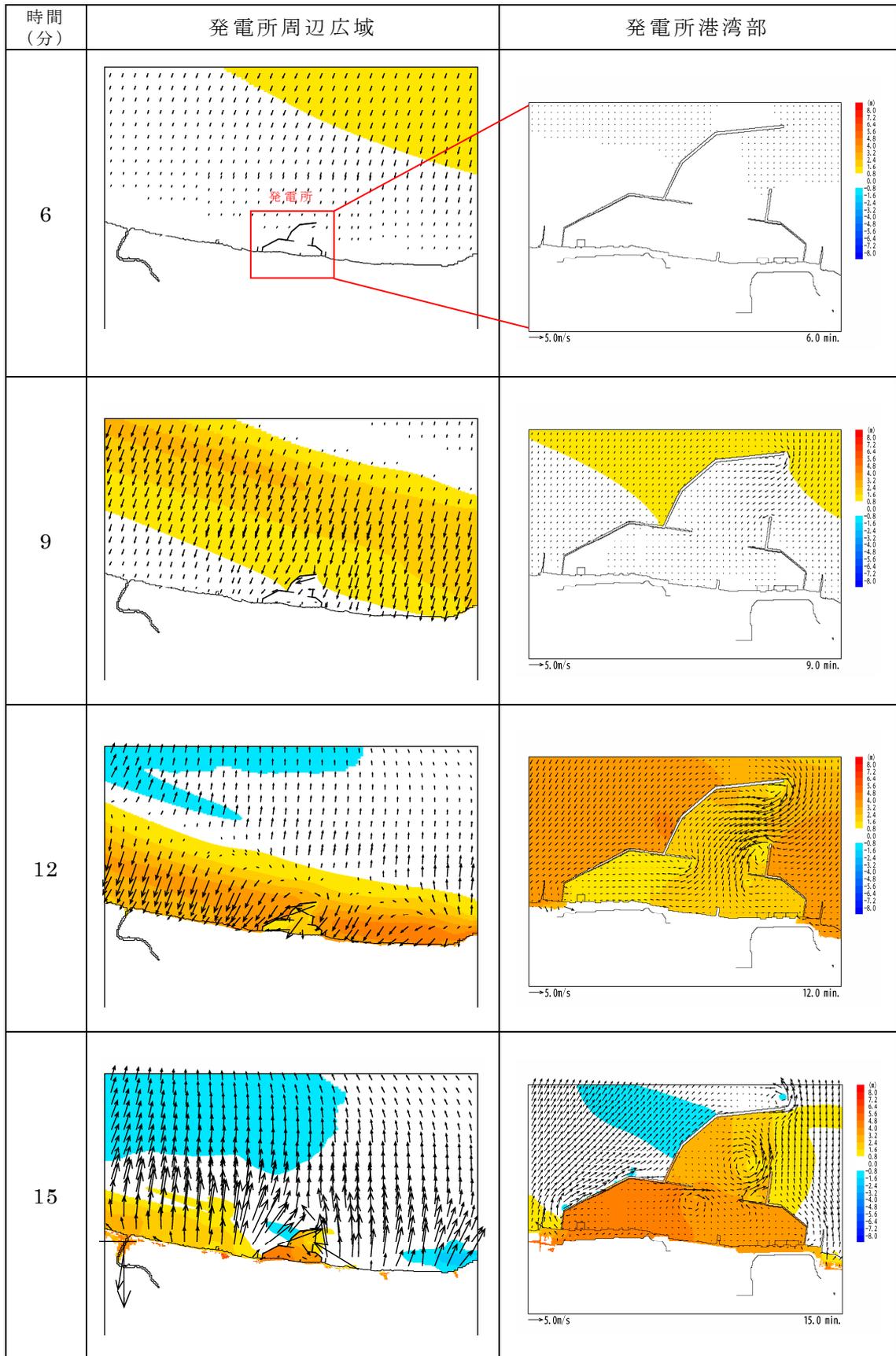
第 2.5-9-2 図 基準津波の流向ベクトル (基準津波 2) (2/4)



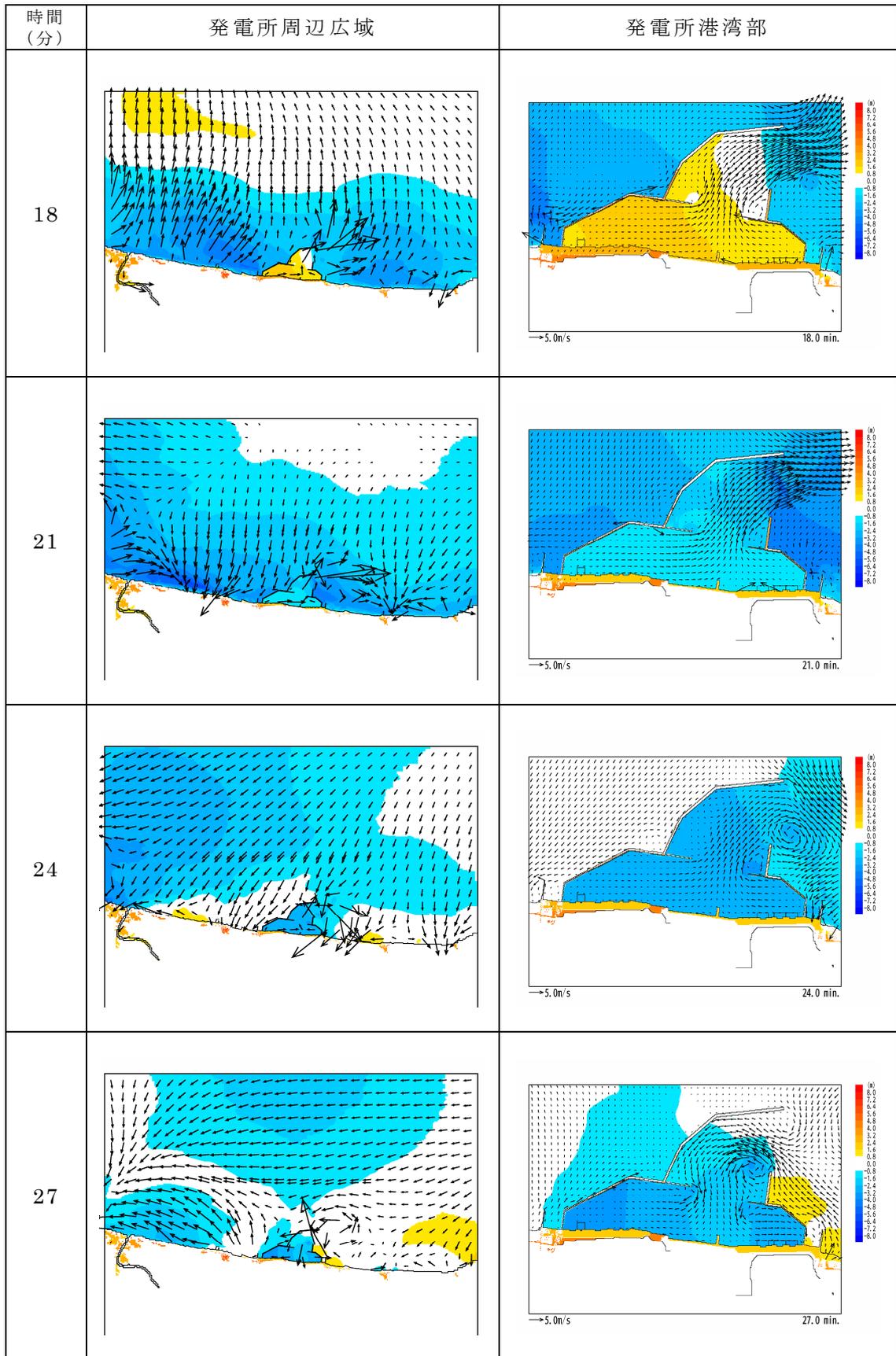
第 2.5-9-2 図 基準津波の流向ベクトル (基準津波 2) (3/4)



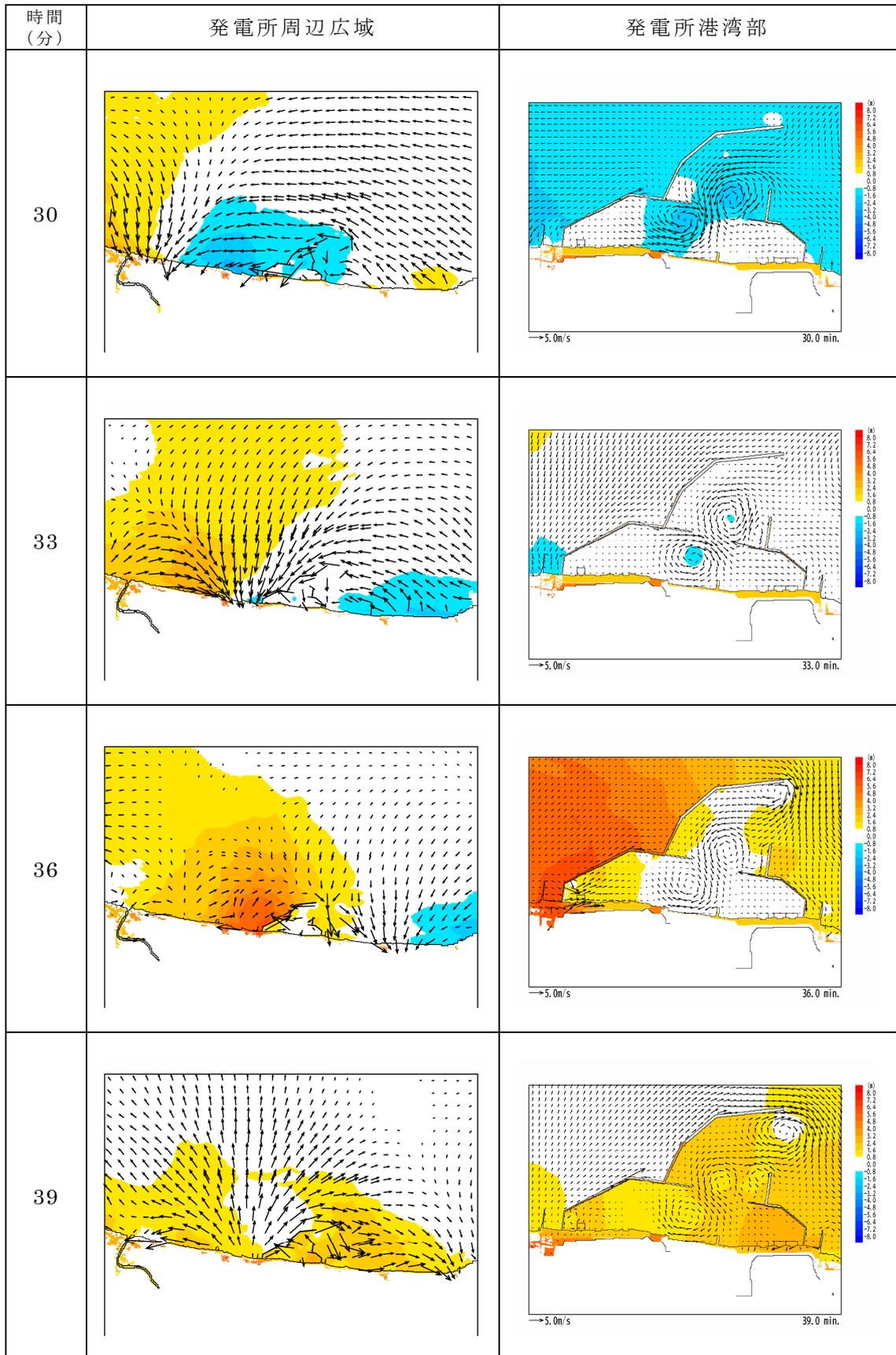
第 2.5-9-2 図 基準津波の流向ベクトル (基準津波 2) (4/4)



第 2.5-9-3 図 基準津波の流向ベクトル (基準津波 3) (1/3)



第 2.5-9-3 図 基準津波の流向ベクトル (基準津波 3) (2/3)



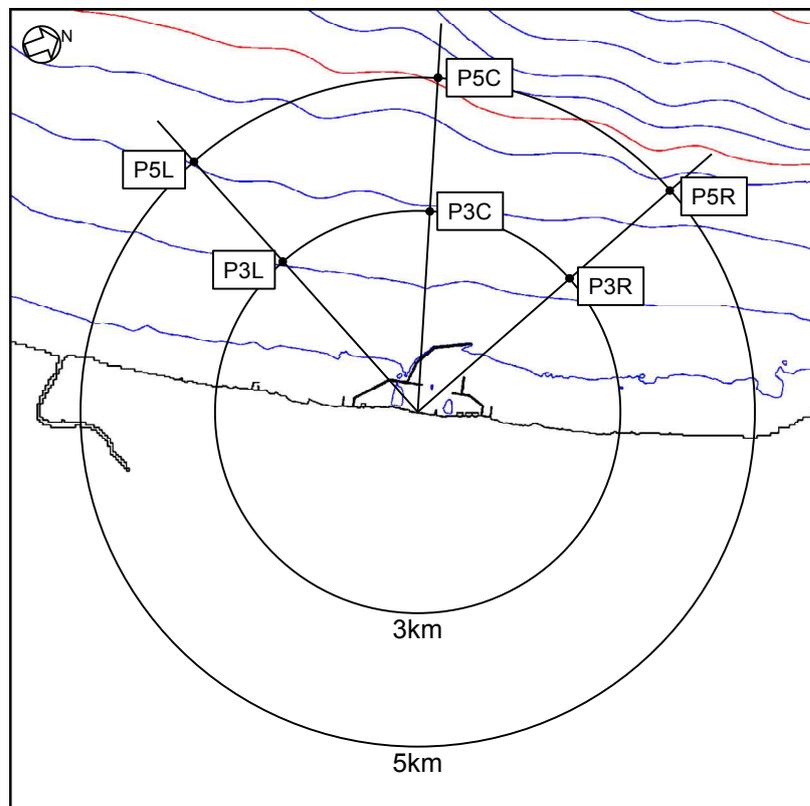
第 2.5-9-3 図 基準津波の流向ベクトル (基準津波 3) (3/3)

ii. 漂流物調査範囲の設定

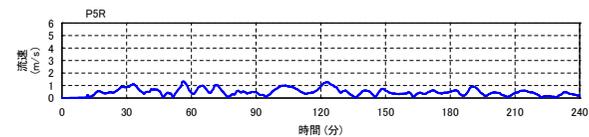
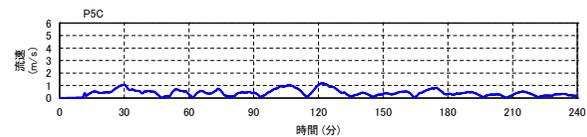
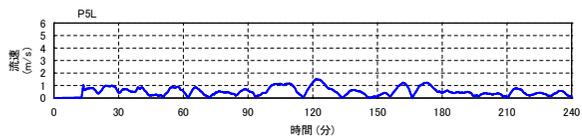
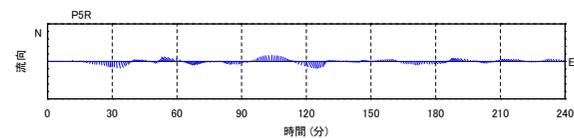
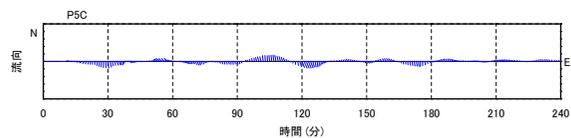
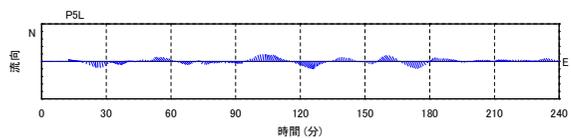
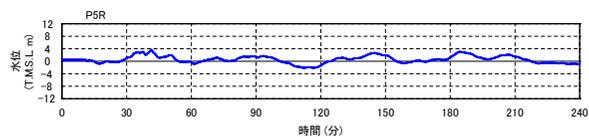
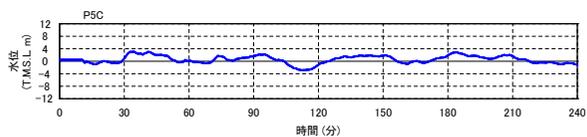
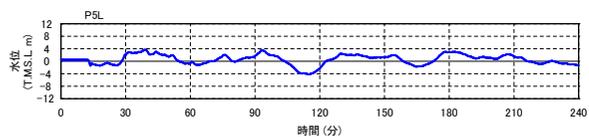
基準津波 1～3 について、第 2.5-10 図に示す沿岸域の 6 地点において、水位、流向、流速の時系列データを抽出した。結果を第 2.5-11 図に示す。

第 2.5-11 図より、基準津波 3 の第二波を除き、津波流速は最大で 2.0m/s 程度、流向は寄せ波と引き波とではほぼ向きが反転し、その反転周期は最長で 20 分程度である。一方、基準津波 3 の第二波は、最大流速は 3m/s 程度であるが、その反転周期は 8 分程度である。これより、津波の（寄せ波）1 波による水の移動量は、最大流速が常に継続すると仮定することにより、最大で約 2.4km ($2.0\text{m/s} \times 20\text{分}$) と評価できる（第 2.5-12 図）。

海域における漂流物調査範囲は、保守的な想定として（引き波による反対方向の流れを考慮せず）寄せ波の 2 波分が最大流速で一定方向に流れるものとし、この際の移動量 4.8km を安全側に切り上げた発電所周辺 5km 圏内と設定した。また陸域については、基準津波の遡上域を考慮し、この 5km 圏内における海岸線に沿った標高 10m 以下の範囲と設定した（第 2.5-13 図）。



第 2.5-10 図 水位、流向、流速の抽出地点

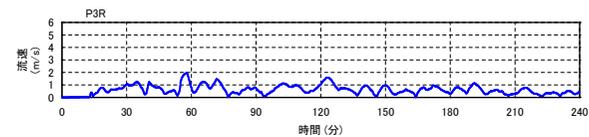
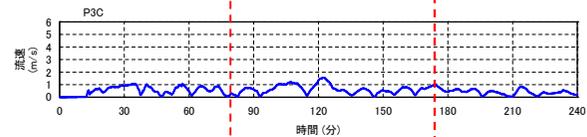
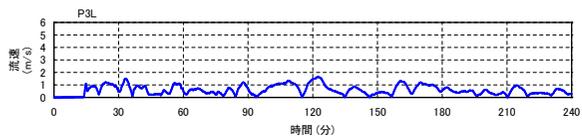
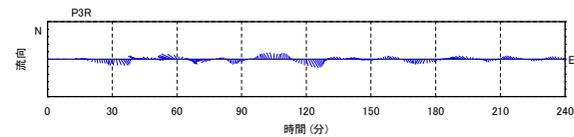
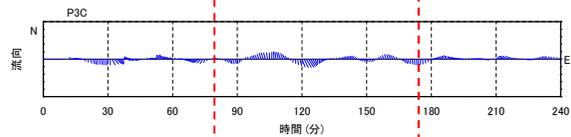
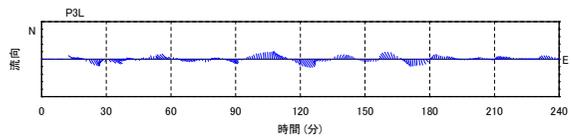
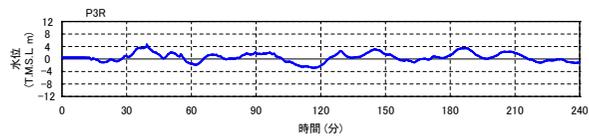
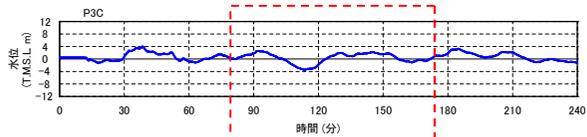
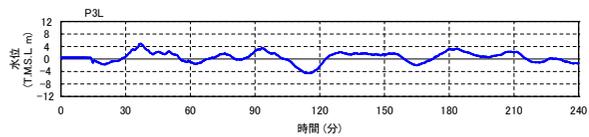


P5L (左 5km)

P5C (中央 5km)

P5R (右 5km)

第 2.5-12 図

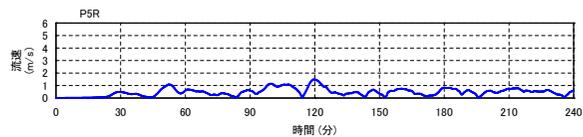
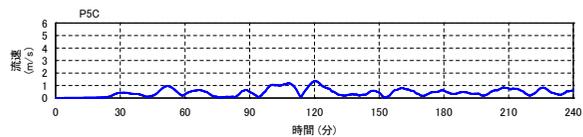
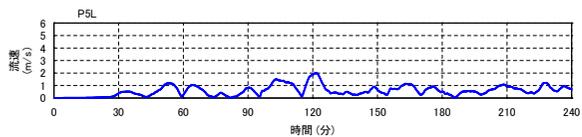
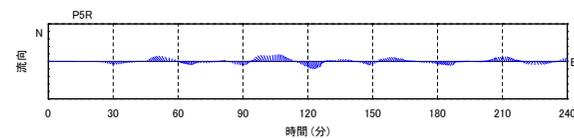
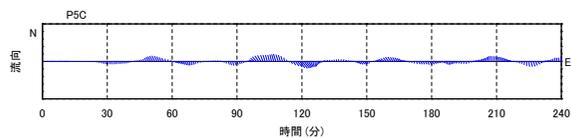
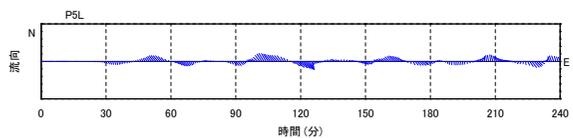
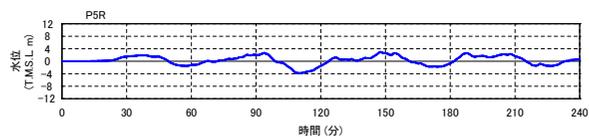
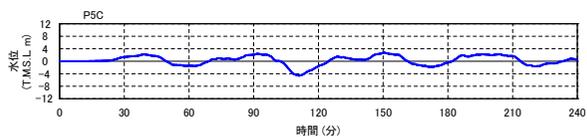
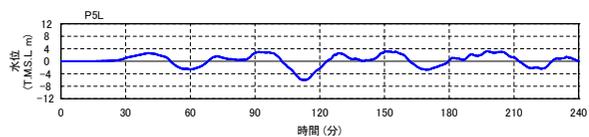


P3L (左 3km)

P3C (中央 3km)

P3R (右 3km)

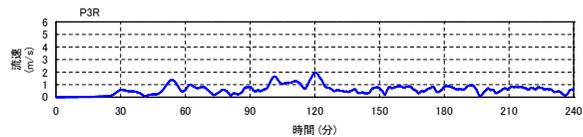
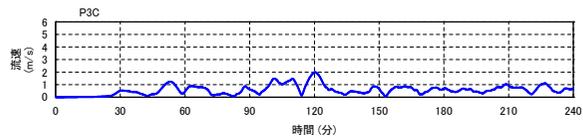
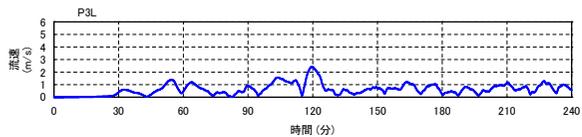
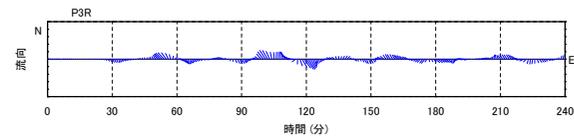
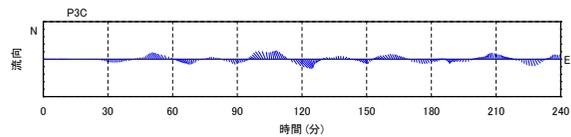
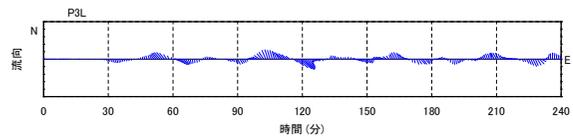
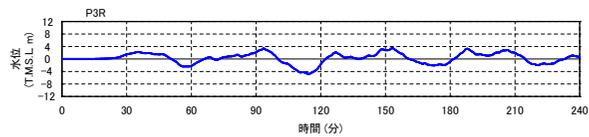
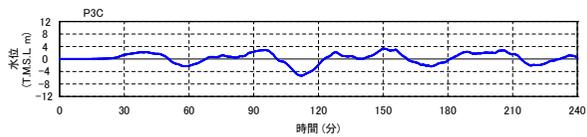
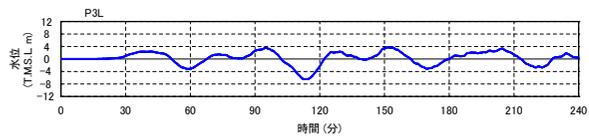
第 2.5-11-1 図 抽出地点における水位，流向，流速（基準津波 1）



P5L (左 5km)

P5C (中央 5km)

P5R (右 5km)

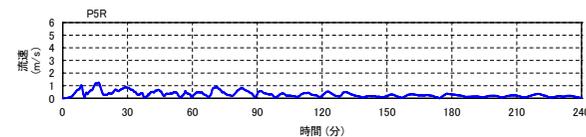
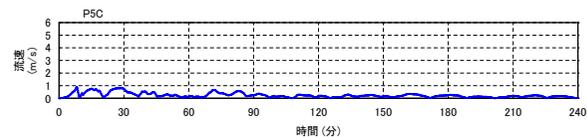
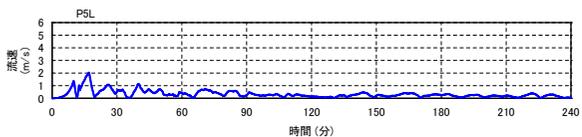
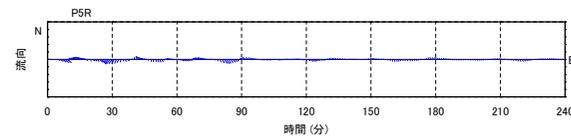
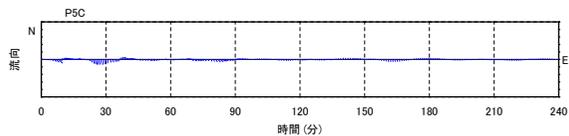
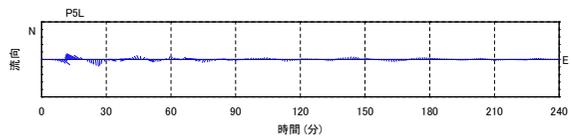
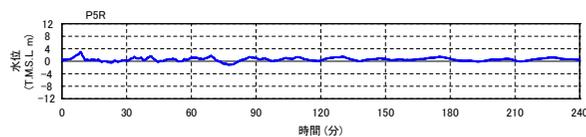
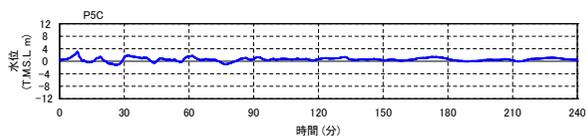
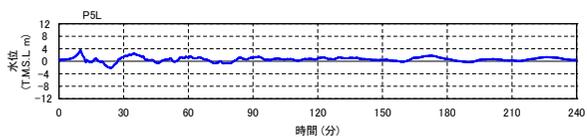


P3L (左 3km)

P3C (中央 3km)

P3R (右 3km)

第 2.5-11-2 図 抽出地点における水位，流向，流速（基準津波 2）

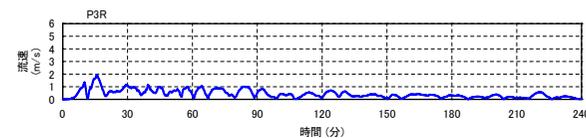
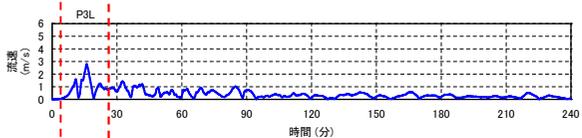
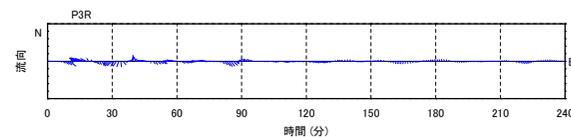
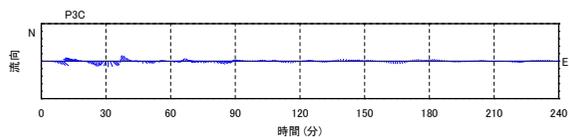
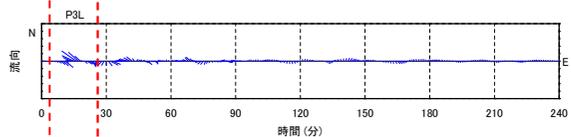
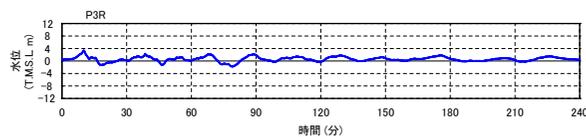
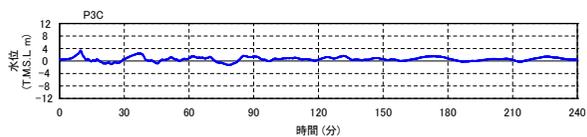
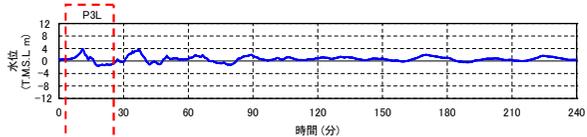


P5L (左 5km)

P5C (中央 5km)

P5R (右 5km)

第 2.5-12 図

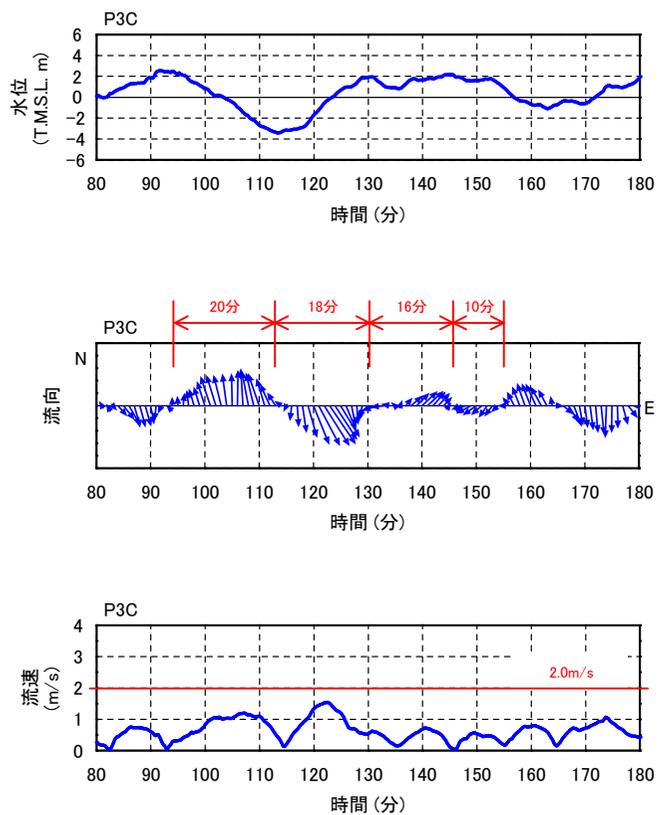


P3L (左 3km)

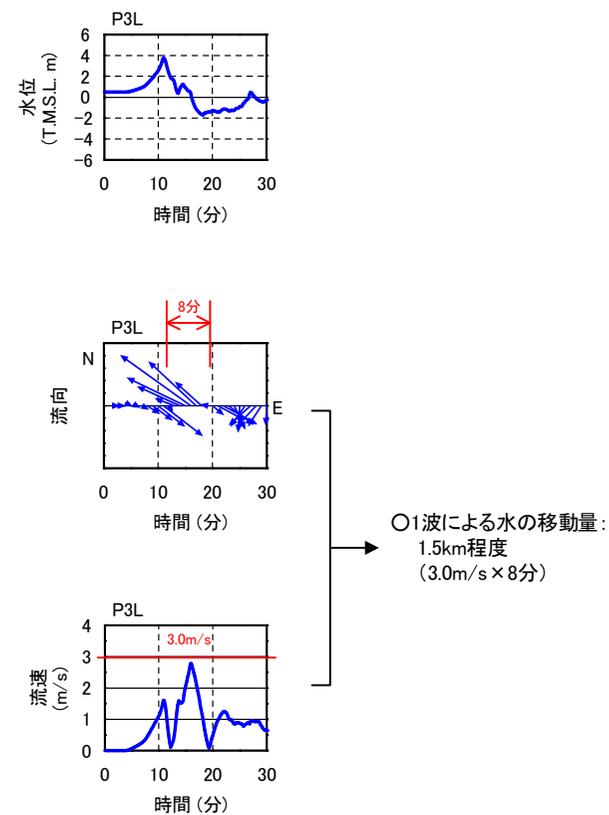
P3C (中央 3km)

P3R (右 3km)

第 2.5-11-3 図 抽出地点における水位，流向，流速（基準津波 3）

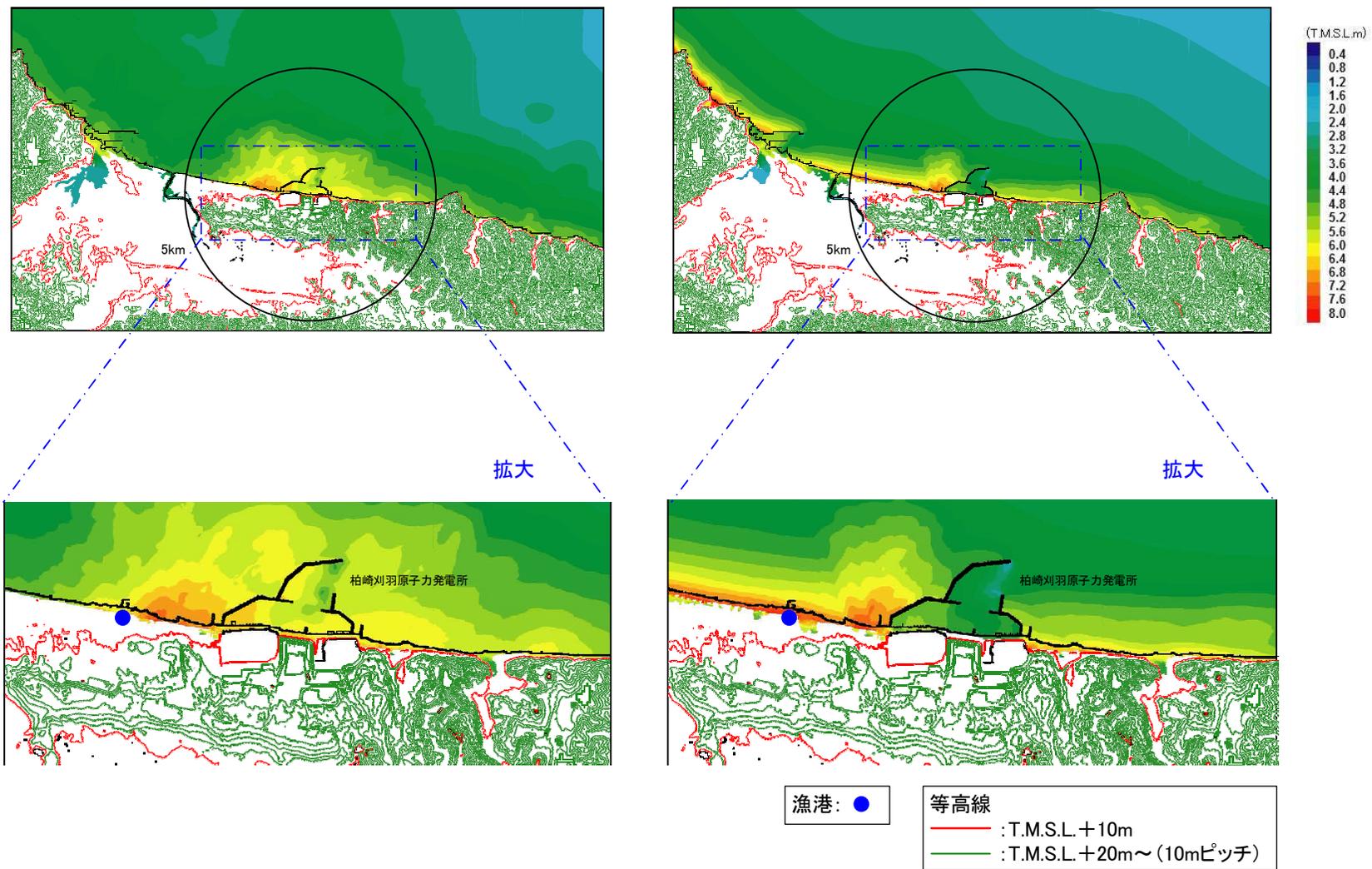


基準津波1 地点P3C(代表例)



基準津波3 地点P3L 第二波

第 2.5-12 図 基準津波による水の移動量



基準津波1(上昇側水位評価用)

基準津波3(荒浜側防潮堤・遡上域最高水位評価用)

第 2.5-13 図 基準津波による広域最大水位分布

iii. 漂流物となる可能性のある施設・設備等の抽出

設定した漂流物調査範囲について、発電所の構内と構外、また海域と陸域とに分類して調査を実施し、漂流物となる可能性のある施設・設備等の抽出を行った。各分類における調査の対象，調査の方法，及び調査の実施時期を第 2.5-1 表に示す。また，各調査の具体的な調査要領を添付資料 15 に示す。

第 2.5-1 表 漂流物の調査方法

調査分類	調査範囲		調査対象	調査方法	調査実施時期
	発電所構内・構外	海域・陸域			
A	発電所構内	海域	・船舶 ・海上設置物	・資料調査 ・聞き取り調査 ・現場調査	・ H27.12.02～ H27.12.08 ・ H27.12.02～ H28.01.29 ・ H27.12.02
B		陸域	・人工構造物 ・可動/可搬物品 ・植生等	・資料調査 ・現場調査 ・聞き取り調査	・ H27.12.01 ・ H27.12.02 ・ H28.04.27 ・ H28.04.28 ・ H27.12.02～ H28.01.29 ・ 28.4.27～ H28.05.13
C		海域	・船舶 ・海上設置物	・現場調査 ・聞き取り調査 ・資料調査	・ H26.09.09 ・ H27.12.03 ・ H27.12.04 ・ H27.12.04
D		陸域	・人工構造物 ・可動/可搬物品 ・植生等	・図上調査 ・現場調査	・ H26.09.08 ・ H26.09.09

調査結果を，発電所構内について第 2.5-13 図に，発電所構外について第 2.5-14 図及び第 2.5-2 表にそれぞれ示す。ここで，第 2.5-13 図中には，参考として基準津波 1 の遡上波による最大水位分布を併せて示している。

黒枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません

5 条-別添-2-96

第 2.5-14-1 図 漂流物調査結果（発電所構内全体）

黒枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません

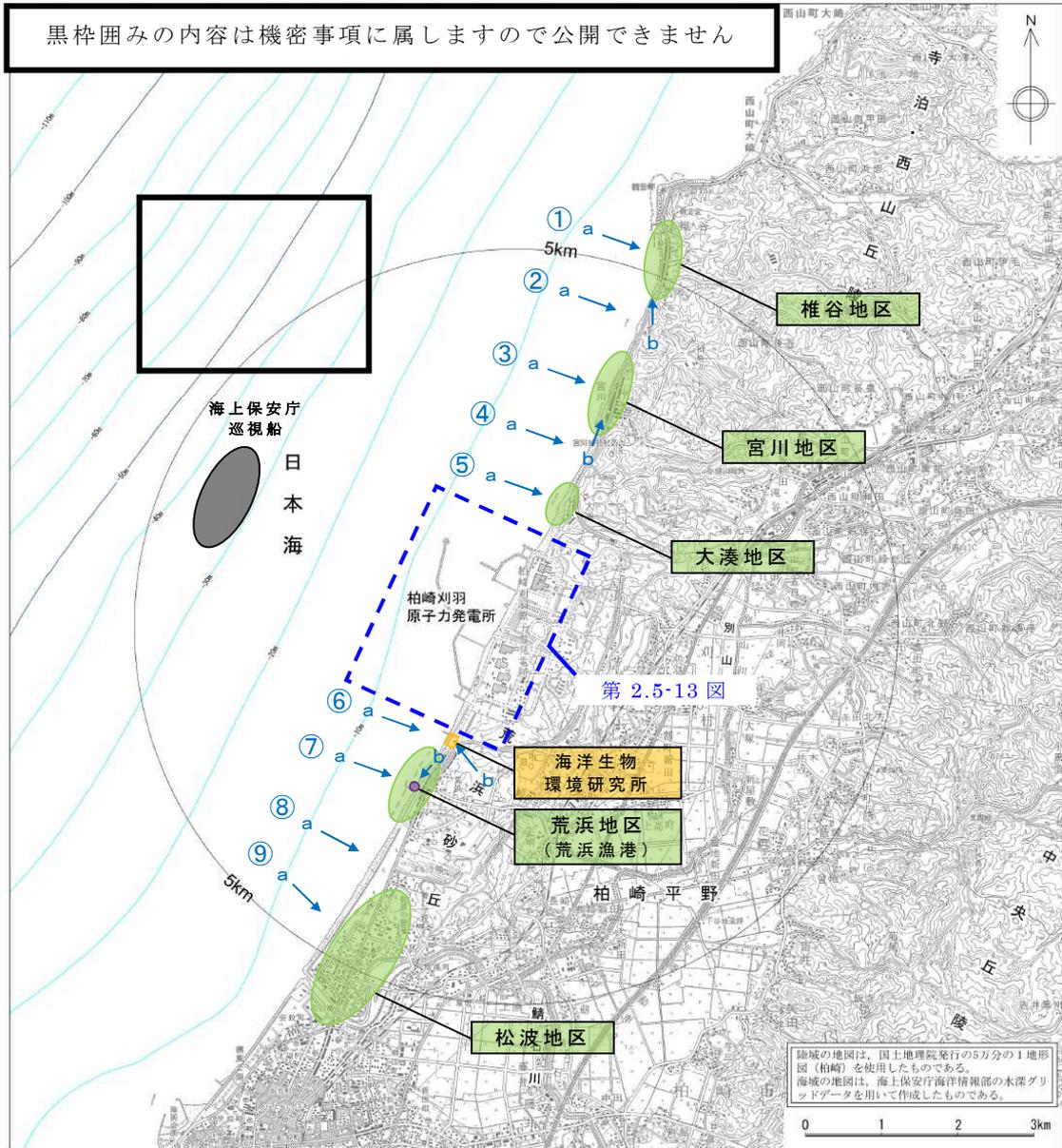
5条-別添-2-97

第 2.5-14-2 図 漂流物調査結果（発電所構内荒浜側詳細）

黒枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません

5 条-別添-2-98

第 2.5-14-3 図 漂流物調査結果（発電所構内大湊側詳細）



※図中“a→”，“b→”は第 2.5-2 表中の写真の撮影方向（矢視）を示す

第 2.5-15 図 漂流物調査結果（発電所構外）

第 2.5-2 表 漂流物調査結果（発電所構外）（1/3）

5 条-別添-2-100

黒枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません

第 2.5-2 表 漂流物調査結果（発電所構外）（2/3）

5 条-別添-2-101

黒枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません

第 2.5-2 表 漂流物調査結果（発電所構外）（3/3）

5 条-別添-2-102

黒枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません

iv. 通水性に与える影響の評価

調査により抽出された漂流物となる可能性のある施設・設備等の詳細，及びそれらに対して行った6号炉及び7号炉の取水口及び取水路の通水性に与える影響評価の結果について調査分類ごとに以下に示す。

なお，漂流物による影響について設置許可基準規則では「取水口及び取水路の通水性に与える影響」の他に，津波防護施設，浸水防止設備に衝突することによる影響（波及的影響）の検討が求めている。同影響の検討は，「4.4 施設・設備等の設計・評価に係る検討事項」の「(2) 漂流物による波及的影響の検討」で説明するが，検討の対象とする漂流物及び衝突速度については本項で抽出，設定するものとし，項末に結果を整理して示す。

分類A（構内・海域）

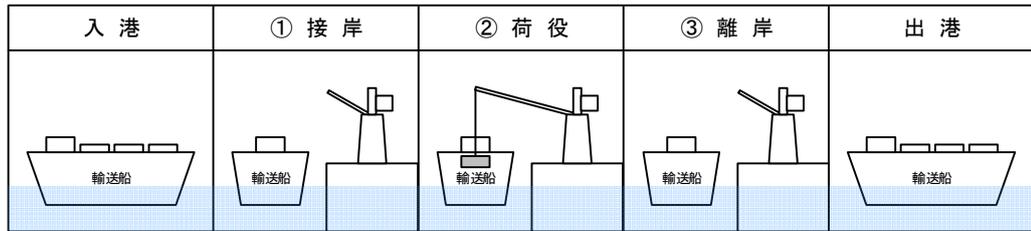
発電所の構内（港湾内）にある港湾施設としては，6，7号炉取水口の南方約800mの位置に物揚場が，また，南方約350mの位置に揚陸栈橋，南防波堤内側に小型船栈橋がある。港湾周辺及び港湾内に定期的に来航する船舶としては，燃料等輸送船（総トン数約5,000t）が年に数度来航し，物揚場に停泊する。また，港湾の入口に1～数年に一度，2～3ヶ月程度の期間，浚渫作業のために浚渫船（総トン数約500t）及び土運船（総トン数約500t）が来航・停泊し，土運船は土砂の揚陸作業のため揚陸栈橋にも停泊する。他には，港湾設備保守点検，海洋環境監視調査等のための作業船（総トン数5t未満～約20t）が港湾の周辺及び港湾内に定期的に来航し，必要に応じ港湾施設にも停泊する。以上の他には発電所の港湾付近に定期的に来航する船舶はなく，また，発電所の港湾内には港湾口部の浮標を除き海上設置物もない。（第2.5-13-1図）

抽出された以上の船舶に対して第2.5-7図に示したフローにより取水口及び取水路の通水性に与える影響評価を実施した。評価結果を以下に示す。また評価結果の一覧を第2.5-3表にまとめて示す。

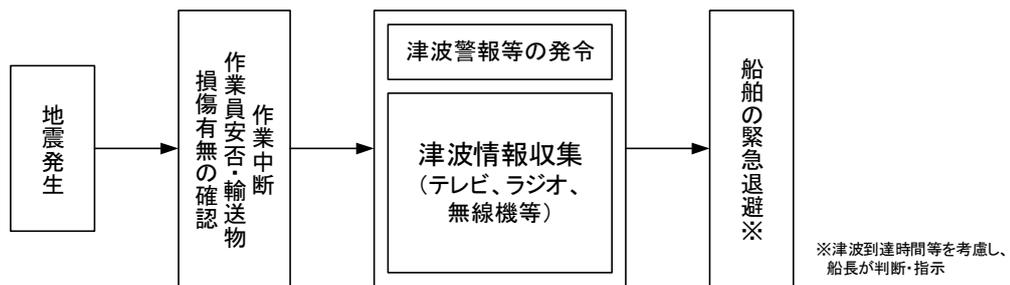
①燃料等輸送船

燃料等輸送船の主な輸送行程を第 2.5-16 図に示す。

津波警報等発令時には、燃料等輸送船は原則、緊急退避（離岸）することとしており、東日本大震災以降に、第 2.5-17 図に示すフローを取り込んだマニュアルを整備している。



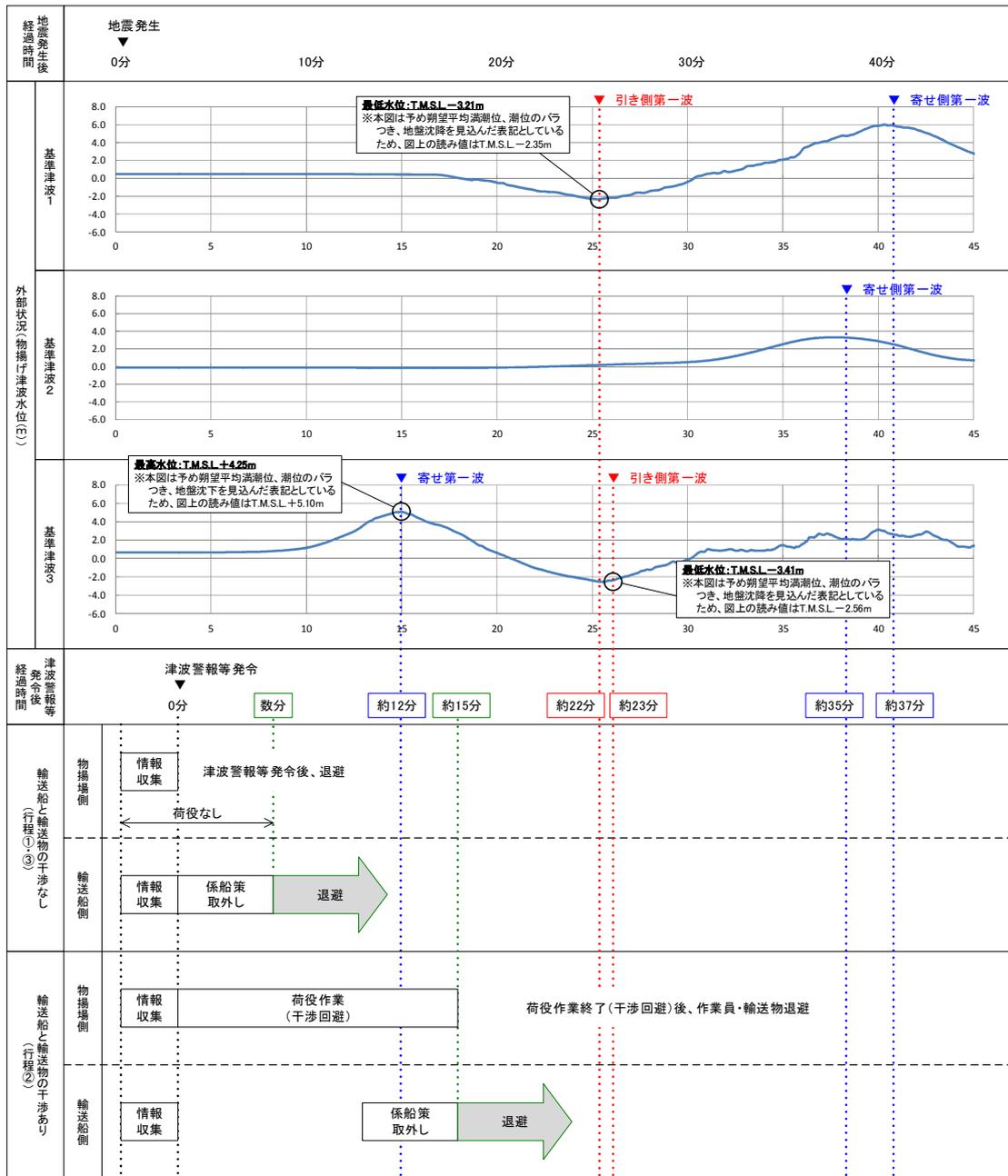
第 2.5-16 図 主な輸送行程



第 2.5-17 図 緊急退避フロー図（例）

このマニュアルに沿って実施した訓練実績では、輸送船と輸送物の干渉がある「荷役」行程において津波警報等が発令した場合でも、警報発令後の 30 分程度で退避が可能であった。また、この実績に基づき、設備保全のための作業等を省略した緊急時に必要な最小限の作業のみの積み上げを行った結果、警報発令後の 15 分程度で緊急退避が可能であることを確認した。なお、全輸送行程の大部分は輸送船と輸送物の干渉のない「荷役」以外の行程であり、実績より、この場合には津波警報等発令後の数分で緊急退避が可能であることを確認している。

以上を踏まえ、津波の到達と緊急退避に要する時間との関係を示すと第 2.5-18 図のとおりとなる。



※津波警報等発令後経過時間は、地震発生後の3分後(気象庁HPIに記載の発表目標時間)に津波警報等が発令するものとして記載
 ※津波の到達時間は、引き側及び押し側ともピークの到達時間を記載
 ※本図の津波水位は、基準津波1、3では予め期望平均満潮位(T.M.S.L.+0.49m)、潮位のバラつき(上昇側0.16m)、地盤沈下量(0.21m、0.20m)を、基準津波2では期望平均干潮位(T.M.S.L.+0.03m)、潮位のバラつき(下降側0.15m)を見込んだ表記としている

第 2.5-18 図 津波の到達と燃料等輸送船の緊急退避に要する時間

第 2.5-18 図より、燃料等輸送船は、柏崎刈羽原子力発電所に襲来が想定される津波のうち、襲来までに時間的な余裕がある津波に対しては緊急退避が可能と考えられるが、時間的な余裕がない津波（津波警報等発令から 15 分程度未満：図中の基準津波 3）に対しては、津波発生時に「荷役」行程中であった場合、津波襲来時には離岸のための荷役作業（干渉回避）中となり緊急退避ができない可能性がある。しかしながら、この場合も以下の理由から輸送船は航行不能となることは考えられず、漂流物になることはないと考えられる。

【結果 I】

- 輸送船は岸壁に係留されている。
- 津波高さと喫水高さの関係から、輸送船は岸壁を越えない。
- 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する。

また、第 2.5-18 図より、緊急退避が可能であった場合でも、退避中に港湾内で引き波による水位低下に遭う可能性のあることが考えられるが、この際に一時的に着底することがあったとしても、輸送船は二重船殻構造等十分な船体強度を有しているため、水位回復後に航行の再開が可能であり、緊急退避に支障はないと考えられる。

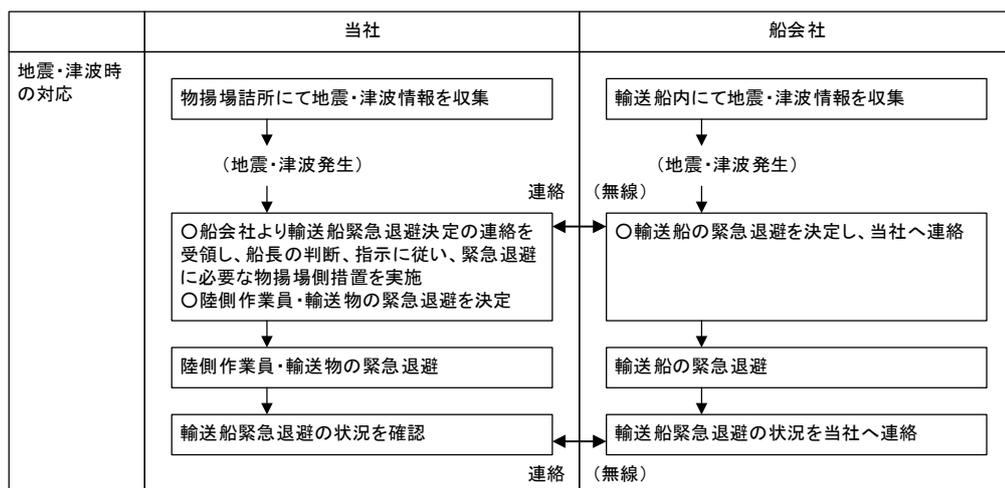
【結果 I】

なお、以上の評価に関わる、津波に対する係留策の耐力評価を添付資料 10 に、岸壁への乗り上げ及び着底の可能性の評価に関わる喫水と津波高さとの関係を添付資料 11 に示す。

以上より、燃料等輸送船は非常用海水冷却系に必要な取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼす漂流物とはならないものと評価する。

なお、燃料等輸送船の緊急退避は輸送事業者・船会社（以下、船会社）と協働で行うことになるが、その運用における当社と船会社の関係を示すと第 2.5-19 図のとおりとなる。すなわち、地震・津波が発生した場合には、速やかに作業を中断するとともに、船会社からの輸送船緊急退避の決定連絡を受け、当社にて**輸送船と輸送物の干渉回避や係船索取り外し等の陸側の必要な措置**を実施し、また陸側作業員・輸送物の退避を決定するなど、両者で互いに連絡を取りながら協調して緊急退避を行う。

これら一連の対応を行うため、当社では、当社－船会社間の連絡体制を整備するとともに前述の地震・津波発生時の緊急時対応マニュアルを定めており、その上で船会社との間で互いのマニュアルを共有した上で、合同で緊急退避訓練を実施することにより、各々のマニュアルの実効性を確認している。

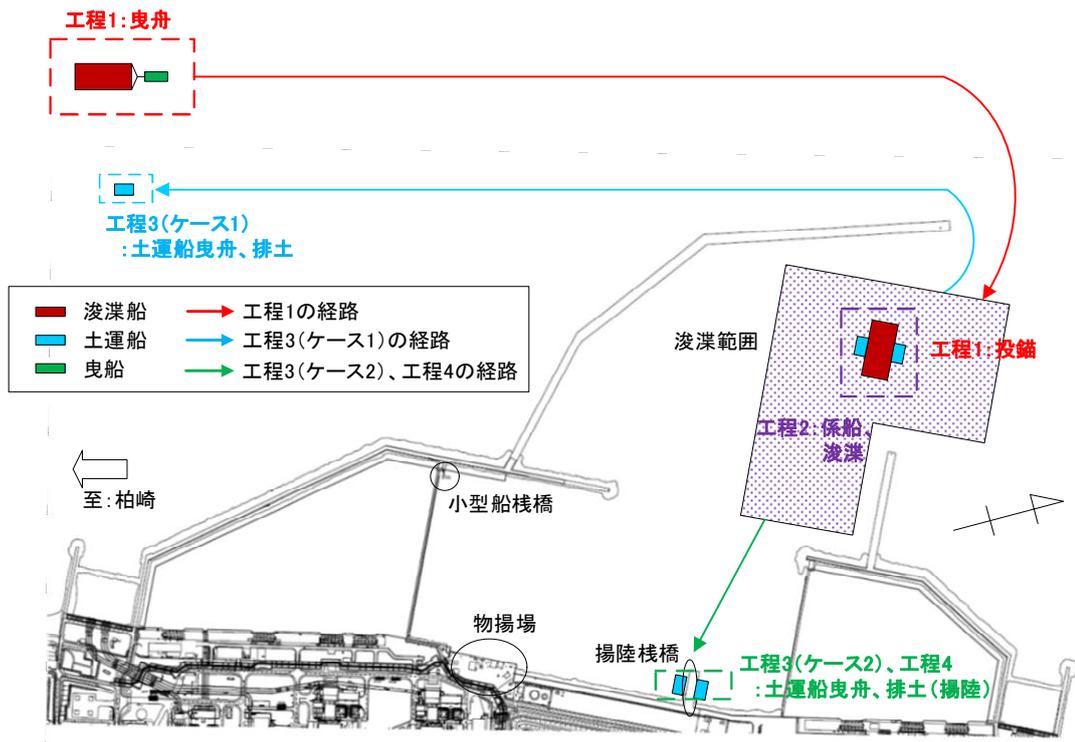


第 2.5-19 図 輸送船緊急退避時の当社と船会社の関係性

②浚渫船・土運船

浚渫作業の主な作業工程を第 2.5-20 図に示す。

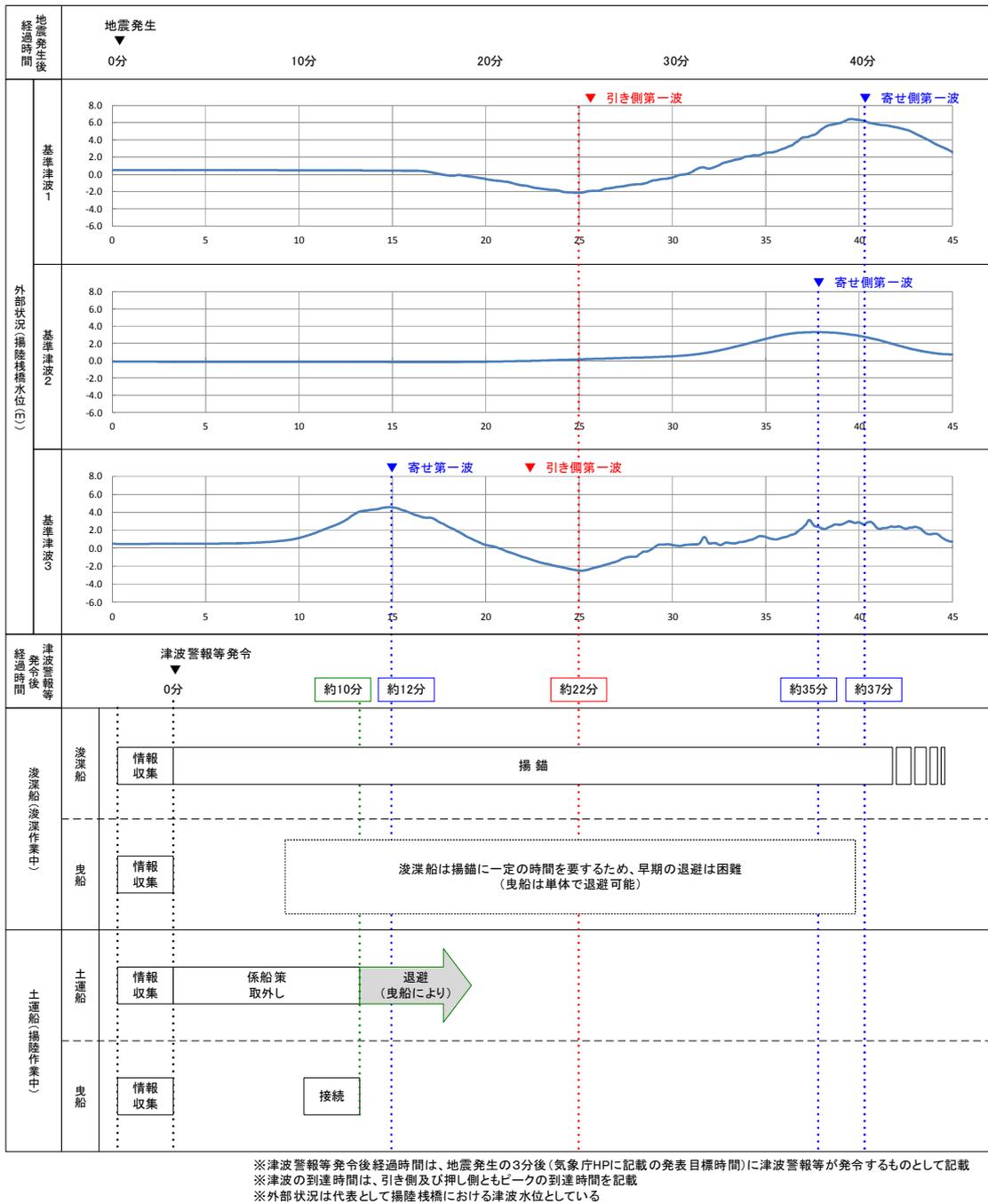
工程	ケース 1 (構外に排土)	ケース 2 (構内に排土)
1	<u>曳船・投錨作業</u> 曳船により浚渫船 (非行式) を, 近隣の柏崎港から港湾内の所定の位置まで曳船し, 揚錨船でアンカーを投錨し, 浚渫船を固定する	
2	<u>係船・浚渫作業</u> 曳船により土運船を浚渫船に横付けし, もやいロープで係船した後, 浚渫作業を実施する (2 台の土運船を浚渫船の両側に係船する)	
3	<u>土運船曳船～排土作業</u> 土運船に浚渫土が一定量積み込まれたら, もやいロープを取外し, 曳船で還元区域 (港湾外) まで曳船し, 排土する	<u>土運船接岸作業</u> 土運船に浚渫土が一定量積み込まれたら, もやいロープを取外し, 曳船で揚陸棧橋まで曳船し, 接岸する
4	—	<u>揚陸～積み込み作業</u> 土運船の土砂をバックホウでダンプトラックに積み込みを行う



第 2.5-20 図 主な浚渫作業工程

津波警報等発令時には, 予め施工者が定めて当社が承認した安全計画書に基づき, 原則として作業を中止して即時に退避を行うが, 時間的な余裕がなく緊急退避が困難な場合には, 施工者の判断により係留により津波に備える。

ここで、浚渫船及び土運船のそれぞれについて、緊急退避までに最も時間を要する浚渫作業中、揚陸作業中に基準津波が発生する状況を想定し、この際の津波の到達と緊急退避に要する時間との関係を示すと第 2.5-21 図のとおりとなる。



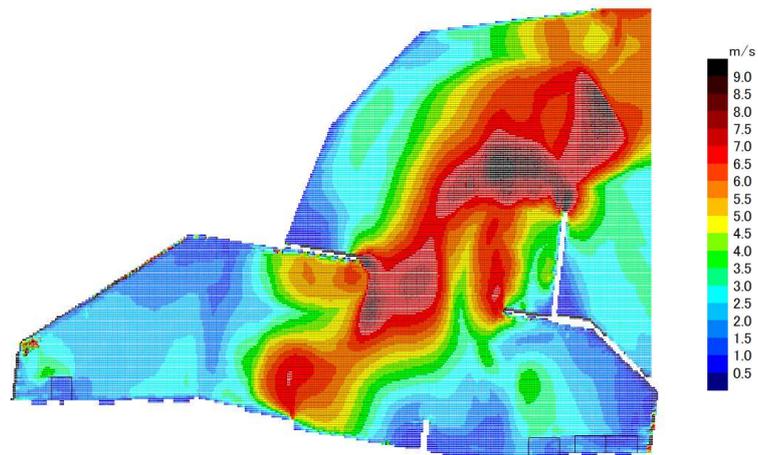
第 2.5-21 図 津波の到達と浚渫船，土運船の緊急退避に要する時間

これより、浚渫船については、浚渫作業中に基準津波が発生した場合には緊急退避が困難であることから、作業現場において係留で津波に備えることになる。

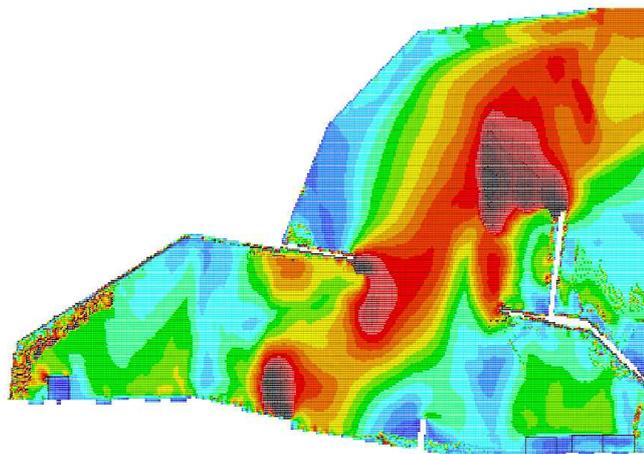
基準津波により生じる港湾内の津波流速の最大値を示すとそれぞれ第 2.5-22 図となり、浚渫船が係留される港湾口の最大流速は 8～9m/s 程度である。これに対し、錨の把駐力より評価した係留可能な限界流速は 2.5m/s 程度であることから、浚渫船は基準津波の寄せ波や引き波のピークの際には走錨する可能性がある。しかしながら、浚渫船で使用する錨は安定性のよいストックアンカーであり、また港湾内の海底は砂地であり錨への泥の付着等が生じにくいことから、一度、走錨した場合でも流速が低下した後には錨の再かきこみにより把駐力が回復することにより、浚渫船はピーク外（限界流速以下程度）ではその場に留まるものと考えられる。

なお、第 2.5-23 図は港湾内における流速の時刻歴であるが、これより港湾口から離れるに従いピークの流速は下がり、位置 D2, D1 では概ね 2.0m/s となっていることが分かる。

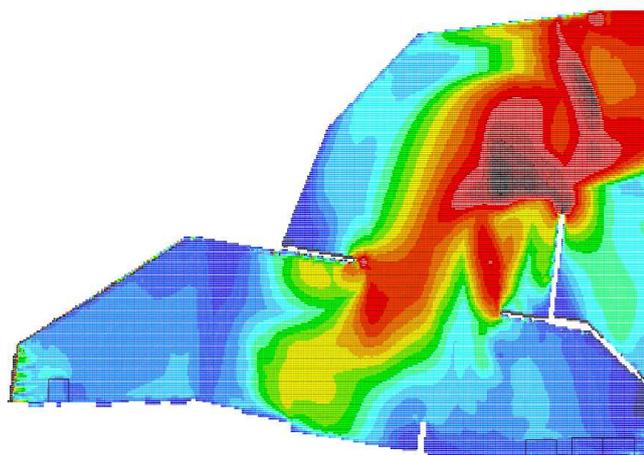
以上より、浚渫船については湾内を漂う漂流物になることはないものと考えられる。**【結果 I】**



基準津波 1

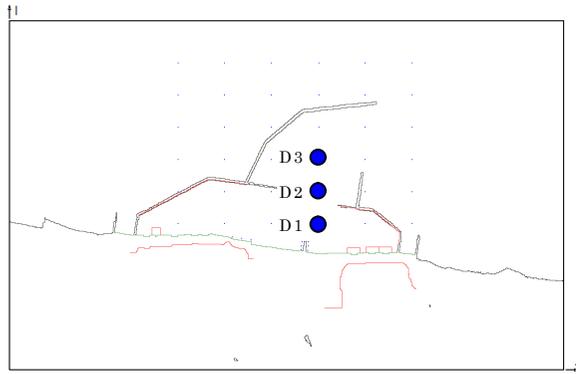


基準津波 2



基準津波 3

第 2.5-22 図 基準津波により生じる最大流速分布

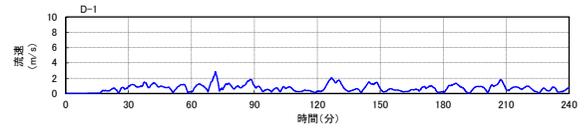
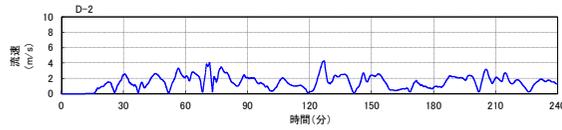
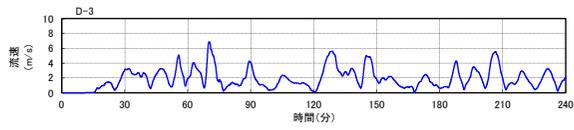


位置 D3

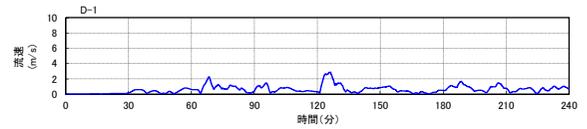
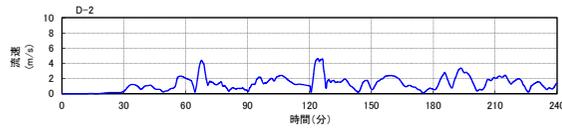
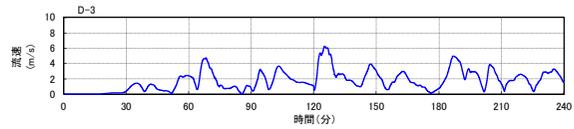
位置 D2

位置 D1

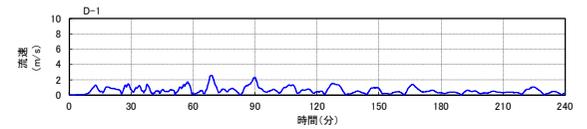
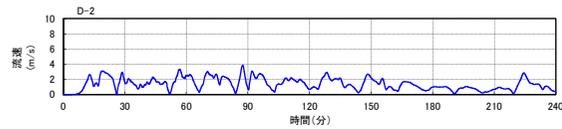
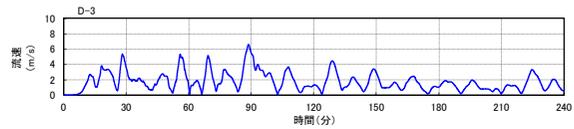
基準津波 1



基準津波 2



基準津波 3



第 2.5-23 図 発電所港湾内における津波流速時刻歴

土運船については、揚陸作業中に津波が発生した場合、襲来までに時間的余裕がある津波（基準津波 1, 2）に対しては緊急退避が可能である。【結果 I】

一方、襲来までに時間的な余裕がない津波（基準津波 3）では緊急退避が困難となることが考えられ、この際は、①で示した燃料等輸送船のケースとは異なり、船体の損傷等により航行不能となり漂流物となる可能性が考えられる。しかしながら、この場合も第 2.5-9 図における揚陸栈橋付近の津波の流向を考慮すると 6, 7 号炉の取水口に接近する可能性はないものと考えられる。

これを確認するため、漂流物化した際の土運船の挙動について軌跡のシミュレーション評価を実施した。初期配置を揚陸栈橋の位置とし、基準津波 3 の襲来下における地震発生から 240 分間の軌跡のシミュレーションを実施したところ第 2.5-24 図の結果となった。

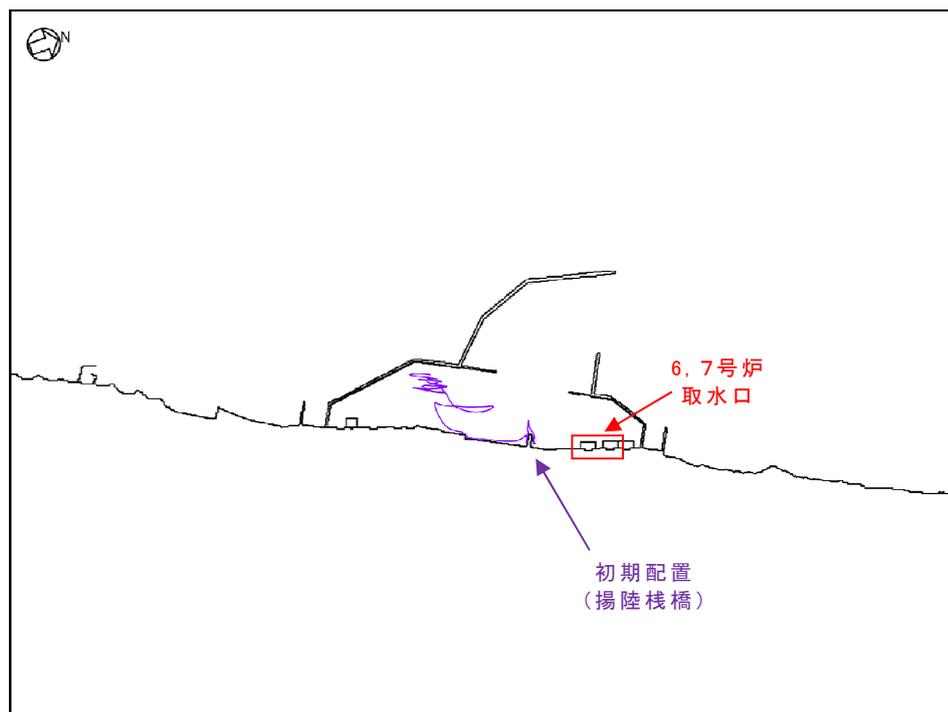


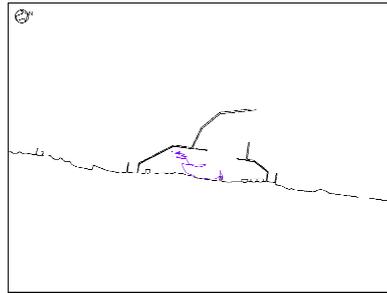
図 2.5-24 基準津波 3 による土運船の挙動

以上の評価は水粒子の軌跡のシミュレーションであり、厳密には漂流物の挙動と水粒子の軌跡は一致するものではないが、流向（移動の方向）については同様の傾向を示すものと考えられ、第 2.5-25 図より、土運船は、緊急退避できずに漂流物となった場合でも、6,

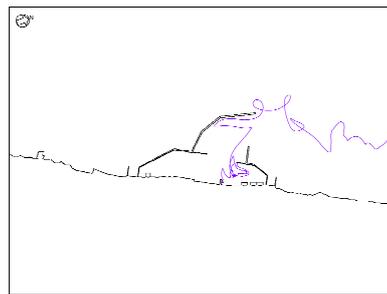
7号炉の取水口へ接近する可能性はないものと考えられる。**【結果Ⅱ】**

なお、以上の評価については、津波の原因となる地震による防波堤の損傷する可能性を考慮し、防波堤が 1m 沈降した状況、2m 沈降した状況（及び参考として防波がないケース）を模擬した影響評価を行い、結論が変わるものではないことを確認している（第 2.5-25 図）。

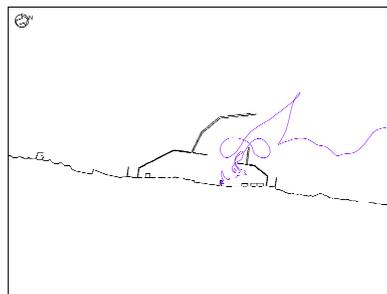
防波堤健全



防波堤 1m 沈降



防波堤 2m 沈降



防波堤なし（参考）

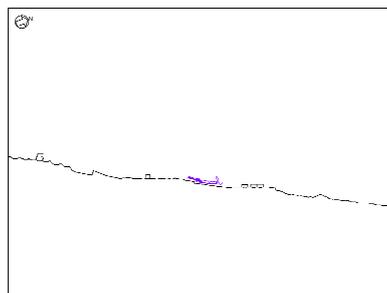


図 2.5-25 防波堤の地震による損傷を考慮した影響評価

浚渫船及び土運船に伴う曳船及び揚錨船については、機動性に優れるため速やかな退避が可能であり、漂流物となることはない。【結果 I】

以上より、浚渫船及び土運船は非常用海水冷却系に必要な取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼす漂流物とはならないものと評価する。

③その他作業船

港湾の周辺及び港湾内への船舶の来航を伴う作業のうち港湾内設備保守点検では、総トン数 5t 未満～10t の作業船が、また温排水や放射線の環境への影響を確認するための海洋環境監視調査でも同様に総トン数 5t 未満～10t の作業船が港湾内外で作業を実施する。これらの作業のうち北側防波堤内で実施する保守点検作業等においては、到達が早い津波の際には原則として作業員は陸域に避難することになるため、作業船が漂流物化し 6 号炉及び 7 号炉の取水口に接近する可能性が考えられる。しかしながら、この場合でも、以下に示す 6 号炉及び 7 号炉の取水口呑口の断面寸法と非常用海水冷却系に必要な取水路の通水量、作業船の寸法とから、その接近により取水口が閉塞し、非常用海水冷却系に必要な通水性が損なわれることはないものと考えられる。【結果Ⅲ】

< 作業船の取水路通水性に与える影響に関わる諸元 >

○取水口呑口断面寸法（第 2.5-22 図）



○非常用海水冷却系必要通水量

- ・通常時（循環水系）の 5% 未満

※循環水系の定格流量約 5,300m³/分に対して非常用海水冷却系の定格流量は 180m³/分（ポンプ全体運転）

○作業船寸法（総トン数約 10t の作業船代表例）

- ・長さ : 10m 程度
- ・幅 : 4m 程度
- ・喫水 : 1.5m 程度

黒枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません

第 2.5-26 図 取水口呑口断面

他には、温排水の水温調査のため総トン数 5t 未満の作業船が港湾内外で作業を実施し、また放水口沖の流況・水温調査のため総トン数 5t 未満～20t の作業船が港湾外（放水口沖）で作業する。

このうち前者については上記の作業船と同等であり、評価も同様となる。**【結果Ⅲ】**

また後者についても津波時には退避可能と考えられ、仮に漂流物化した場合も、後述する「分類 C（構外・海域）」の「①漁船、プレジャーボート」における航行不能船舶の軌跡シミュレーション（第 2.5-29 図参照）に示されるとおり、津波の流向より発電所に接近する（港湾内に侵入する）ことはない。**【結果Ⅱ】**

以上より、その他の作業船は非常用海水冷却系に必要な取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼす漂流物とはならないものと評価する。

第 2.5-3 表 漂流物評価結果（調査分類 A：構内・海域）

評価 番号	分類	内容	状況	場所	数量	重量 (総トン数)	結果
①		燃料等輸送船	航行/停泊	・発電所港湾内 ・物揚場	1	約 5,000t	I
②		浚渫船	航行/停泊	・発電所港湾内 ・港湾口	1	約 500t	I
		土運船	航行/停泊	・発電所港湾内 ・揚陸栈橋	2	約 500t	I, II
		曳船	航行/停泊	・発電所港湾内 ・揚陸栈橋	2	約 100t	I
		揚錨船	航行/停泊	・発電所港湾内 ・揚陸栈橋	2	～約 10t	I
③	船舶	港湾設備 保守点検 作業船	航行/停泊	・発電所港湾内外 ・物揚場 ・揚陸栈橋 ・小型船栈橋	～4 程度	5t 未満～約 10t	III
		海洋環境 監視調査 作業船	航行/停泊	・発電所港湾内外 ・物揚場 ・揚陸栈橋 ・小型船栈橋	～4 程度	5t 未満～約 10t	III
		温排水 水温調査 作業船	航行/停泊	・発電所港湾内外 ・物揚場 ・揚陸栈橋 ・小型船栈橋	～10 程度	5t 未満～約 10t	III
		温排水 流況・水温 調査作業船	航行/停泊	・発電所港湾外	～2 程度	5t 未満～約 20t	II

※「数量」は同時に来航し得る数を記載する

※「重量（総トン数）」は同種の船舶の中で最大のものを記載する

分類B（構内・陸域）

調査範囲内の発電所構内陸域には第 2.5-13 図に示した漂流物となる可能性のある施設・設備等がある。これを大別すると第 2.5-4 表のように分類できる。

第 2.5-4 表 漂流物となる可能性のある施設・設備等の分類

種類		備考	
①	建屋	鉄筋コンクリート建屋，補強 コンクリートブロック造建屋	—
②		鉄骨造建屋	—
③	機器類	タンク	—
④		タンク以外	—
⑤	車両	—	
⑥	資機材	一時的に持ち込む可能性がある資機材を含む	
⑦	その他一般構築物，植生	マンホール，グレーチング，チェッカープレート，外灯，監視カメラ，フェンス，シルトフェンス固定治具等の金属鋼材を主な材料とする一般構築物，樹木等	

これらの分類ごとに第 2.5-7 図に示したフローにより取水口及び取水路の通水性に与える影響評価を実施した。評価結果を以下に示す。また評価結果の一覧を第 2.5-7 表にまとめて示す。

①鉄筋コンクリート建屋，補強コンクリートブロック造建屋

鉄筋コンクリート建屋及び補強コンクリートブロック造建屋は津波による波力で損壊することはないと、また水密性がなく浮力が発生することもないため、建屋の形で漂流物となることはないと考えられる。また、津波の原因となる地震により損壊する可能性は考えられるが、この場合も、建屋を構成する鉄筋、コンクリートは重量物であり津波により漂流物になることはない。【結果 I】

以上より、鉄筋コンクリート建屋，補強コンクリートブロック造建屋は非常用海水冷却系に必要な取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼす漂流物にならないものと評価する。

②鉄骨造建屋

鉄骨造建屋は津波の原因となる地震もしくは津波による波力で損壊する可能性が考えられるが、構造物本体（鉄骨）や重量のある建

屋内設置物は津波に流されることなく、その場に留まるものと考えられる。また、建屋外装材については、漂流物となる可能性があるが、6号炉及び7号炉の取水口周辺に配置されている鉄骨造建屋は第2.5-13-3図に示したとおり「K6/7スクリーン点検用テントハウス」のみであり、この外装材である基布は、鉄骨に固縛されていることから、津波により鉄骨と分離することはなく、漂流物となることはないと考えられる。【結果Ⅰ】

なお、「K6/7スクリーン点検用テントハウス」の建屋内包物に対する評価は「⑥資機材」に分類し説明する。

以上より、鉄骨造建屋は非常用海水冷却系に必要な取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼす漂流物にならないものと評価する。

③機器類（タンク）

調査範囲内（基準津波の遡上域内）にあるタンクとしては重油貯蔵タンクが2基あるが、いずれも運用を停止し空状態で保管されており、今後、撤去を実施する。

これより、機器類のうちタンクについては非常用海水冷却系に必要な取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼす漂流物となるものは存在しないものと評価する。

④機器類（タンク以外）

調査範囲内（基準津波の遡上域内）にある機器類としてはクレーン、電気・制御盤、避雷鉄塔等がある。これらについては津波の原因となる地震もしくは津波による波力による破損・変形等の可能性が考えられるが、いずれも金属製であり、水密性もなく浮力が発生することもないため漂流物となることはないものと考えられる。【結果Ⅰ】

なお、機器類のうち除塵装置については「(b)取水スクリーンの破損による通水性への影響」において説明する。

以上より、機器類のうちタンク以外については非常用海水冷却系に必要な取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼす漂流物にならないものと評価する。

⑤車両

車両のうち、普通乗用車や軽自動車、軽量なトラックやなどは漂

流物となる可能性があるが、調査範囲のうち荒浜側については、6, 7号炉の取水口との間に約700mを超える距離があることを考慮すると、仮に車両が漂流物化した場合でも、海域に流出した後には車両内に浸水が生じることにより沈降すると考えられるため、6, 7号炉の取水口付近に接近することはないものと考えられる。【結果Ⅱ】

一方、大湊側については、取水口周辺には大規模な駐車場はなく、また、取水設備の点検作業等の際に車両を乗り入れる場合においては、大津波警報により退避する手順を定めている。このため、津波により車両が漂流物となることはないものと考えられる。【結果Ⅰ】

以上より、車両については非常用海水冷却系に必要な取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼす漂流物にならないものと評価する。

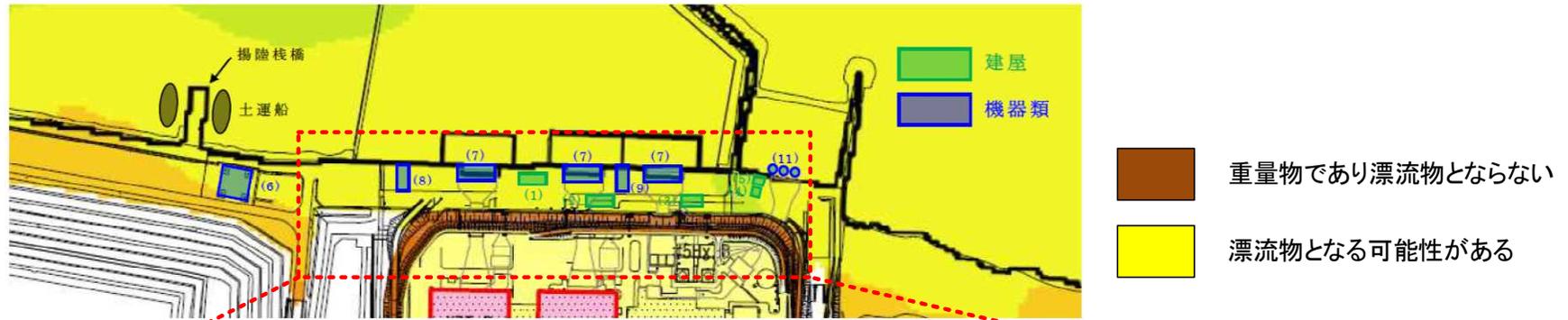
⑥資機材

資機材としては現場に常時保管されているものと一時的に持ち込む可能性があるものがあるが、前者のうちスクリーン、スクリーン点検架台、治具や角落し、また後者のうち発電機や動力盤など、鋼製あるいはコンクリート製の物品については重量物であり、漂流物となることはない。【結果Ⅰ】

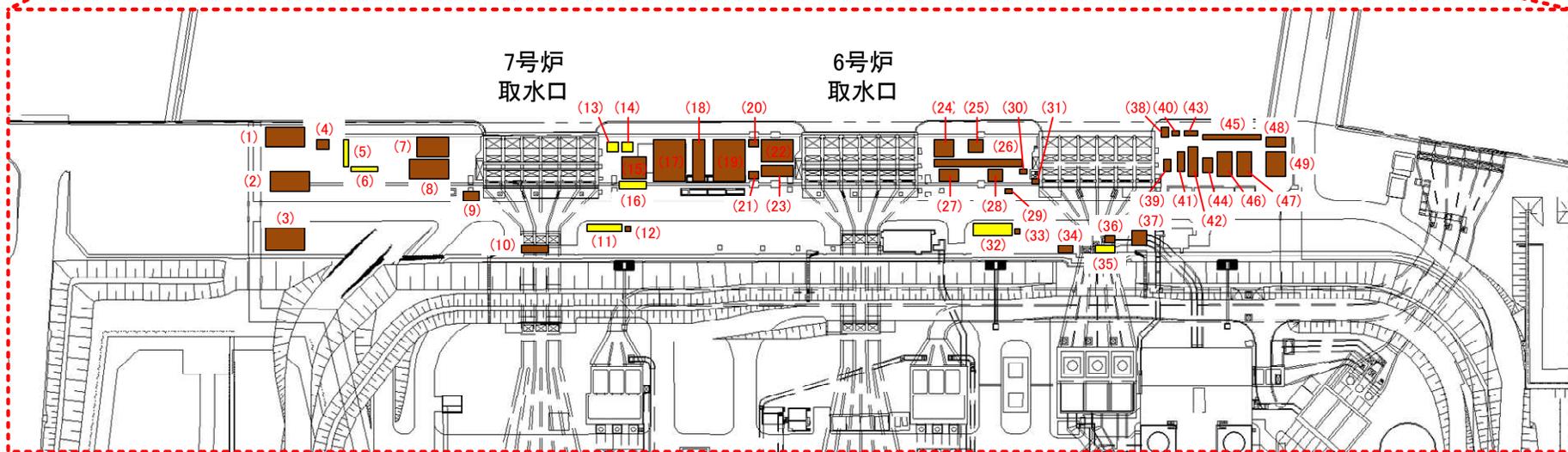
一方、軽量な（比重の小さい）資機材としては仮設ハウスや足場材等があるが、これらについても固縛する運用とするため漂流物となる可能性は小さいと考えられるが、ここでは保守的に、津波により固縛部が損傷し、建屋等自体あるいはその内包物が漂流物化することを想定するものとする。

まず、大湊側の護岸部については、ここに常時保管されている、あるいは一時的に持ち込む可能性のある資機材（重量物を含む）の詳細を示すと第2.5-27図及び第2.5-5表のとおりとなり、このうち漂流物化する可能性がある軽量物を抽出すると第2.5-6表となる。

大湊側護岸部(第2.5-13-3図より抜粋)



大湊側護岸部拡大図



第 2.5-27 図 大湊側護岸部における資機材の詳細

第 2.5-5 表 大湊側護岸部における資機材の詳細

配置番号	項目	数量	材質	漂流物化有無 ○:無/×:有	備考
1	ハウジングカバー(バー回転式スクリーン)	1	FRP	○	架台に固定される
	ハウジングカバー(トラベリングスクリーン)	1	FRP	○	架台に固定される
	ハウジングカバー用架台	3	鋼製	○	
2	角落し	1式	鋼製	○	
3	角ホルダー	1	鋼製	○	
4	本体フレーム受け架台	26	鋼製	○	
5	角パイプ	~30	鋼製	×	
	角材	~30	木製	×	
6	角材	16	木製	×	
7	バスケット(バー回転式スクリーン)	38	鋼製	○	
8	バスケット(トラベリングスクリーン)	37	鋼製	○	
9	リフティングビーム	1	鋼製	○	
10	仮設電源・動力・分電盤	1	-	○	
11	仮設ハウス	1	-	×	
	仮設ハウス	1	-	×	
	仮設ハウス	1	-	×	
12	仮設電源・動力・分電盤	1	-	○	
13	工具収納棚	1	-	×	
	角材	~50	木製	×	
14	仮設ハウス	1	-	×	
15	ハウジング本体(バー回転式スクリーン)	1式	鋼製	○	
	ハウジング本体(トラベリングスクリーン)	1式	鋼製	○	
16	単管パイプ	~150	鋼製	×	
	足場板	~50	アルミ	×	
	角パイプ	~50	鋼製	×	
	スクリーン点検用架台・治具	~20	鋼製	○	
	開口部養生板・治具	~30	鋼製	○	
	渡り歩廊	1	鋼製	○	
17	本体フレーム(バー回転式スクリーン)	1式	鋼製	○	
	本体フレーム(トラベリングスクリーン)	1式	鋼製	○	
18	スクリーン点検用架台	~150	鋼製	○	
	渡り歩廊	1	鋼製	○	
19	角落とし	1式	鋼製	○	
20	仮設作業床	1	鋼製	○	
	仮設作業床	1	鋼製	○	
21	台車乗り上げ台	3	鋼製	○	
22	安全スクリーン	1	鋼製	○	
23	リフティングビーム	1	鋼製	○	
24	固定バー	2	鋼製	○	
25	ハウジング本体(バー回転式スクリーン)	1式	鋼製	○	
	ハウジング本体(トラベリングスクリーン)	1式	鋼製	○	
26	キャリングチェーン	1式		○	
27	本体フレーム(バー回転式スクリーン)	1式	鋼製	○	
28	本体フレーム(トラベリングスクリーン)	1式	鋼製	○	
29	高所作業車	1	-	○	
30	洗浄機	2	-	×	
31	仮設電源・動力・分電盤	2	-	○	

配置番号	項目	数量	材質	漂流物化有無 ○:無/×:有	備考
32	仮設ハウス	5	-	×	
	単管パイプ	~100	鋼製	×	
	足場板	~50	アルミ	×	
	二輪車	2	-	×	
	水中ポンプ用配管	3	鋼製	○	
	33	仮設電源・動力・分電盤	1	-	○
34	リフティングビーム	1	鋼製	○	
35	排水用ホース	4	-	×	
36	仮設電源・動力・分電盤	2	-	○	
37	ダミーフレーム	2	鋼製	○	
38	仮設手摺	28	鋼製	○	
39	仮設電源・動力・分電盤	2	-	○	
	洗浄機	2	-	×	
40	ハウジングカバー用架台	2	鋼製	○	
41	点検架台	2	鋼製	○	
42	バスケット予備機(バー回転式スクリーン)	38	鋼製	○	
	バスケット予備機(トラベリングスクリーン)	38	鋼製	○	
43	リフティングビーム	1	鋼製	○	
44	本体フレーム受け架台	18	鋼製	○	
	固定バー受け台	6	鋼製	○	
	スクリーン点検用架台	~10	鋼製	○	
45	ハウジングカバー(バー回転式スクリーン)	2	FRP	○	架台に固定される
	ハウジングカバー(トラベリングスクリーン)	2	FRP	○	架台に固定される
46	本体フレーム(バー回転式スクリーン)	1式	鋼製	○	
47	本体フレーム(トラベリングスクリーン)	1式	鋼製	○	
48	工具箱	2	鋼製	○	ウエイト等を内包する重量物
49	ハウジング本体(バー回転式スクリーン)	1式	鋼製	○	
	ハウジング本体(トラベリングスクリーン)	1式	鋼製	○	
その他	水中ポンプ(投げ込み)	~4	-	×	設置・使用場所が固定されない
	カラーコーン	~10	-	×	設置・使用場所が固定されない
	単管バリケード	~20	鋼製	×	設置・使用場所が固定されない
	脚立	~10	アルミ	×	設置・使用場所が固定されない

第 2.5-6 図 大湊側における軽量資機材一覧

番号	項目	数量	材質	寸法 (長さ×幅×高さm)	質量 (kg)	備考	
5	角パイプ	~30	鋼製	—	—		
	角材	~30	木製	—	—		
6	角材	16	木製	—	—		
11	仮設ハウス		2	—	5.44×2.30×2.60	1000	工具類, 机・イス等を収納
			1	—	3.60×1.84×2.60	800	
13	工具収納棚	1	—	1.00×1.80×1.70	300	工具類を収納	
	角材	~50	木製	—	—		
14	仮設ハウス	1	—	5.44×2.30×2.60	1000	工具類を収納	
16	単管パイプ	~150	鋼製	—	—		
	足場板	~50	アルミ	—	—		
	角パイプ	~50	木製	—	—		
30	洗浄器	2	—	1.05×0.60×0.80	150		
32	仮設ハウス	5	—	4.63×2.46×2.14	840		
	単管パイプ	~100	鋼製	—	—		
	足場板	~50	アルミ	—	—	工具類, 机・イス等を収納	
	二輪車	2	—	—	—		
35	排水用ホース	4	—	—	—		
39	洗浄器	2	—	1.05×0.60×0.80	150		
その他	水中ポンプ(投げ込み)	~4	—	—	—		
	カラーコーン	~10	—	—	—		
	単管バリケード	~20	鋼製	—	—		
	脚立	~10	アルミ	—	—		

漂流物化し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、容積(断面積)の大きさに依存し大きくなることから、第2.5-6表より、通水性に対する主要な影響因子は建屋等であることが分かる。第2.5-27図に示した配置より、これらが漂流物化した際に一箇所に集中して堆積することはないものと考えられるが、保守的な想定として6号炉取水口付近の計5個、あるいは7号炉取水口付近の計5個の建屋類がすべて各取水口前面に選択的に集中して堆積することを仮定しても、第2.5-26図に示した取水口呑口の断面積より、取水口が閉塞することはない。したがって、前述した取水口呑口の断面寸法と非常用海水冷却系に必要な取水路の通水量を考慮すると、これらの流出物の堆積により非常用海水冷却系に必要な通水性が損なわれることはないものと考えられる。なお、建屋類以外については、その積算的な影響も含め、上記の「選択的に集中する」とした保守的な想定に包含される。**【結果Ⅲ】**

一方、荒浜側の護岸部で漂流物化するものについては、海域に流出した場合でも6、7号炉の取水口との間に700mを超える距離があること、及び第2.5-9図に示した津波の流向を考慮すると、6、7号炉の取水口に接近する可能性は小さいと考えられ、仮に接近するものがあるとしても、その総量は限定的と考えられる。このため、その影響については、大湊側における上記の「選択的に集中する」とした保守的な想定に包含される。**【結果Ⅲ】**

以上より、資機材は非常用海水冷却系に必要な取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼす漂流物にならないものと評価する。

⑦その他一般構築物、植生

その他一般構築物のうち、マンホール、チェッカープレート、鋼製階段等は重量物であり漂流物となることはないと考えられる。**【結果Ⅰ】**

他には監視カメラや拡声器、標識類等があり、これらも基礎等に設置されている、あるいは固縛されているが、津波の原因となる地震や津波の波力により損壊あるいは転倒し、分離して漂流物となる可能性が考えられる。しかしながら、引き波時に取水口付近に接近するものは取水口周辺に設置されたものに限られ、かついずれも容積(断面積)が小さいことから、これらに対する評価は「⑥資機材」における仮設建屋類が「選択的に集中する」とした保守的な想定に

包含されるものと考えられる。【結果Ⅲ】

なお、6号炉及び7号炉の周辺には植生はないため、津波により通水性に影響を及ぼす程度の量の流木が6,7号炉取水口に到達することはないものと考えられる。【結果Ⅱ】

以上より、その他一般構築物、植生については非常用海水冷却系に必要な取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼす漂流物にならないものと評価する。

第 2.5-7 表 漂流物評価結果（調査分類 B：構内・陸域）（1/2）

評価 番号	場所	種類	名称	状態	仕様		数量	評価結果	
					主要構造/材質	重量			寸法
①	荒浜側 (物揚場を含む)	建屋	市水道用ポンプ室	設置	補強コンクリート ブロック建屋	—	床面積約 24m ²	1	I
			海象観測小屋	設置	鉄筋コンクリート 建屋	—	床面積約 20m ²	1	
			海水放射能モニター建屋	設置		—	床面積約 15m ²	1	
			荒浜側少量危険物保管庫①	設置		—	床面積約 83m ²	1	
			荒浜側少量危険物保管庫②	設置		—	床面積約 72m ²	1	
			1/2号機取水電源室	設置		—	床面積約 137m ²	1	
			1号機補機スクリーン電源室	設置		—	床面積約 13m ²	1	
			3/4号機取水電源室	設置		—	床面積約 138m ²	1	
			物揚場電源室	設置		—	床面積約 48m ²	1	
			CVCF用ジェネレーター	設置		鉄骨造建屋	—	床面積約 6m ²	
1号機循環水ポンプ建屋	設置	—	床面積約 1,300m ²	1					
貝処理大型機器点検用建屋	設置	—	床面積約 1,268m ²	1					
②			重油移送ポンプ室	設置	—	床面積約 159m ²	1	I	
			③						
④		機器類	No.1 重油貯蔵タンク	設置	鋼板	—	3000KL	1	— ※撤去する
			No.2 重油貯蔵タンク	設置	鋼板	—	320KL	1	
			海水機器点検用門型クレーン（1/2号機用）	設置	鉄骨構造	—	スパン 20.5m/ リフト 23m	1	I
			海水機器点検用門型クレーン（3/4号機用）	設置	鉄骨構造	—	スパン 20.5m/ リフト 23m	1	
			物揚場 150t テレリッククレーン	設置	鉄骨構造	—	揚程（作業半径 15m時, 20.85m）	1	
			電気・制御盤	設置	鋼材・鋼板	—	—	多数	
			避雷鉄塔	設置	鉄骨構造	—	高さ 149.5m	1	
			海水放射能モニター（1～4号機用）	設置	鋼材	—	—	1/機	
除塵装置（1～4号機用）	設置	鋼材	—	—	一式 /機	※「(b)取水スクリーンの 破損による通水性 への影響」で説明			
⑤		資機材	スクリーン本体・予備機, スクリーン点検用架台, 角落し・角ホルダー, クレーン点検用荷重等, 仮設電源・動力・分電盤等	設置・直置き	鋼材・鋼板, コンクリート	—	—	—	I
			仮設ハウス, 工具収納棚, 単管パイプ, 足場板等	固定・固縛	—	—	—	—	III

第 2.5-7 表 漂流物評価結果（調査分類 B：構内・陸域）（2/2）

評価 番号	場所	種類	名称	状態	仕様			数量	評価結果	
					主要構造/材質	重量	寸法			
⑥	荒浜側 （物揚場を含む）	車両	車両	—	—	—	—	—	II	
⑦		その他 一般構築物, 植生	マンホール, グレーチング, チェッカープレート, 外灯, フェンス, コンクリート蓋等	設置・固定・固縛	—	—	—	多数	I	
			監視カメラ, 拡声器, 標識等	固定・固縛	—	—	—	多数	III	
			樹木（流木等）	—	—	—	—	—	II	
①	大湊側	建屋	6/7号機取水電源室	設置	鉄筋コンクリート 建屋	—	床面積約 181m ²	1	I	
5号機取水電源室			設置	—		床面積約 82m ²	1			
5号機放水口サブリング建屋			設置	—		床面積約 52m ²	1			
大湊側少量危険物保管庫			設置	—		床面積約 59m ²	1			
②				K6/7 スクリーン点検用テントハウス	設置	鉄骨造建屋	—	床面積約 250m ²	1	I
④		機器類	海水機器建屋門型クレーン（5号機用）	設置	鉄骨構造	—	スパン 20.5m/ リフト 23m	1	I	
			海水機器建屋門型クレーン（6/7号機用）	設置	鉄骨構造	—	スパン 20.5m/ リフト 23m	1		
			電気・制御盤	設置	鋼材・鋼板	—	—	多数		
			避雷鉄塔	設置	鉄骨構造	—	高さ 149.5m	1		
			海水放射能モニター（5～7号機用）	設置	鋼材	—	—	1/機		
⑤		資機材	スクリーン本体・予備機, スクリーン点検用架台, 角落し・角ホルダー, クレーン点検用荷重等, 仮設電源・動力・分電盤等	設置・直置き	鋼材・鋼板, コンクリート	—	—	—	I	
			仮設ハウス, 工具収納棚, 単管パイプ, 足場板等	固定・固縛	—	—	—	—	III	
⑥		車両	車両	—	—	—	—	I		
⑦	その他 一般構築物, 植生	マンホール, グレーチング, チェッカープレート, 外灯, フェンス, コンクリート蓋等	設置・固定・固縛	—	—	—	多数	I		
		監視カメラ, 拡声器, 標識等	固定・固縛	—	—	—	多数	III		
		樹木（流木等）	—	—	—	—	—	II		

※「(b)取水スクリーンの破損による通水性への影響」で説明

分類C（構外・海域）

調査範囲内にある港湾施設としては、6、7号炉の取水口の南方約3kmに荒浜漁港があり、小型の漁船、プレジャーボート（総トン数5t未満）が約30隻、停泊している。この他に調査範囲内に来航し得る船舶としては海上保安庁の巡視船（総トン数約3,000t）がある。

一方、調査範囲内には定置網等の固定式漁具、浮筏、浮棧橋、浮体式標識灯等の海上設置物はない。

なお、発電所周辺の海域を航行する定期船としては直江津と小木、寺泊と赤泊、新潟と舞鶴との間を就航する旅客船等があるが、航路上の最も近接する位置でも発電所から30km程度の距離があり、調査範囲内を航行するものはない。

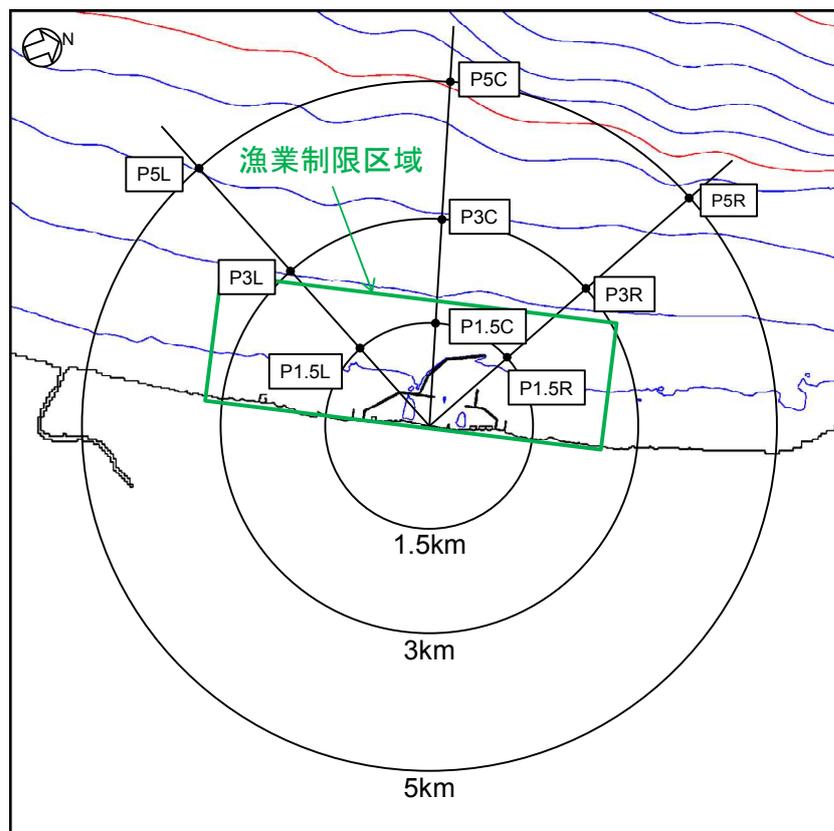
抽出された以上の船舶に対して第2.5-7図に示したフローにより取水口及び取水路の通水性に与える影響評価を実施した。評価結果を以下に示す。また評価結果の一覧を第2.5-8表にまとめて示す。

① 漁船，プレジャーボート

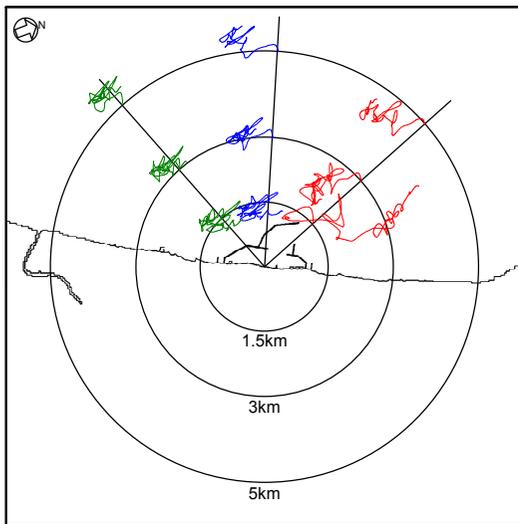
第 2.5-9 図に示すとおり敷地周辺の流向ベクトルは数分～数十分毎に変化しており，発電所に向かう連続的な流れは生じていない。荒浜漁港に停泊する漁船，プレジャーボートについては係留されているため漂流物化する可能性は小さいと考えられるが，仮に漂流物化したとしても，距離，地形及び以上に示した津波の流向から発電所に対する漂流物となることはないと考えられる。【結果Ⅱ】

また，航行中の船舶，漁船については退避可能と考えられるが，保守的な想定として発電所近傍で航行不能となることも考慮し，その際の挙動について軌跡のシミュレーション評価を実施した。

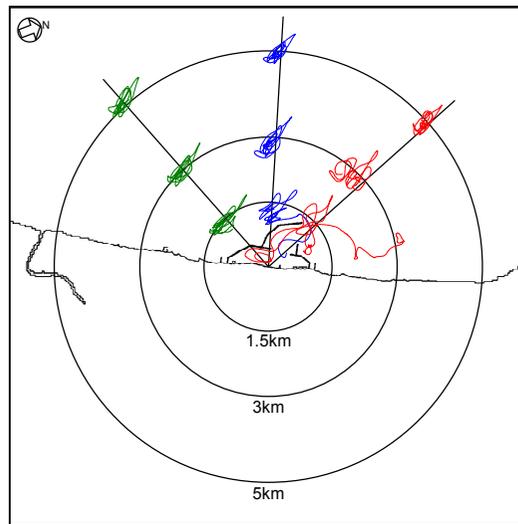
柏崎刈羽原子力発電所の漁業制限区域は発電所沖約 1.7km，幅約 5.8km の範囲であることからこの境界までは船舶が近づき得るものとし，第 2.5-24 図に示す発電所沖 1.5km の地点，及び参考として 3km，5km の地点を初期配置とし，地震発生から 240 分間の軌跡のシミュレーションを実施したところ第 2.5-25 図の結果となった。



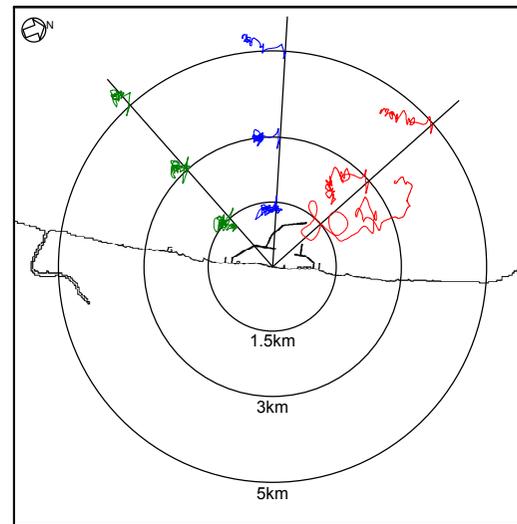
第 2.5-28 図 航行不能船舶軌跡シミュレーションの初期配置



基準津波 1



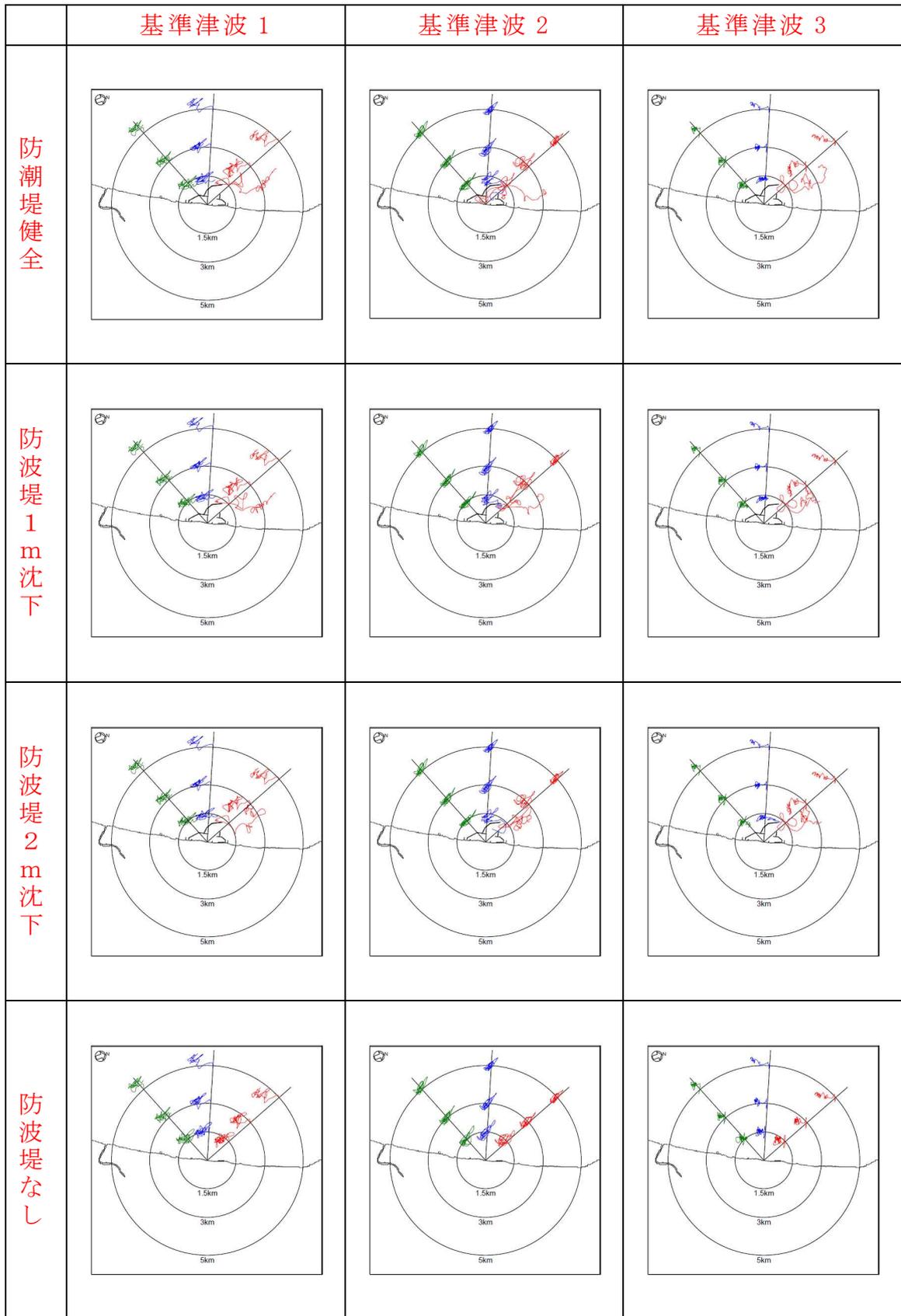
基準津波 2



基準津波 3

第 2.5-29 図 基準津波による航行不能船舶の軌跡

この結果、初期配置が P1.5C 及び P1.5R 以外のケースについては発電所の港湾内に侵入しないが、P1.5C 及び P1.5R のケースに該当するような港湾口のごく近傍で航行不能となる場合には港湾内に侵入する可能性が示された。なお、以上の評価については、津波の原因となる地震による発電所防波堤の損傷する可能性を考慮し、防波堤が 1m 沈降した状況、2m 沈降した状況（及び参考として防波がないケース）を模擬した影響評価を行い、結論が変わるものではないことを確認している（第 2.5-30 図）。



第 2.5-30 図 防波堤の地震による損傷を考慮した影響評価

発電所の港湾口近傍で航行不能となり港湾内に侵入する船舶については、その仕様（総トン数 5t 未満）が「分類 A（構内・海域）」における「③その他作業船」と同等であることから、その評価は、同船舶（「分類 A（構内・海域）」における「③その他作業船」）の評価に包含される。すなわち、取水口呑口の断面寸法と非常用海水冷却系に必要な取水路の通水量、船舶の寸法とから、その接近により取水口が閉塞し、非常用海水冷却系に必要な通水性が損なわれることはないものと考えられる。【結果 II】

以上より、漁船、プレジャーボートは非常用海水冷却系に必要な取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼす漂流物にならないものと評価する。

②巡視船

巡視船については津波襲来時には退避可能と考えられることから、非常用海水冷却系に必要な取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼす漂流物にならないものと評価する。【結果 I】

第 2.5-8 表 漂流物調査結果（調査分類 C：構外・海域）

評価番号	分類	内容	状況	場所	数量	重量	結果
①	船舶	・漁船 ・プレジャーボート（小型動力船，手漕ぎボート）	停泊	荒浜漁港	約 30	5t 未満	II
			航行	発電所周辺			II
②		・巡視船	航行/停泊	発電所周辺	1	約 3,000t	I

分類D（構外・陸域）

調査範囲内には発電所の南側に集落として荒浜地区、松波地区が、また北側に大湊地区、宮川地区、椎谷地区があり、家屋や倉庫等の建築物、フェンスや電柱等の構築物、乗用車等の車両がある。また、他には6、7号炉の取水口の南方約2.5kmに研究施設があり、事務所等の建築物、タンクや貯槽等の構築物がある。これらについて、第2.5-7図に示したフローにより取水口及び取水路の通水性に与える影響評価を実施した。

なお、調査においては上記（具体的には第2.5-2表）に示すものの他に、浜辺に保管されたプレジャーボート類や植生も確認されたが、これらについては分類C（構外・海域）における船舶や分類B（構内・陸域）における植生に対する評価に包含されると考えられるため、記載を割愛した。

結果は第2.5-9表に示すとおりであり、設置方法や重量等により多くは海域に流出し漂流物化することはないと考えられるが、**建屋の外装材等の軽量な（比重が小さい）ものの中に漂流物化するものがあ**った場合でも、設置位置を考慮すると、第2.5-9図に示した津波の流向、第2.5-25図に示した基準津波下における航行不能船舶の挙動より、発電所に対する漂流物にはならないと考えられる。よって、発電所構外の陸域における施設・設備等は非常用海水冷却系に必要な取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼす漂流物にならないものと評価する。

【結果Ⅰ，Ⅱ】

第2.5-9表 漂流物調査結果（調査分類D：構外・陸域）

場所	内容	状況	重量	結果
<ul style="list-style-type: none"> ・荒浜地区（荒浜漁港） ・松波地区 ・大湊地区 ・宮川地区 ・椎谷地区 	<ul style="list-style-type: none"> ・家屋等建築物 ・フェンス，電柱等構築物 	設置	—	I，Ⅲ
	<ul style="list-style-type: none"> ・乗用車等車両 	駐車	—	I，Ⅲ
<ul style="list-style-type: none"> ・海洋生物環境研究所 	<ul style="list-style-type: none"> ・事務所等建築物 ・タンク，貯槽等構築物 	設置	—	I，Ⅲ
	<ul style="list-style-type: none"> ・乗用車等車両 	駐車	—	I，Ⅲ

以上に述べた取水口付近の漂流物に対する通水性の確認結果をまとめると第 2.5-7 表となる。これより、基準津波により漂流物となる可能性がある施設・設備等について、非常用海水冷却系に必要な取水口及び取水路の通水性に影響を与えないことを確認した。

第 2.5-10 表 漂流物調査結果（まとめ）（1/2）

調査分類	調査範囲		評価番号	場所	分類・種類	内容・名称・構造等	数量	重量	結果	波及的影響の可能性有無		
	発電所構内・構外	海域・陸域								海水貯留堰	荒浜側防潮堤	
A	発電所構内	海域	①	・発電所港湾内 ・物揚場	船舶	燃料等輸送船	1	約5,000t	I	緊急退避可能、また緊急退避ができない場合も係留されている、船体強度を有する等より漂流物化しない	○(なし)	○(なし)
						浚渫船	1	約500t	I	錨泊しており、走錨する可能性はあるものの漂流物化することはない	○(なし)	○(なし)
			②	・発電所港湾内 ・揚陸棧橋		土運船	2	約500t	I, II	到達の早い津波で漂流物化する可能性があるが、6、7号炉取水口に到達しない	○(なし)	○(なし)
						曳船	2	約100t	I	退避可能であり漂流物化しない	○(なし)	○(なし)
						揚錨船	2	～約10t	I	退避可能であり漂流物化しない	○(なし)	○(なし)
						港湾設備保守点検作業船	～4程度	5t未満～約10t	III	漂流物化する可能性があるが、通水性に影響を与えない	×(あり)	×(あり)
			③	・発電所港湾内外 ・物揚場 ・揚陸棧橋 ・小型船棧橋		海洋環境監視調査作業船	～4程度	5t未満～約10t	III	漂流物化する可能性があるが、通水性に影響を与えない	×(あり)	×(あり)
						温排水水温調査作業船	～10程度	5t未満～約10t	III	漂流物化する可能性があるが、通水性に影響を与えない	×(あり)	×(あり)
						温排水流況・水温調査作業船	～2程度	5t未満～約20t	II	発電所に到達しない	○(なし)	○(なし)
						補強コンクリートブロック建屋	1	—	I	重量物であり漂流物化しない	○(なし)	×(あり)
B	発電所構内	陸域	①	荒浜側 (物揚場を含む)	建屋	鉄筋コンクリート建屋	8	—	—	—	—	—
						鉄骨造建屋	4	—	I	重量物であり漂流物化しない	○(なし)	×(あり)
			②	機器類(タンク)	No.1重油貯蔵タンク	1	—	—	—	※撤去する	—	—
					No.2重油貯蔵タンク	1	—	—	—	※撤去する	—	—
			③	機器類(タンク以外)	海水機器点検用門型クレーン(1/2号機用)	1	—	I	重量物であり漂流物化しない	○(なし)	×(あり)	
					海水機器点検用門型クレーン(3/4号機用)	1	—					
					物揚場150tリッククレーン	1	—					
					電気・制御盤	多数	—					
					避雷鉄塔	1	—					
					海水放射能モニター(1～4号機用)	1/機	—					
			④	資機材	除塵装置(1～4号機用)	一式/機	—	—	※「(b)取水スクリーンの破損による通水性への影響」で説明	○(なし)	×(あり)	
					スクリーン本体・予備機、スクリーン点検用架台、角落し・角ホルダー、クレーン点検用荷重等、仮設電源・動力・分電盤等	—	—	I	重量物であり漂流物化しない	○(なし)	×(あり)	
			⑤	車両	仮設ハウス、工具収納棚、単管パイプ、足場板等	—	—	III	漂流物化する可能性があるが、通水性に影響を与えない	×(あり)	×(あり)	
					車両	—	—	II	6、7号炉取水口に到達しない	○(なし)	×(あり)	
			⑥	—	—	—	—	—	—	—	—	—

第 2.5-10 表 漂流物調査結果（まとめ）（2/2）

調査分類	調査範囲		評価番号	場所	分類・種類	内容・名称・構造等	数量	重量	結果	波及的影響の可能性有無			
	発電所 構内・構外	海域・陸域								海水貯留堰	荒浜側防潮堤		
B	発電所 構内	陸域	⑦	荒浜側 (物揚場を含む)	その他一般構築物, 植生	マンホール, グレーチング, チェッカープレート, 外灯, フェンス, コンクリート蓋等	多数	—	I	重量物であり漂流物化しない	○(なし)	×(あり)	
						監視カメラ, 拡声器, 標識等	多数	—	III	漂流物化する可能性があるが, 通水性に影響を与えない	×(あり)	×(あり)	
						樹木(流木等)	—	—	II	6, 7号炉取水口に到達しない	○(なし)	○(なし)	
			①	②	大湊側	建屋	補強コンクリートブロック建屋	4	—	I	重量物であり漂流物化しない	○(なし)	○(なし)
							鉄筋コンクリート建屋	1	—	I	重量物であり, また建屋外装材は固縛されており漂流物化しない	○(なし)	○(なし)
			④	機器類	海水機器建屋門型クレーン(5号機用)	1	—	I	重量物であり漂流物化しない	○(なし)	○(なし)		
					海水機器建屋門型クレーン(6/7号機用)	1	—						
					電気・制御盤	多数	—						
					避雷鉄塔	1	—						
					海水放射能モニター(5~7号機用)	1/機	—						
			除塵装置(5~7号機用)	一式/機	—	—	※「(b)取水スクーンの破損による通水性への影響」で説明	○(なし)	○(なし)				
			⑤	資機材	スクリーン本体・予備機, スクリーン点検用架台, 角落し・角ホルダー, クレーン点検用荷重等, 仮設電源・動力・分電盤等	—	—	I	重量物であり漂流物化しない	○(なし)	○(なし)		
					仮設ハウス, 工具収納棚, 単管パイプ, 足場板等	—	—	III	漂流物化する可能性があるが, 通水性に影響を与えない	×(あり)	○(なし)		
⑥	車両	車両	—	—	I	回避可能であり漂流物化しない	○(なし)	○(なし)					
		その他	マンホール, グレーチング, チェッカープレート, 外灯, フェンス, コンクリート蓋等	多数	—	I	重量物であり漂流物化しない	○(なし)	○(なし)				
⑦	一般構築物, 植生	監視カメラ, 拡声器, 標識等	多数	—	III	漂流物化する可能性があるが, 通水性に影響を与えない	×(あり)	○(なし)					
		樹木(流木等)	—	—	II	6, 7号炉取水口に到達しない	○(なし)	○(なし)					
C	発電所 構外	海域	①	荒浜漁港 ・発電所周辺	船舶	・漁船 ・プレジャーボート(小型動力船, 手漕ぎボート)	約30	5t未満	II	6, 7号炉取水口に到達しない	○(なし)	○(なし)	
						・発電所周辺	・巡視船	1	約3,000t	I	回避可能であり漂流物化しない	○(なし)	○(なし)
D	発電所 構外	陸域	—	荒浜地区(荒浜漁港) ・松波地区	・家屋等建築物	—	—	I, III	重量物であり漂流物化しない, 漂流物化しても発電所に到達しない	○(なし)	○(なし)		
					・事務所等建築物 ・タンク, 貯槽等構築物	—	—	I, III					
				海洋生物環境研究所	・乗用車等車両	—	—	I, III					

なお、漂流物による影響としては前述のとおり他に「津波防護施設、浸水防止設備に衝突することによる影響（波及的影響）」があり、6、7号炉における同影響を考慮すべき津波防護施設、浸水防止設備としては、基準津波による遡上域内に設置される海水貯留堰と荒浜側防潮堤とが挙げられる。

これらに対して衝突による影響評価を行う対象漂流物及びその衝突速度は、本項における「取水口及び取水路の通水性に与える影響」の評価プロセスに基づき、それぞれ次のとおり設定する。第2.5-10表には、この設定結果も合わせて示している。

①海水貯留堰

影響評価のプロセスにおいて、6、7号炉の取水口に到達し得るとされたものを対象とし、この中で最も重量の大きい総トン数10tの船舶を代表とする。

また、衝突速度は海水貯留堰の設置位置における津波流速に基づき3m/sとする（添付資料17）。

②荒浜側防潮堤

影響評価のプロセスにおいて、漂流物化する可能性があり、かつ発電所に到達し得るとされたものを対象とし、この中で最も重量の大きい総トン数10tの船舶を代表とする。

また、衝突速度は荒浜側防潮堤の設置位置における津波流速に基づき4m/sとする（添付資料17）。

なお、護岸部に置かれた資機材等のうち、比重が水より大きいものについても、浮力により浮くことはないものの、水の流体力により滑動し防潮堤に衝突する可能性が考えられるが、以下の安定質量の評価に示すとおり、滑動の限界重量はコンクリートで約900kg、鋼材で約20kgであり、その影響は上記の代表漂流物に包含されものと考えられる。

＜安定質量の試算＞

「港湾の施設の技術上の基準・同解説」の流れに対する被覆材の所要質量の評価手法に基づき、添付資料 17 に示す護岸部で想定される津波流速の条件における安定質量を算定すると下表の結果となる。これより、コンクリート塊であれば 900kg 程度、鋼材であれば 20kg 程度で安定することが分かる。

港湾の施設の技術上の基準・同解説（抜粋）

1. 7. 3 流れに対する被覆石及びブロックの所要質量

(1) 一般

水の流れに対するマウンドの捨石等の被覆材の所要質量は、一般的に、適切な水理模型実験又は次式によって算定することができる。式中において、記号 γ はその添字に関する部分係数であり、添字 k 及び d はそれぞれ特性値及び設計用値を示す。

$$M_d = \frac{\pi \rho_r U_d^6}{48 g^3 (\gamma_d)^6 (S_r - 1)^2 (\cos \theta - \sin \theta)^3} \quad (1.7.18)$$

ここに、

M : 捨石等の安定質量 (t)

ρ_r : 捨石等の密度 (t/m³)

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/s²)

γ : イスパッシュ(Isbash)の定数(埋め込まれた石にあっては 1.20,露出した石にあっては 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 (°)

- 条件：①津波流速 U : 4.0m/s
 ②重力加速度 g : 9.8m/s²
 ③イスパッシュの定数 γ : 0.86
 ④斜面の勾配 : 0.0°

材料	ρ (t/m ³)	S_r (= $\rho/1.03$)	M (kg)
コンクリート	2.30	2.23	864
SS, SUS	7.9	7.67	19

添付資料 2

地震時における地盤沈下量及び
斜面崩壊について

地震時における地盤沈下量及び斜面崩壊について

1. はじめに

基準地震動 S_s に起因する地形変化が想定されるため、敷地の変形について検討を行い、敷地への遡上経路に及ぼす影響を検討する。

遡上経路である護岸付近の地盤は、沈下が想定されるため、沈下量を算定し、敷地中央に位置する中央土捨場の崩壊についても検討を実施した。

両者を考慮した地形モデルを作成し、津波評価を実施して敷地への遡上経路について影響を確認した。

2. 護岸付近の地盤沈下

遡上経路である護岸付近の地盤は、西山層、古安田層、埋戻土層等から構成されており、基準地震動 S_s による震動で沈下が想定されるため、地質調査結果等を基に沈下量を算定した。沈下量の算定フローを添付第 2-1 図に示す。また、沈下が想定される護岸の範囲を添付第 2-2 図に示す。

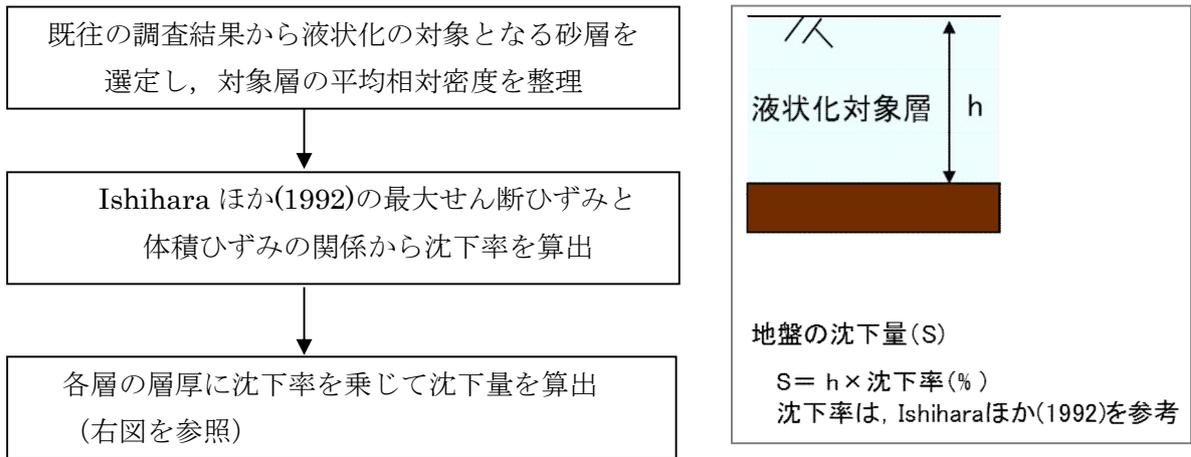
沈下量の算定には、液状化による沈下を想定し、既往の地質断面図から基準地震動 S_s により液状化の可能性がある砂層を選定した。地質断面図を添付第 2-3 図に示す。

大湊側の液状化評価対象層として、砂層の分布状況等から、埋戻土層を選定した。荒浜側の液状化評価対象層として、主に 1～2 号炉海側に分布する古安田層中の砂層、新期砂層・沖積層及び埋戻土層を選定した。

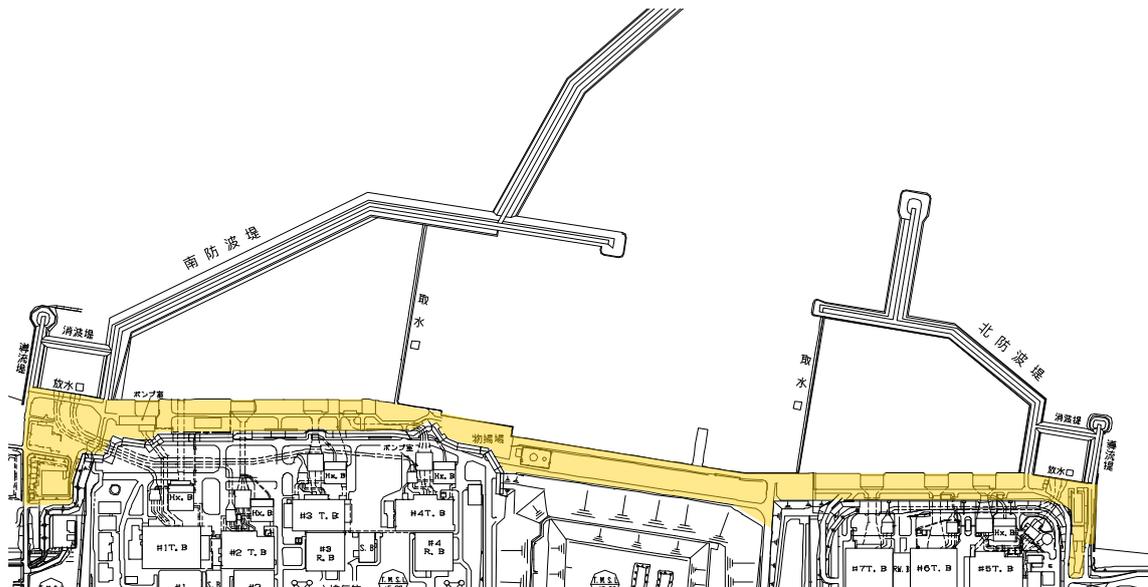
各層の沈下率は、Ishihara ほか(1992) の相対密度に応じた最大せん断ひずみと体積ひずみの関係から沈下率を設定した。調査位置を添付第 2-4 図に、各層の相対密度を添付第 2-5 図に示す。

各層の相対密度のばらつきを考慮して、保守的に添付第 2-6 図に示す通り、埋戻土層を 60%、古安田層中の砂層を 70%、新期砂層・沖積層を 80%に設定した。

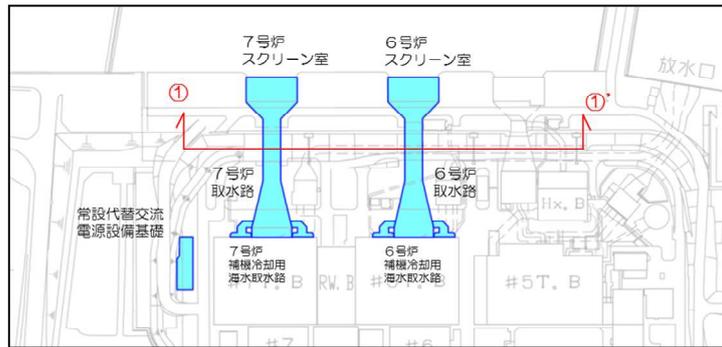
沈下率と砂層の層厚から算出した沈下量の分布を添付第 2-7 図に示す。大湊側の平均沈下量は 0.48m、最大沈下量は 0.62m、荒浜側の平均沈下量は 0.40m、最大沈下量は 0.67m となったため、津波評価における護岸付近の沈下量の設定は、保守的に 1.0m とした。



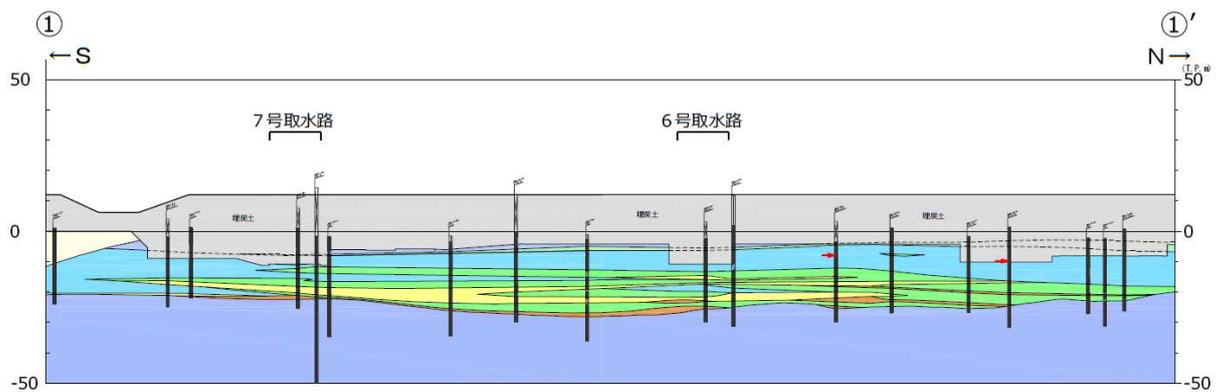
添付第 2-1 図 地盤沈下量の算定フロー



添付第 2-2 図 護岸沈下範囲



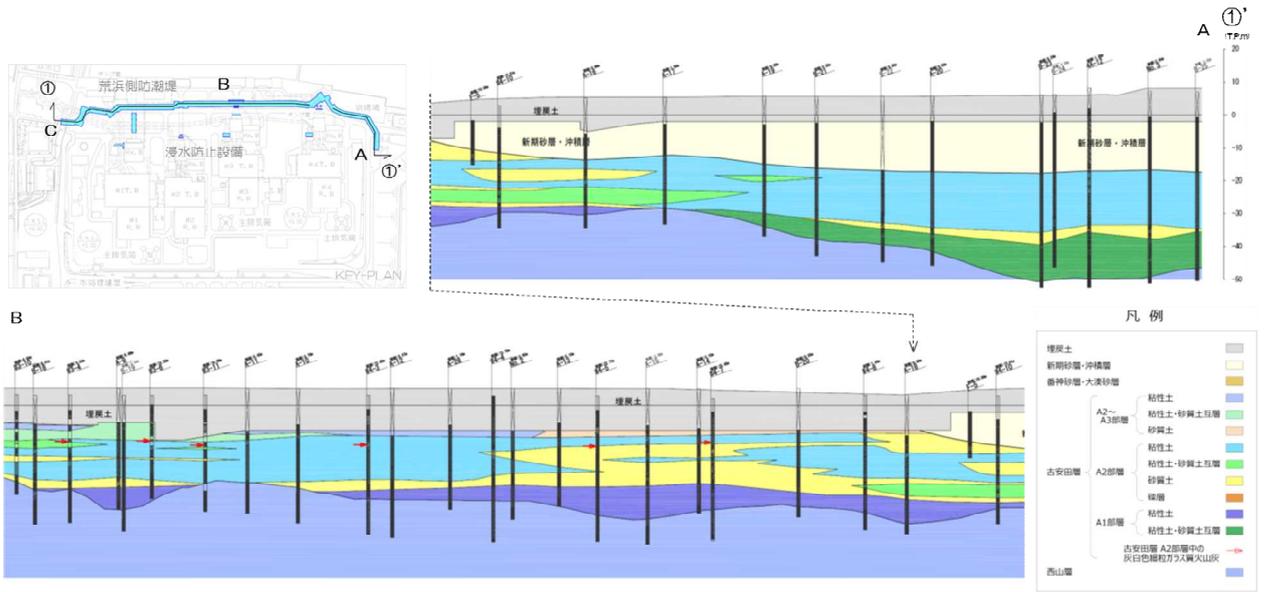
添付第 2-3 図 (1) 平面図 (大湊側)



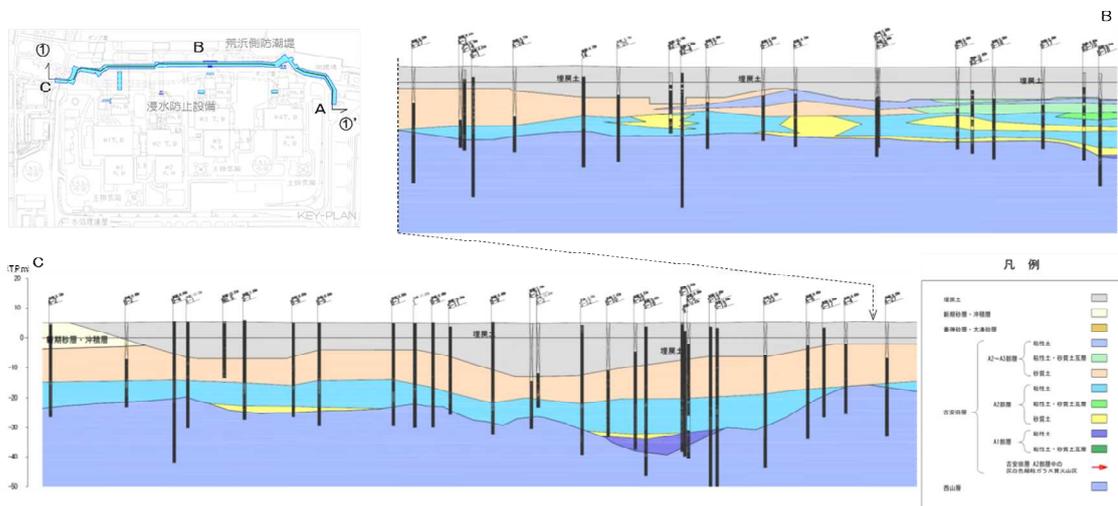
凡例

埋灰土	
新期砂層・沖積層	
番神砂層・大湊砂層	
A2~A3部層	粘性土
	粘性土・砂質土互層
	砂質土
古安田層	A2部層
	粘性土
	粘性土・砂質土互層
A1部層	砂質土
	礫層
	粘性土
西山層	粘性土・砂質土互層
	古安田層 A2部層中の灰白色細粒ガラス質火山灰

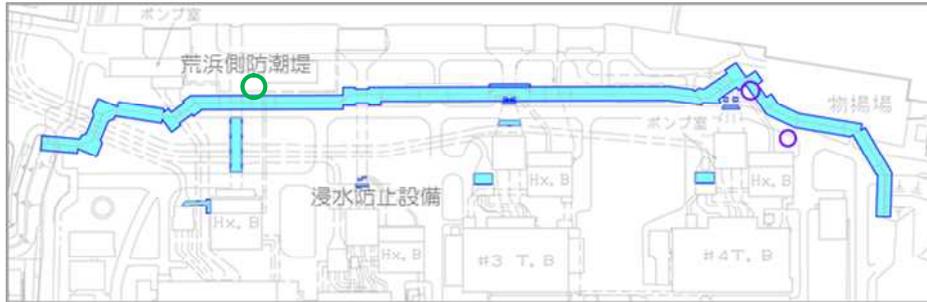
添付第 2-3 図 (2) 地質断面図 (①-①'断面)



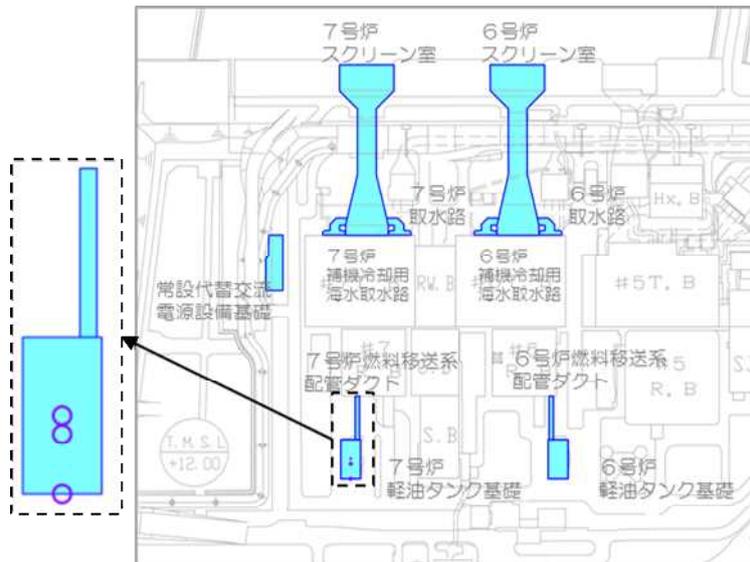
添付第 2-3 図 (3) 地質断面図 (荒浜側 ①-①' (A-B) 断面)



添付第 2-3 図 (4) 地質断面図 (荒浜側 ①-①' (B-C) 断面)



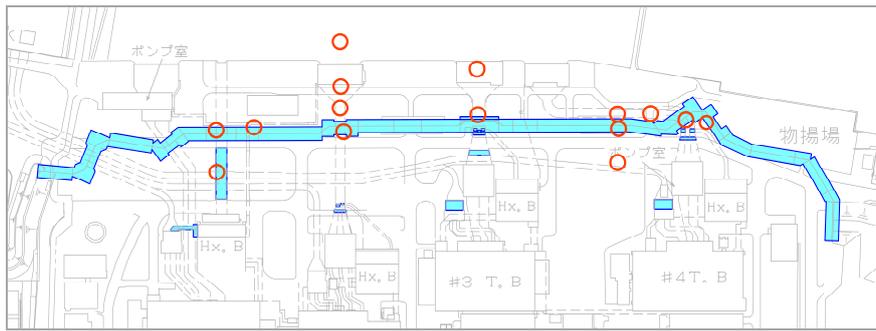
試料採取地点位置図（荒浜側）



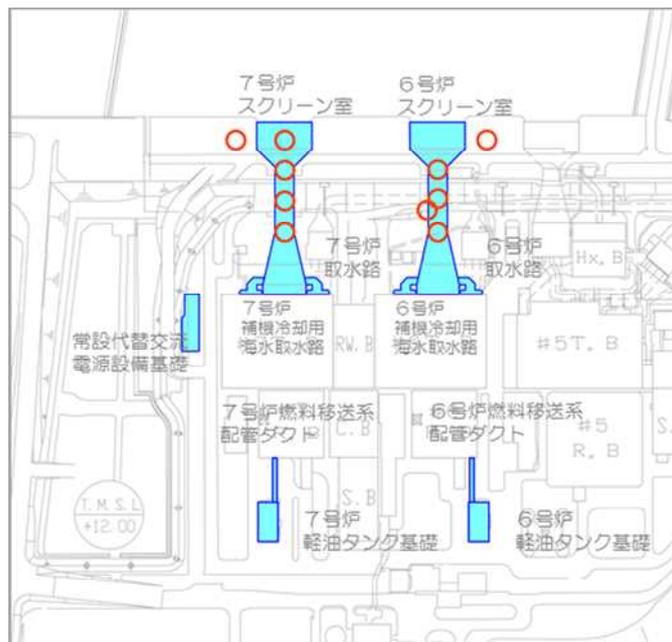
試料採取地点位置図（大湊側）

- : 埋戻土層調査位置
- : 新規砂層・沖積層調査位置

添付第 2-4 図 (1) 埋戻土層及び新时期砂層・沖積層の調査位置



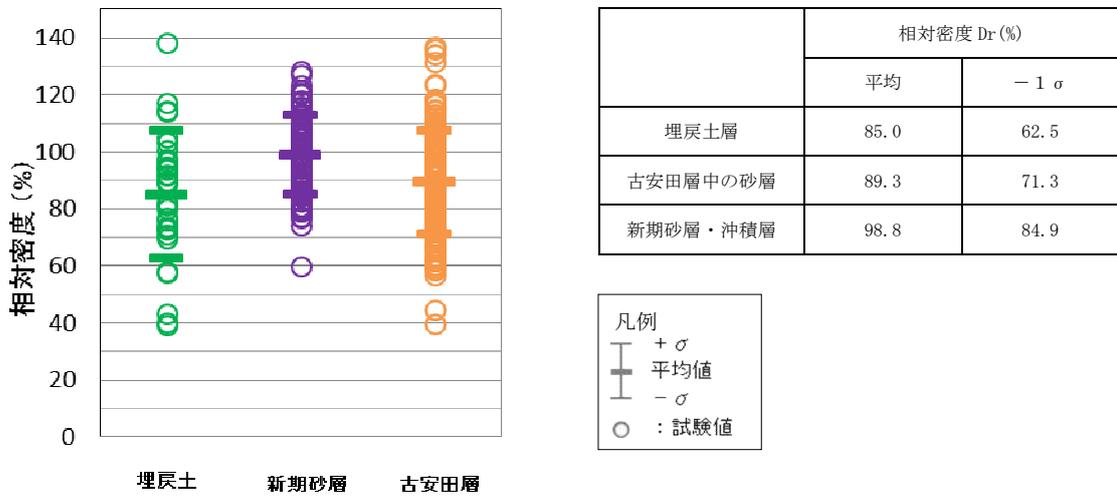
試料採取地点位置図（荒浜側）



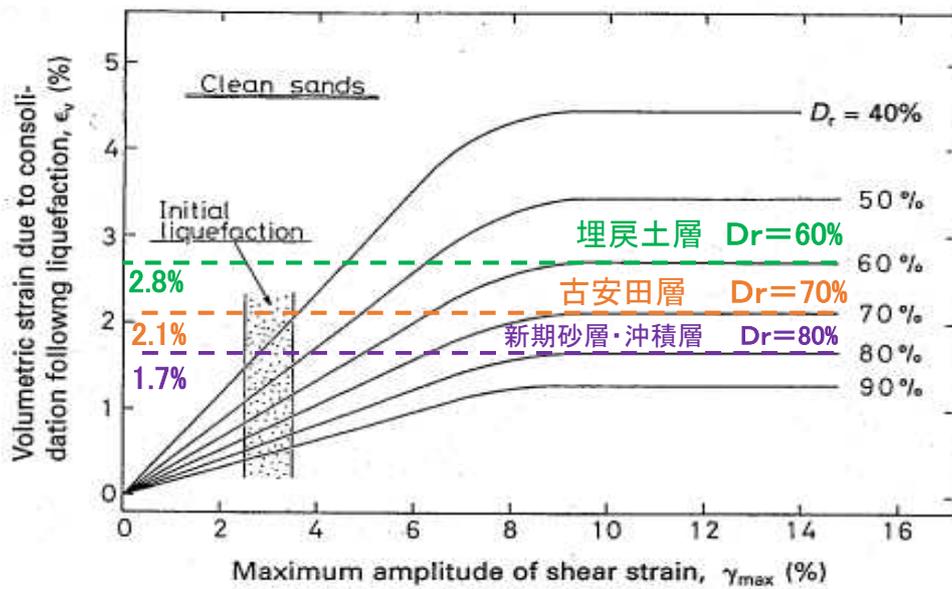
試料採取地点位置図（大湊側）

○ : 調査位置

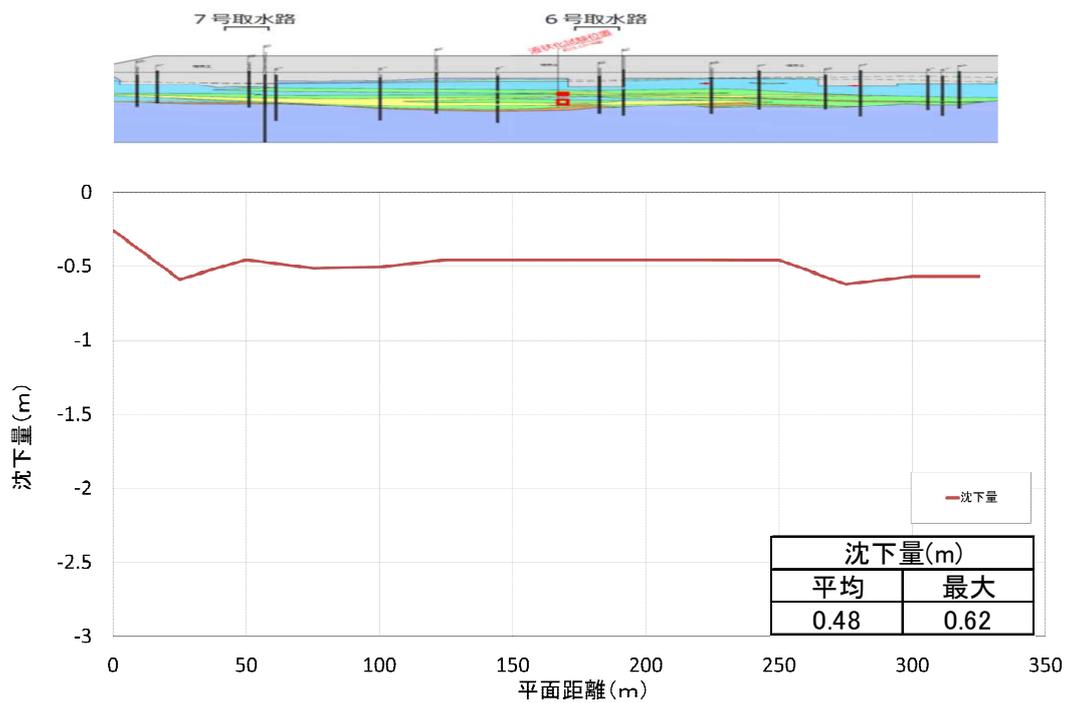
添付第 2-4 図 (2) 古安田層の調査位置



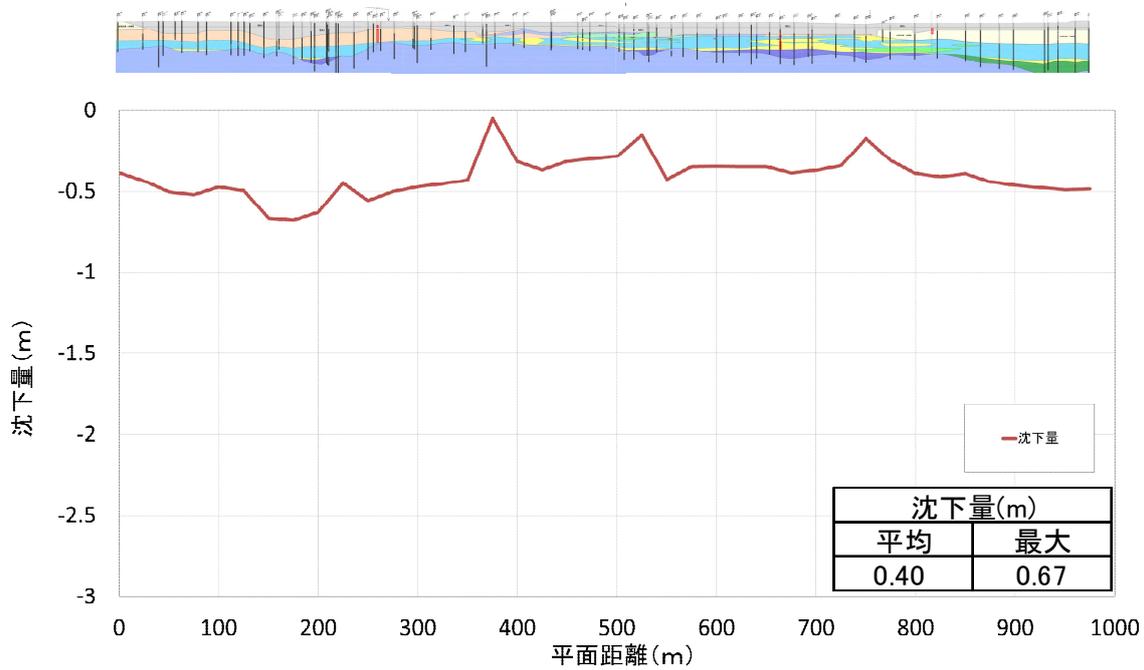
添付第 2-5 図 対象とした砂層の平均相対密度



添付第 2-6 図 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を参考にした沈下率



添付第 2-7 図 (1) 沈下量 (大湊側)

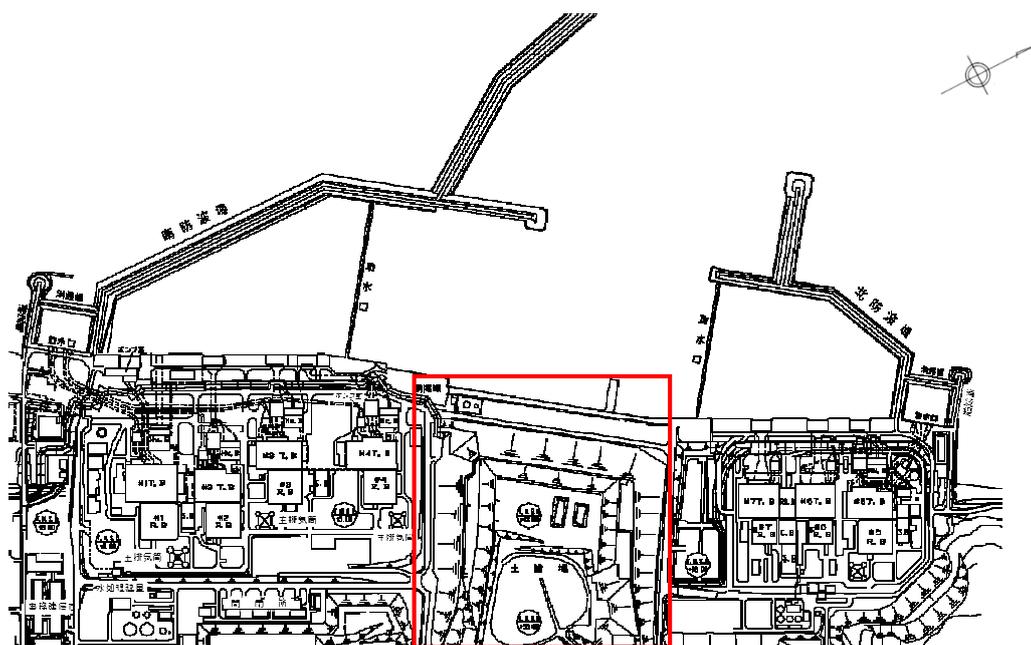


添付第 2-7 図 (2) 沈下量 (荒浜側)

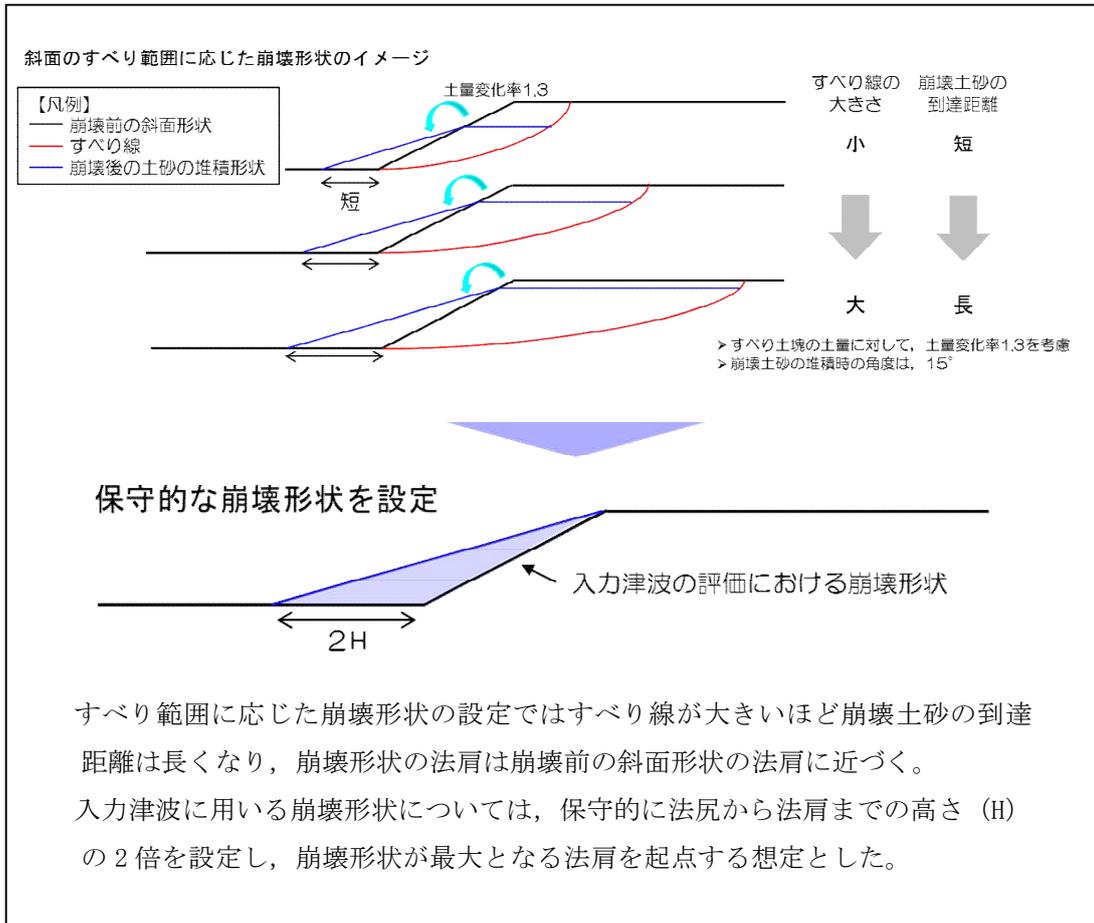
3. 中央土捨場の崩壊

敷地の中央に位置する中央土捨場は、基準地震動 S_s による震動で斜面が崩壊する可能性があるため、中央土捨場の斜面崩壊についても検討した。対象となる中央土捨場の位置図を添付第 2-8 図に、崩壊土砂の堆積形状イメージを添付第 2-9 図に示す。

崩壊土砂範囲の設定としては、崩壊土砂の堆積角度から設定した崩壊範囲と「宅地防災マニュアルの解説」を参考に法尻から法肩までの高さ (H) の 2 倍を設定した崩壊範囲とを比較し、崩壊範囲が大きく、海域まで到達している「宅地防災マニュアルの解説」を参考にした範囲とした。(添付第 2-10 図, 添付第 2-11 図参照)



添付第 2-8 図 敷地平面図



添付第 2-9 図 崩壊土砂の堆積形状イメージ

■ 安息角とは、自然にとりうる土の最大傾斜角で、乾燥した粗粒土の場合は高さに関係しないが、粘性土の場合は高さに影響されるので、安息角は一定の値にならないと説明されている。(地盤工学会：土質工学用語集)

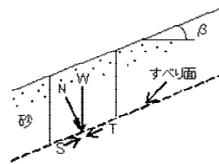
■ 砂の安息角と内部摩擦角

図の応力状態時の斜面が安定するには、すべり力Tと抵抗力Sの間に、 $T \leq S$ の条件が成り立つ必要がある。これを展開すると、以下ようになる。

$$W \cdot \sin \beta \leq W \cdot \cos \beta \cdot \tan \phi$$

$$\tan \beta \leq \tan \phi$$

$$\phi \geq \beta$$



β：斜面勾配
W：砂の重量
N：垂直応力
T：すべり力
S：抵抗力

すなわち、内部摩擦角φは斜面勾配β以上の値であり、安全率1.0の極限状態では内部摩擦角φは斜面勾配βと等しくなる。

■ 土砂の移動時の内部摩擦角

【土砂災害防止に関する基礎調査の手引き：(財)砂防フロンティア整備推進機構、H13.6】
急傾斜値の崩壊に伴う土石等の内部摩擦角φ

▶ 15° ~ 40°

【砂防設計公式集(マニュアル)：(社)全国治水砂防協会、S59.11】

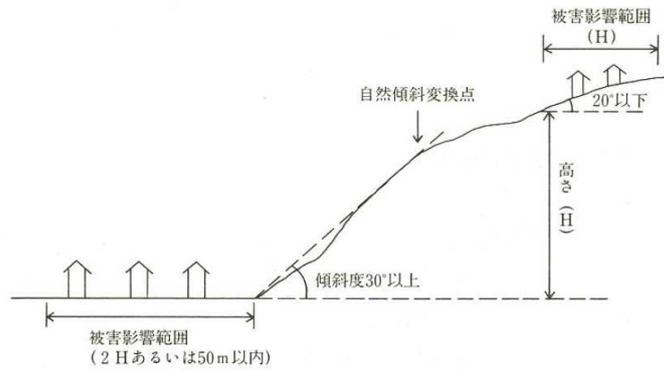
土石流の力や高さの検討に用いる土砂の内部摩擦角φ

▶ 普通土(固いもの) : 25° ~ 35°

▶ 普通土(やや軟らかいもの) : 20° ~ 30°

▶ 普通土(軟らかいもの) : 15° ~ 25°

添付第 2-10 図 崩壊土砂の堆積角度について



添付第 2-11 図 崩壊土砂の到達範囲について

4. 津波評価結果

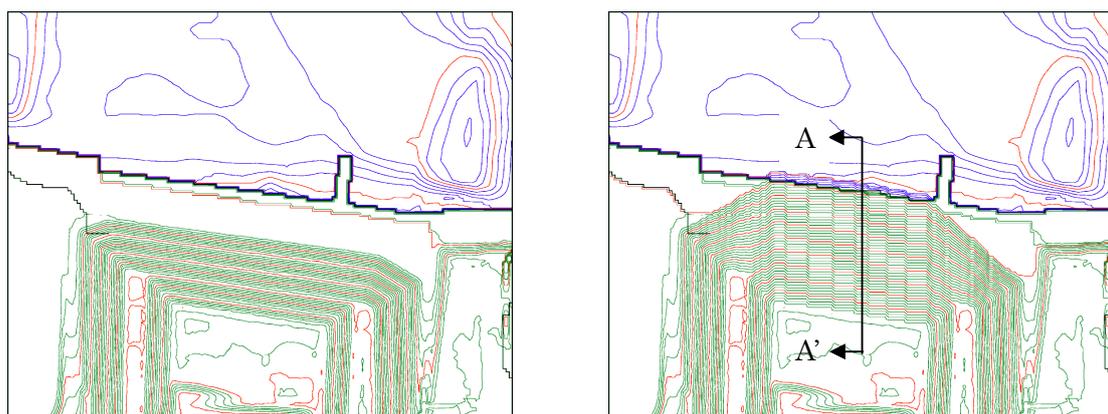
上記「2. 護岸付近の地盤沈下」及び「3. 中央土捨場の崩壊」の両者を考慮した地形モデルを作成し、津波評価への影響について確認した。地形更新後の平面図及び断面図をそれぞれ添付第 2-12 図、添付第 2-13 図に示す。

各取水口前面及び遡上域における津波水位については表 1 に、地形モデルの更新前を横軸に、地形更新後を縦軸にして整理したグラフを添付第 2-14 図に示す。最高・最低水位分布図については、添付第 2-15 図に示し、時刻歴波形を添付第 2-16 図に示す。

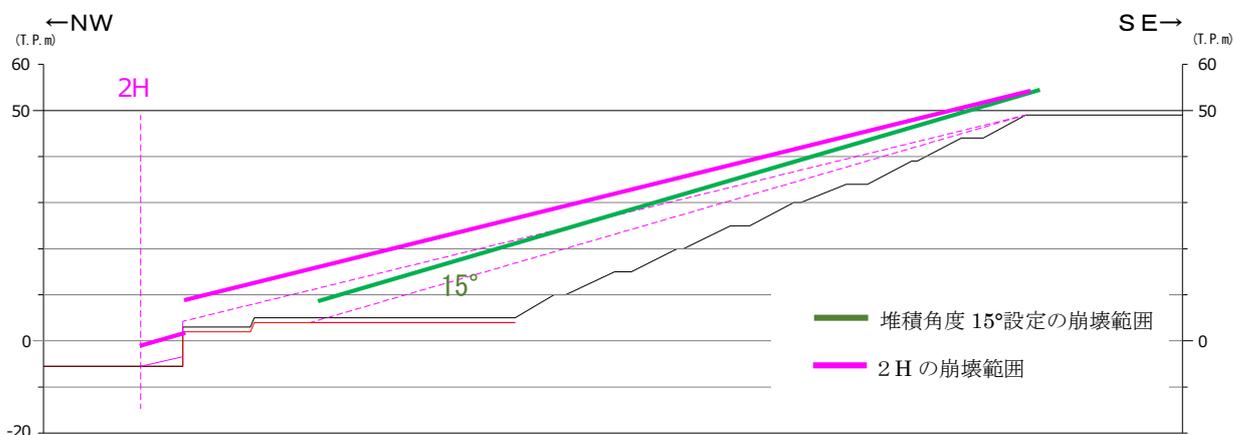
添付第 2-1 表から地形更新前後における津波水位には、ほとんど差が認められず、津波水位のバラつきについても影響がないことを確認した。

敷地遡上域に対する許容津波高さを下回っており、最高水位分布(添付第 2-15 図)から津波防護対象設備を内包する建屋が設置されている敷地への遡上は確認できない。

以上のことから、護岸付近の地盤沈下や中央土捨場の崩壊が敷地の遡上経路へ影響を及ぼすことはない。



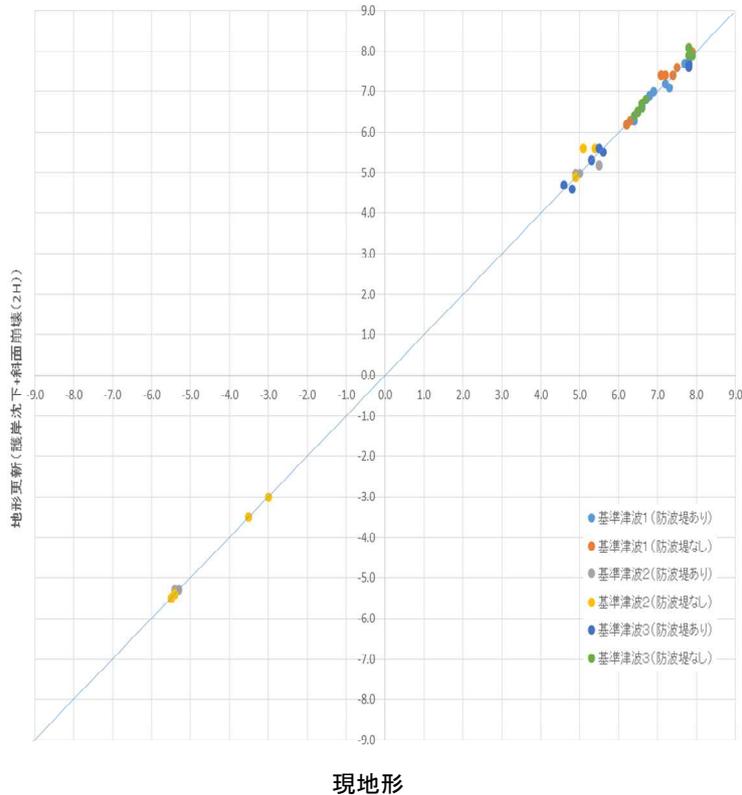
添付第 2-12 図 土捨場崩壊後の地形モデル図 (平面図)



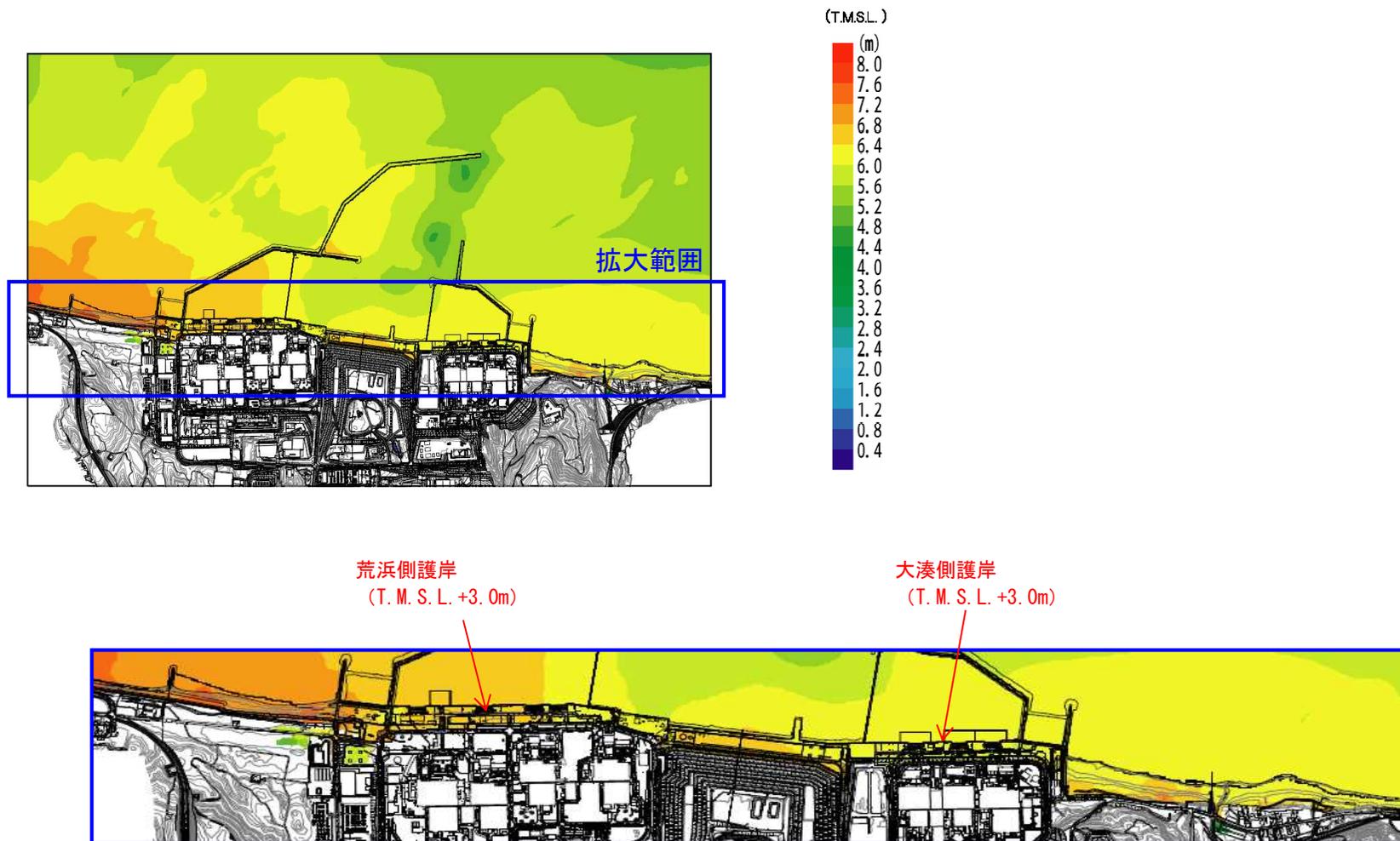
添付第 2-13 図 土捨場崩壊後の地形モデル図 (A—A' 断面図)

添付第 2-1 表 津波評価結果

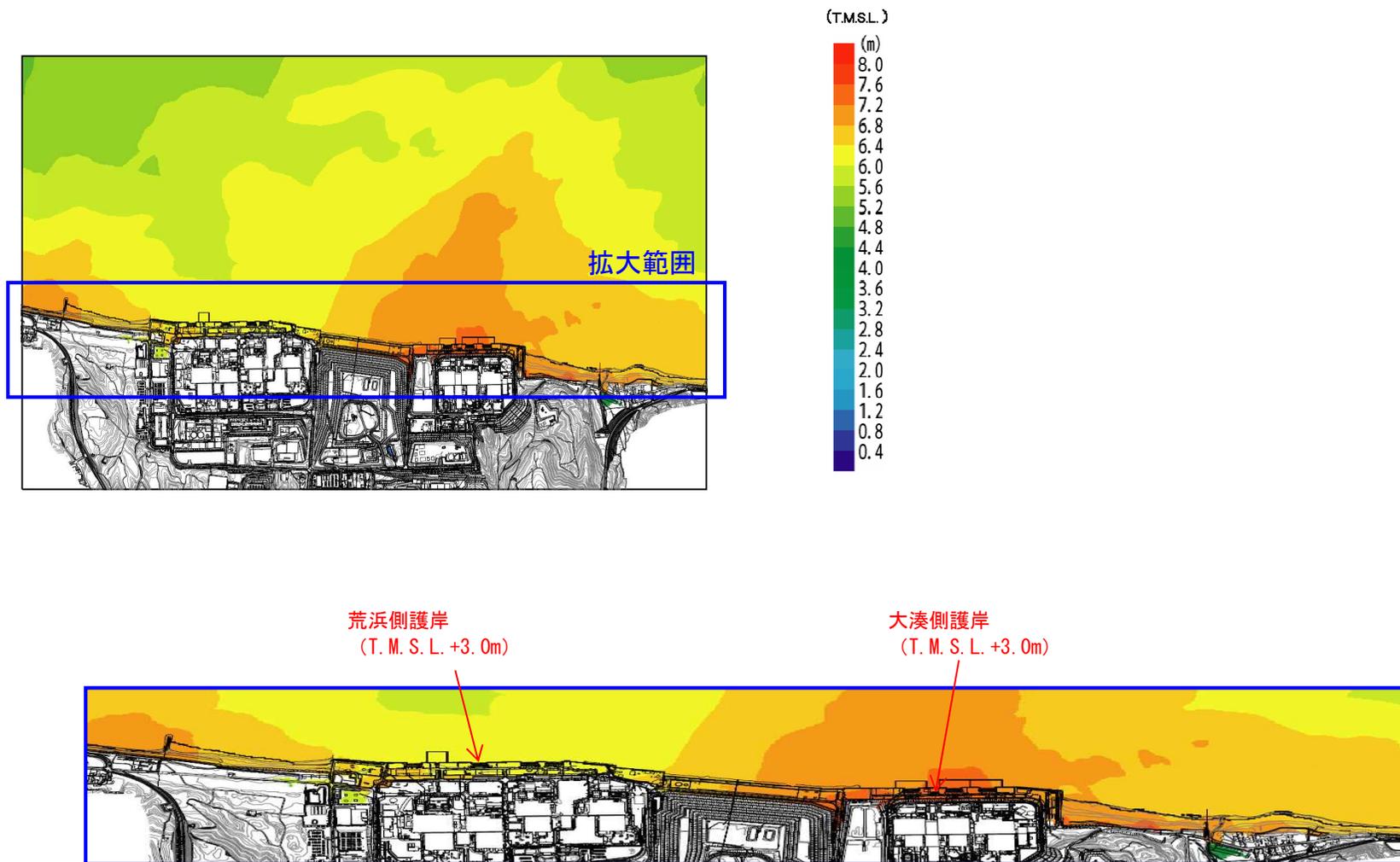
	防波堤	地形	取水口前面水位 T.M.S.L. (m)							荒浜側 防潮堤	遡上域	
			1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	5号炉	6号炉	7号炉		荒浜側	大湊側
基準 津波 1	防波堤あり	現地形	6.9	6.8	6.7	6.6	6.3	6.4	6.3	7.3	7.7	7.2
		護岸沈下+斜面崩壊 (2H)	7.0	6.9	6.8	6.7	6.3	6.3	6.3	7.1	7.7	7.2
	防波堤なし	現地形	6.5	6.3	6.2	6.2	7.4	7.5	7.2	7.1	7.1	7.9
		護岸沈下+斜面崩壊 (2H)	6.5	6.3	6.2	6.2	7.4	7.6	7.4	7.4	7.4	8.0
基準 津波 2	防波堤あり	現地形	-5.4	-5.3	-5.4	-5.4	-3.0	-3.5	-3.5	4.9	5.0	5.5
		護岸沈下+斜面崩壊 (2H)	-5.3	-5.3	-5.4	-5.4	-3.0	-3.5	-3.5	5.0	5.0	5.2
	防波堤なし	現地形	-5.4	-5.4	-5.5	-5.5	-3.0	-3.5	-3.5	5.1	5.4	4.9
		護岸沈下+斜面崩壊 (2H)	-5.4	-5.4	-5.5	-5.5	-3.0	-3.5	-3.5	5.6	5.6	4.9
基準 津波 3	防波堤あり	現地形	5.3	5.5	5.6	5.6	4.6	4.6	4.8	7.8	7.8	7.8
		護岸沈下+斜面崩壊 (2H)	5.3	5.6	5.5	5.5	4.7	4.7	4.6	7.7	7.7	7.6
	防波堤なし	現地形	6.7	6.6	6.5	6.4	6.5	6.6	6.6	7.8	7.8	7.9
		護岸沈下+斜面崩壊 (2H)	6.8	6.7	6.5	6.4	6.5	6.6	6.6	7.9	8.1	7.9
敷地遡上域に対する許容津波高さ			15.0 (荒浜側防潮堤高)				12.0 (大湊側敷地高)			15.0 (荒浜側防潮堤高)		12.0 (大湊側敷地高)



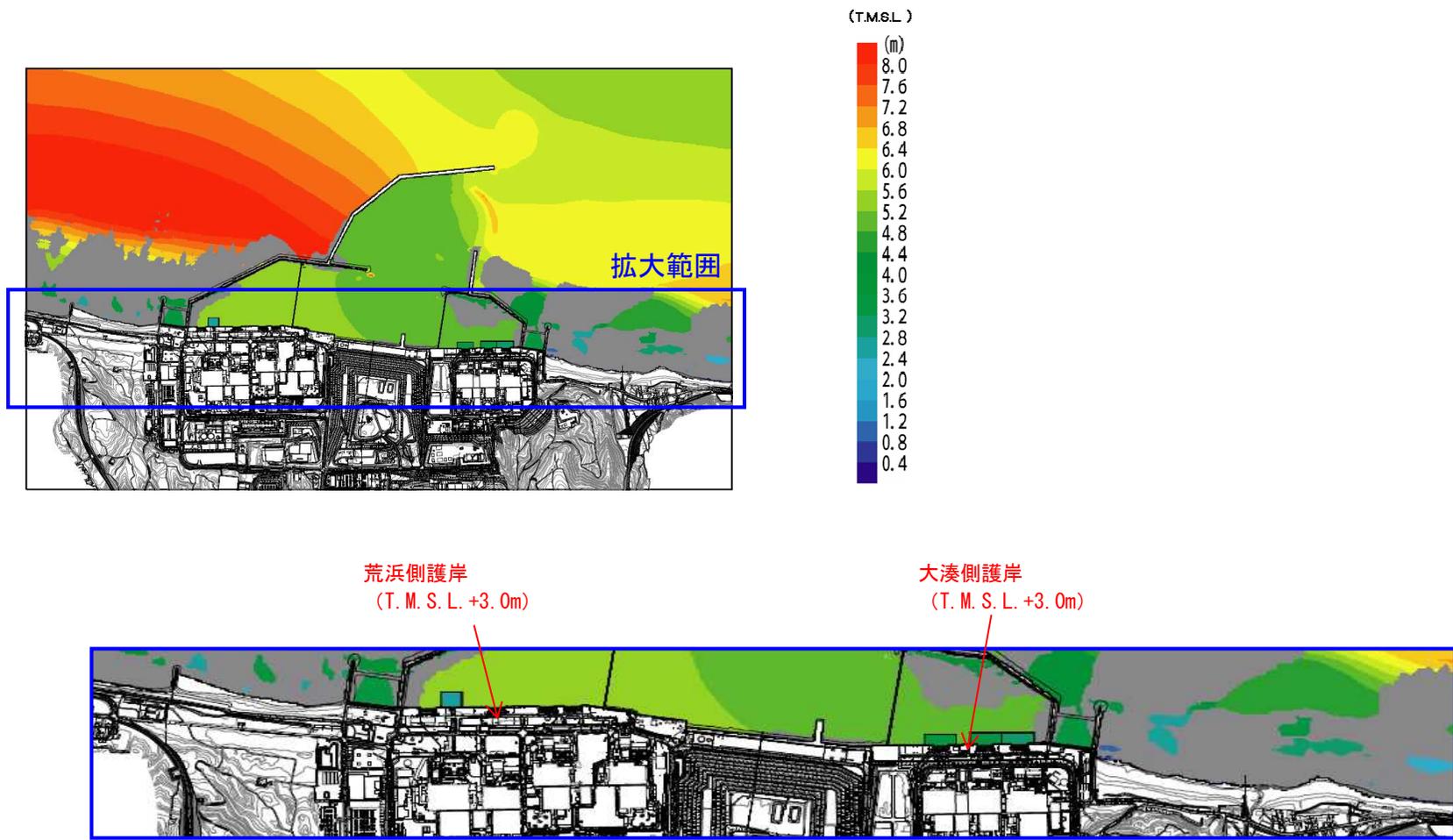
添付第 2-14 図 岸沈下・中央土捨場崩壊と津波水位の関係



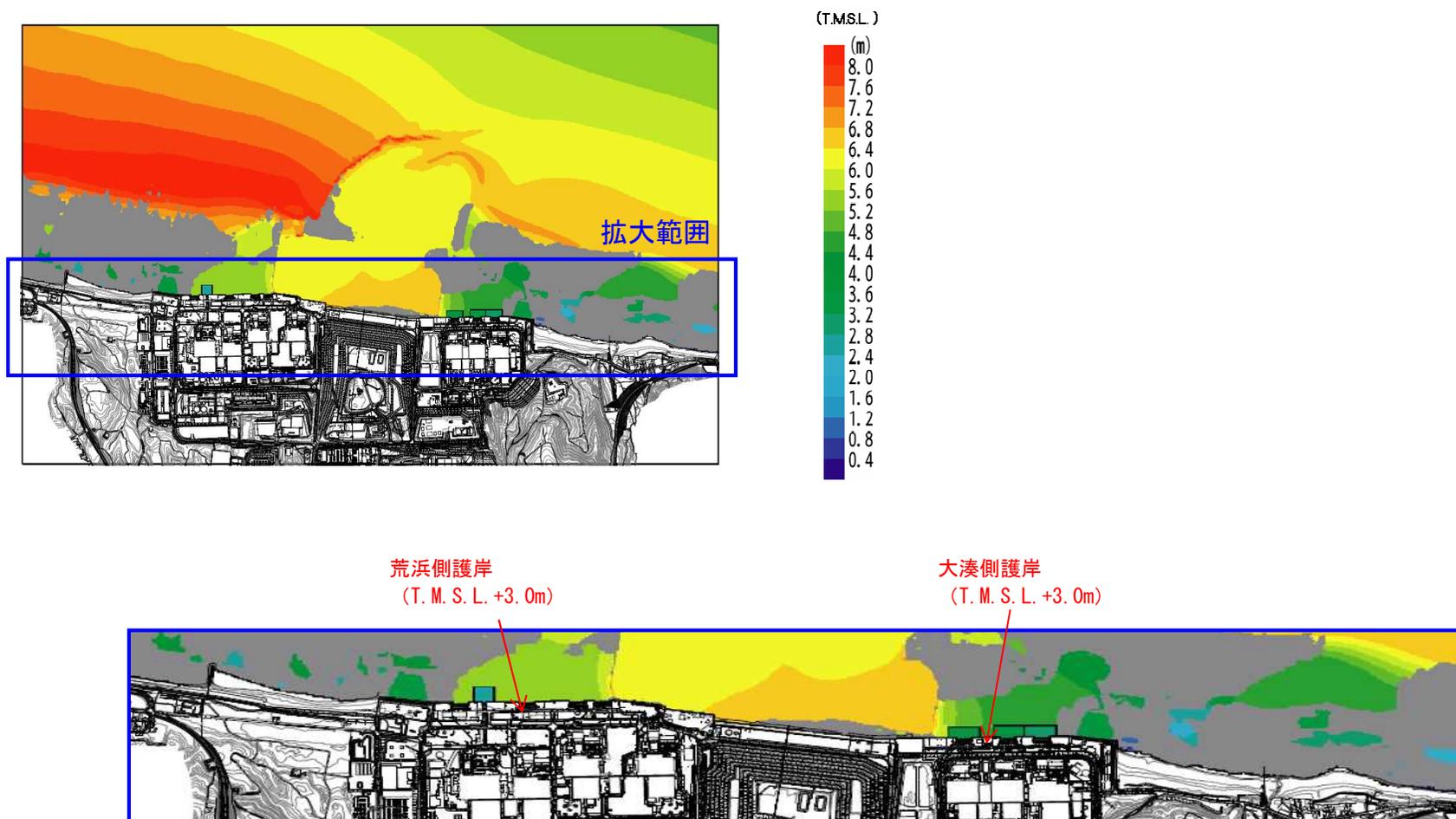
添付第 2-15 図 (1) 基準津波 1 における遡上波による最高水位分布 (防波堤あり : 現地形)



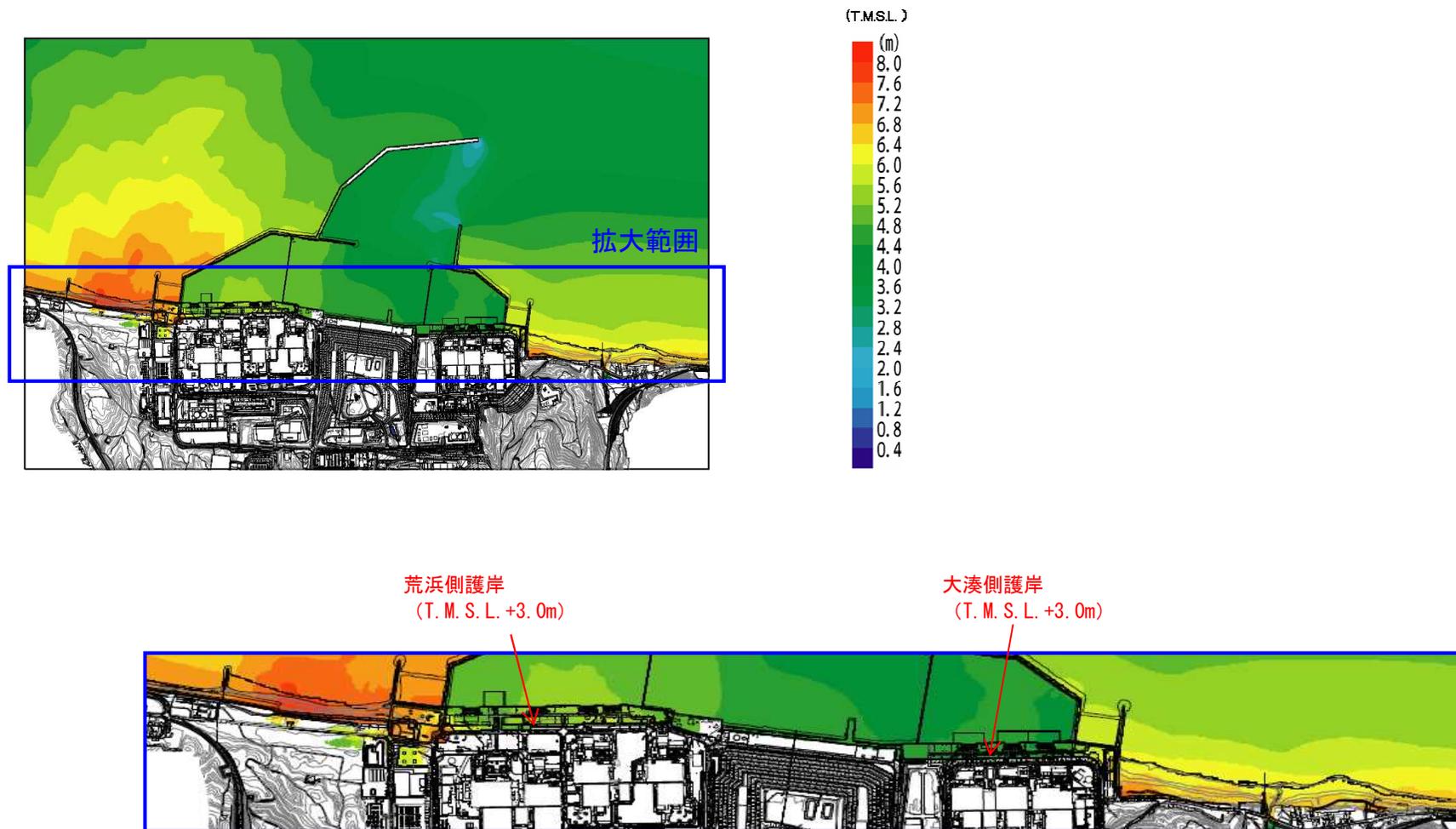
添付第 2-15 図 (2) 基準津波 1 における遡上波による最高水位分布 (防波堤なし：現地形)



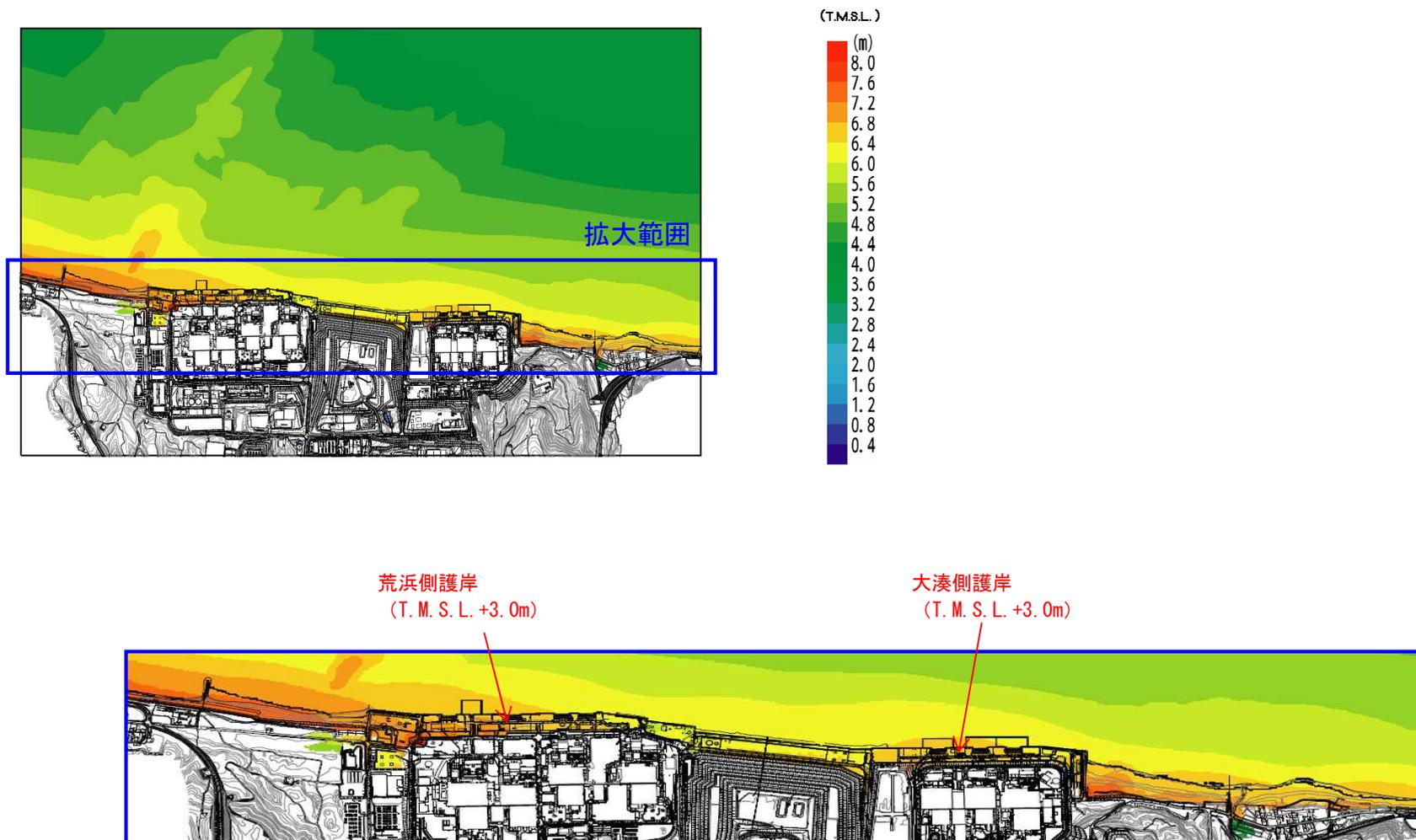
添付第 2-15 図 (3) 基準津波 2 における遡上波による最高水位分布 (防波堤あり：現地形)



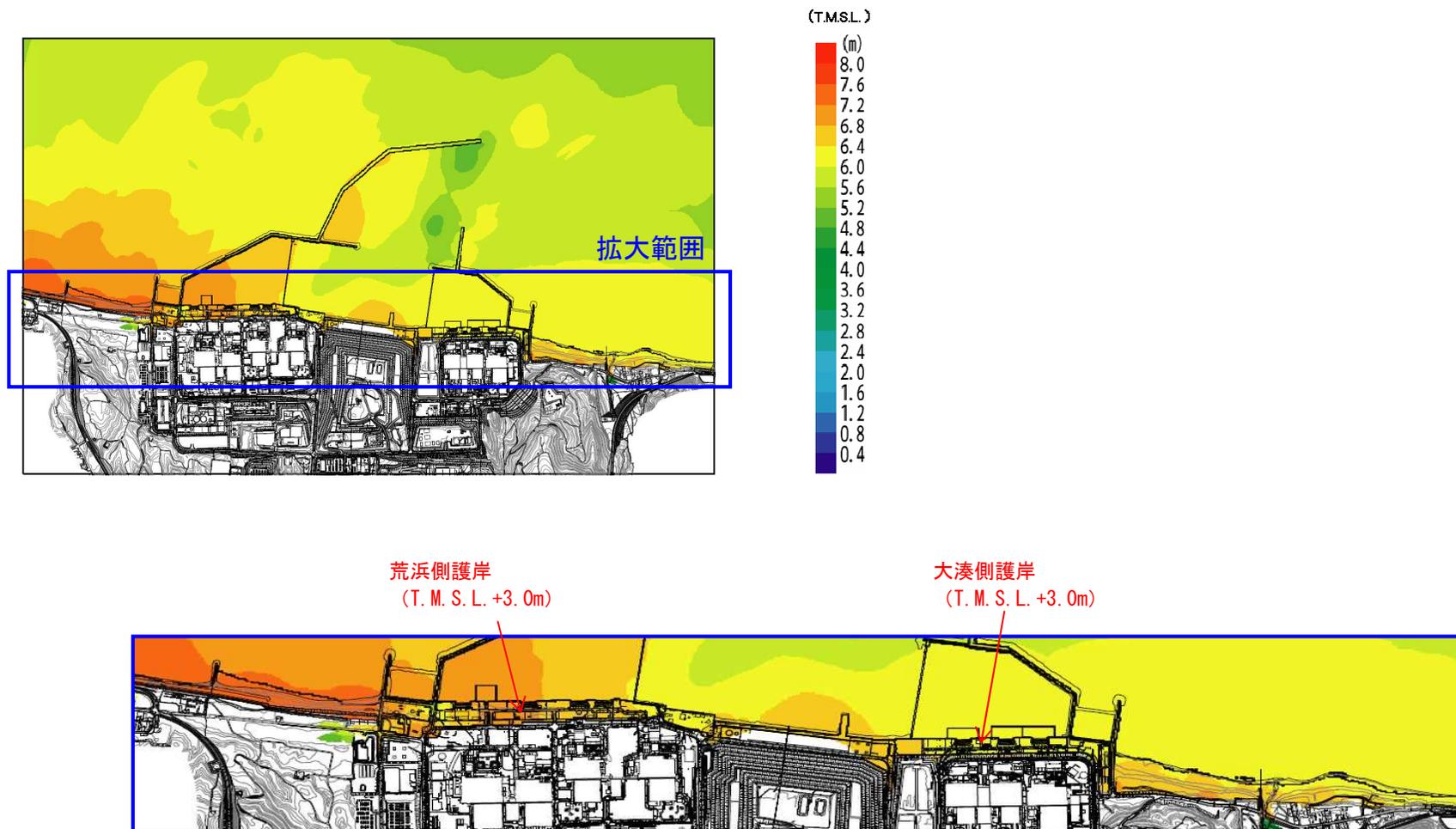
添付第 2-15 図 (4) 基準津波 2 における遡上波による最高水位分布 (防波堤なし：現地形)



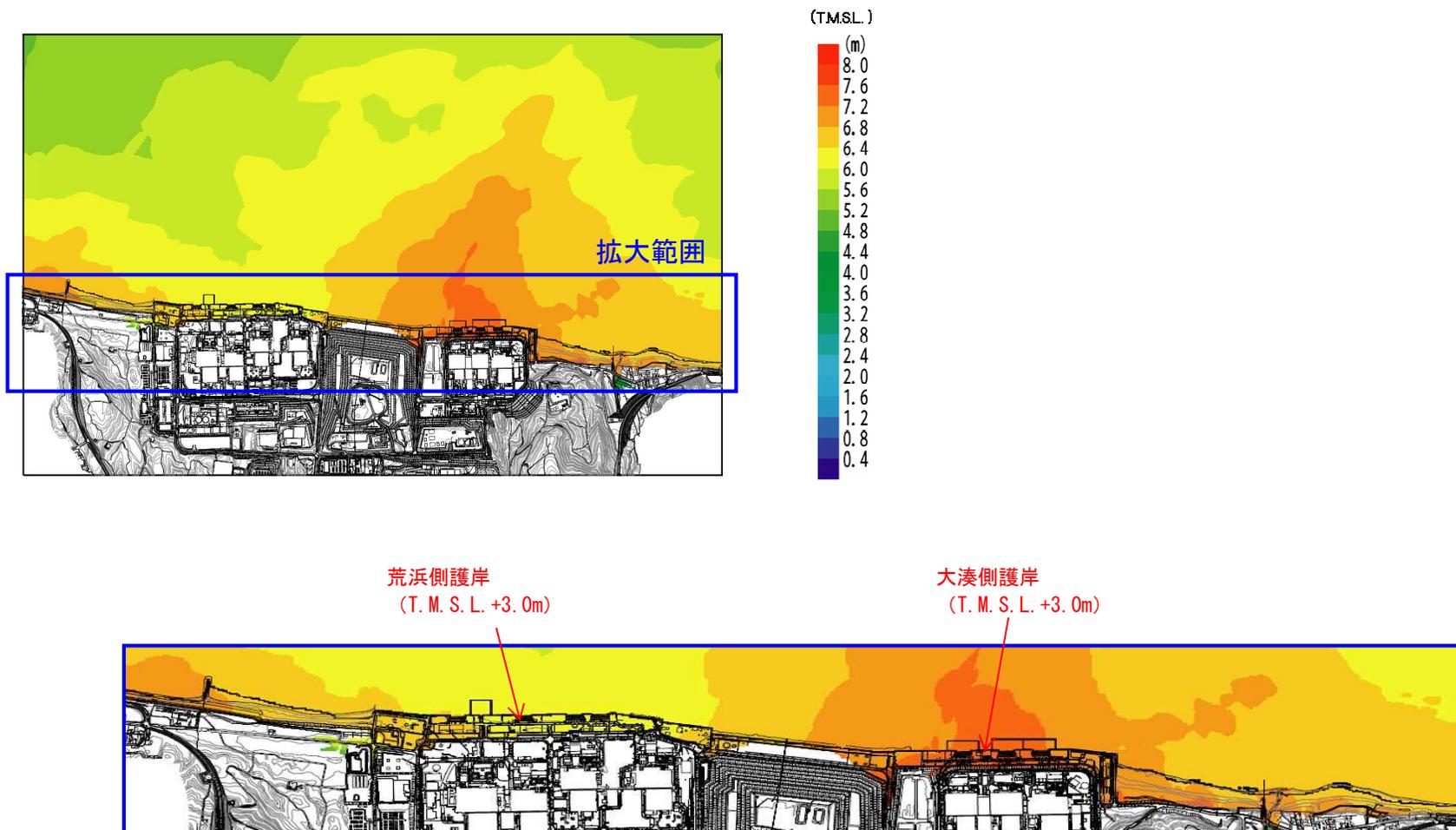
添付第 2-15 図 (5) 基準津波 3 における遡上波による最高水位分布 (防波堤あり : 現地形)



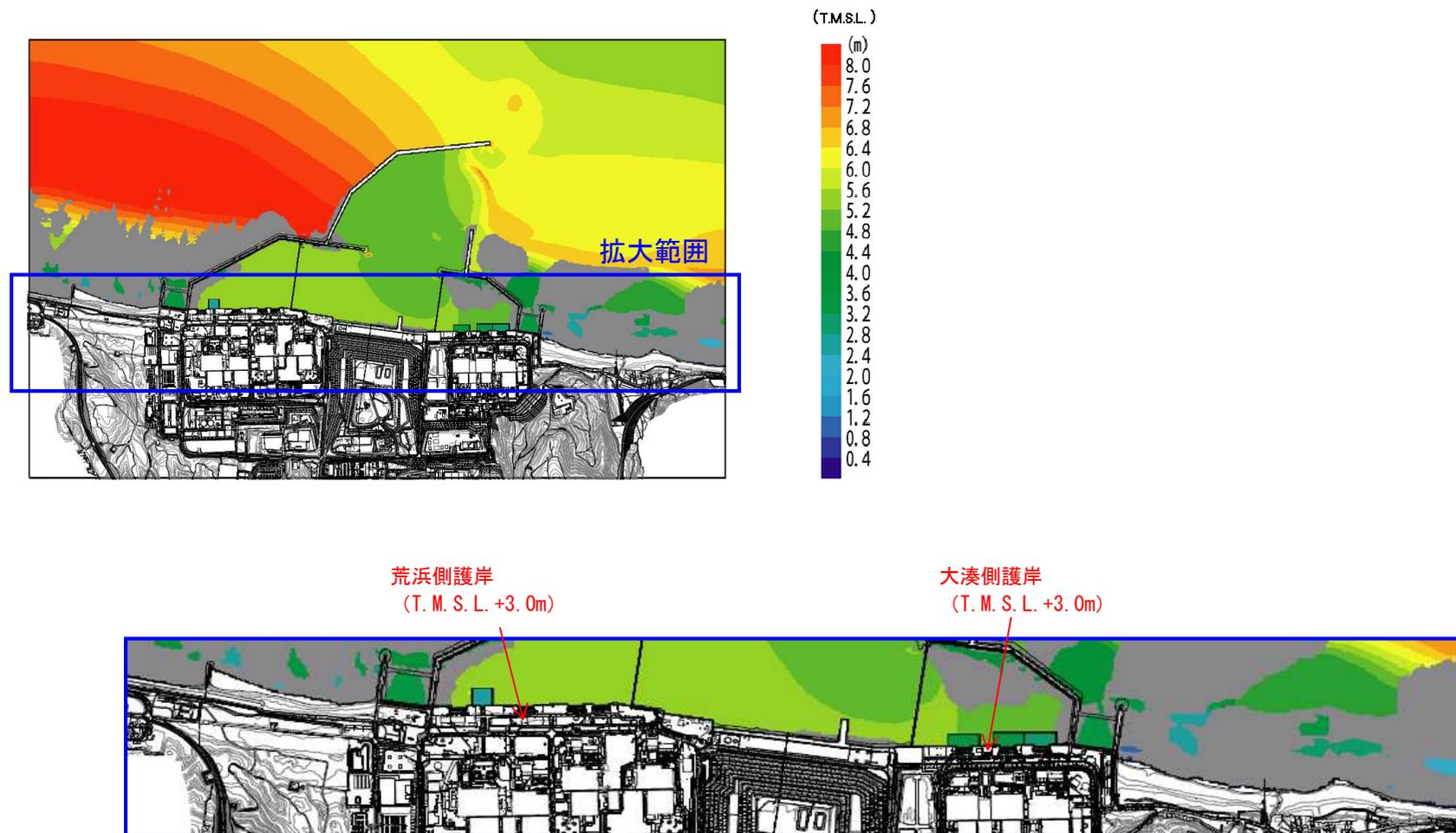
添付第 2-15 図 (6) 基準津波 3 における遡上波による最高水位分布 (防波堤なし : 現地形)



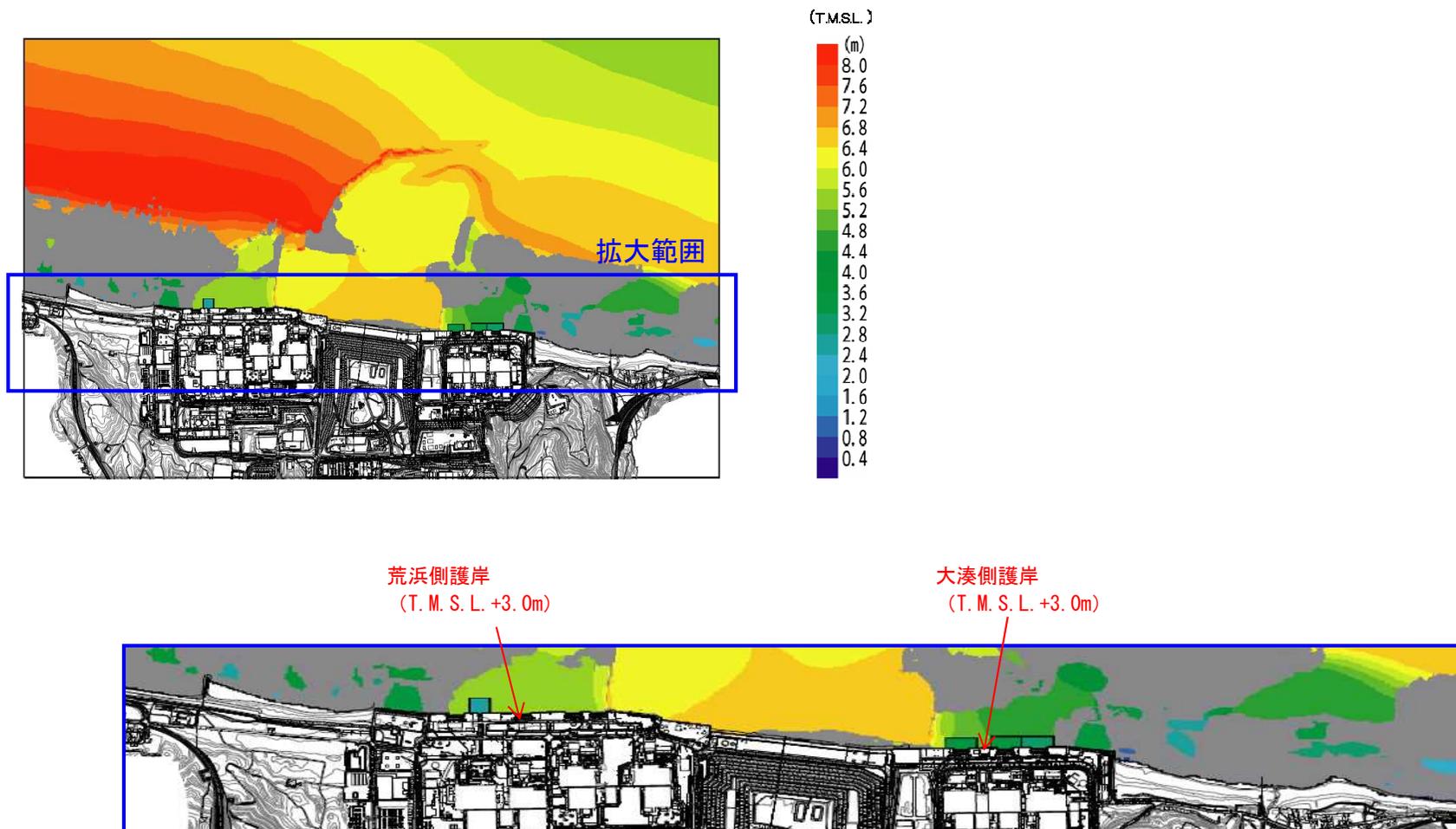
添付第 2-15 図 (7) 基準津波 1 における遡上波による最高水位分布 (防波堤あり : 現地形更新後)



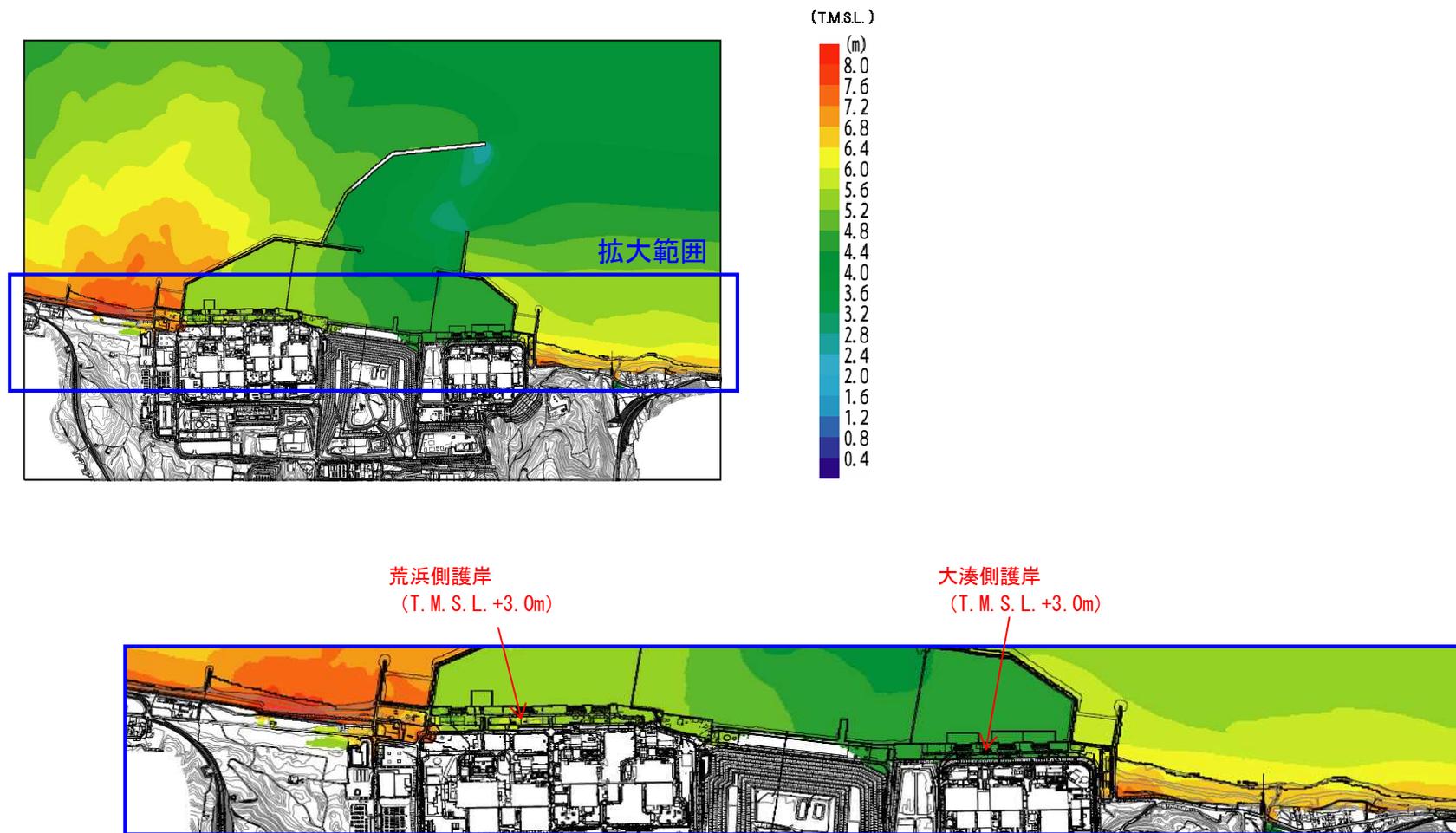
添付第 2-15 図 (8) 基準津波 1 における遡上波による最高水位分布 (防波堤なし：現地形更新後)



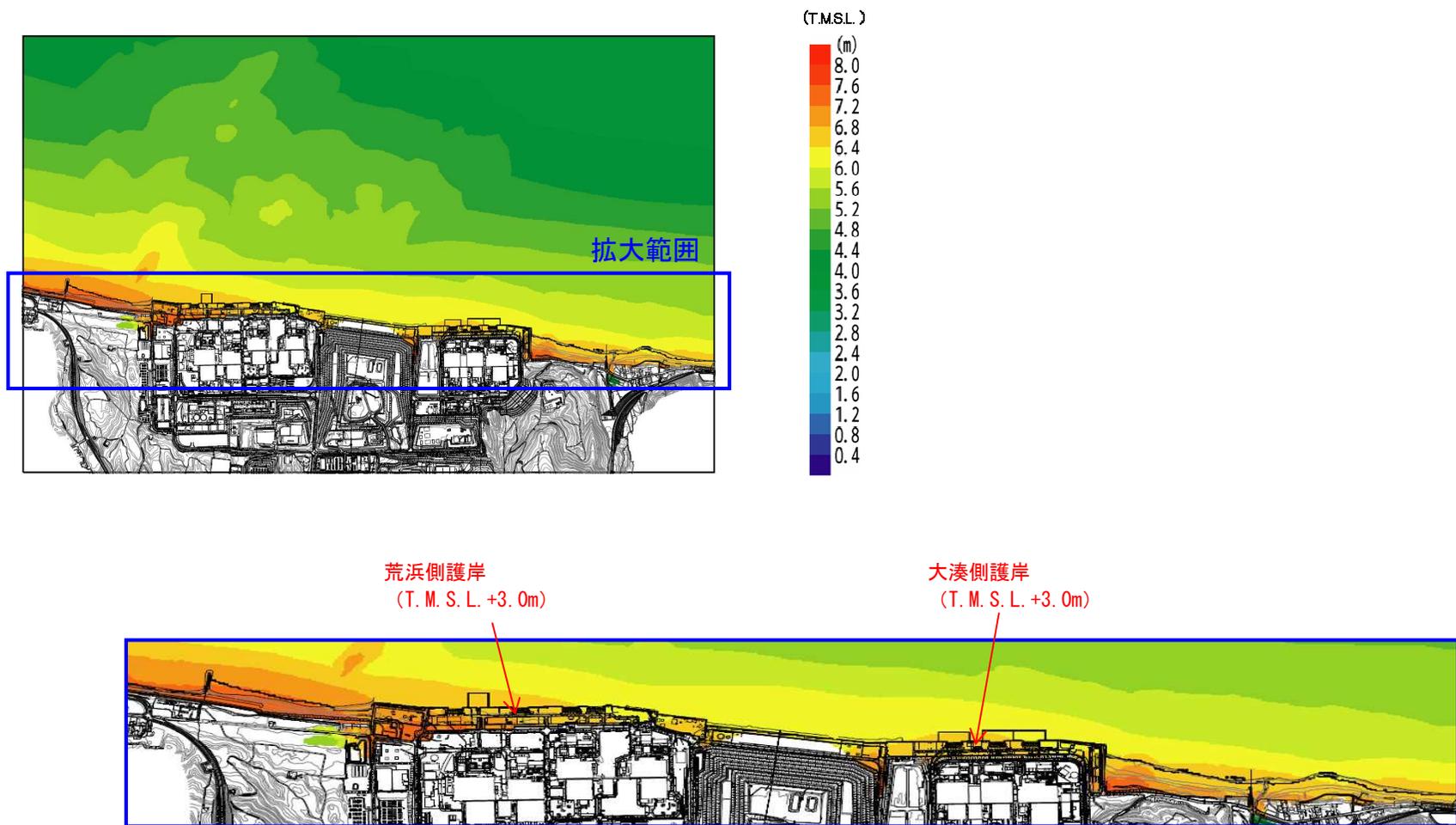
添付第 2-15 図 (9) 基準津波 2 における遡上波による最高水位分布 (防波堤あり : 現地形更新後)



添付第 2-15 図 (10) 基準津波 2 における遡上波による最高水位分布 (防波堤なし：現地形更新後)



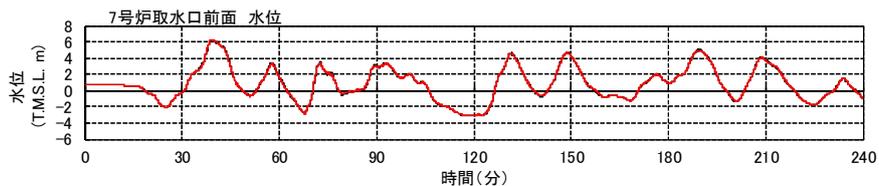
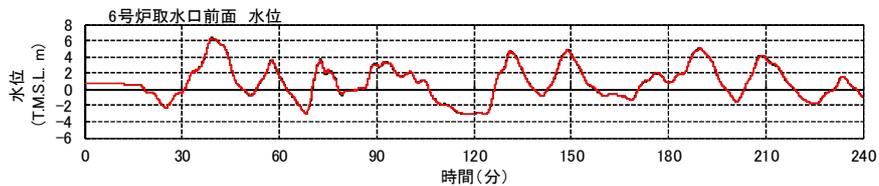
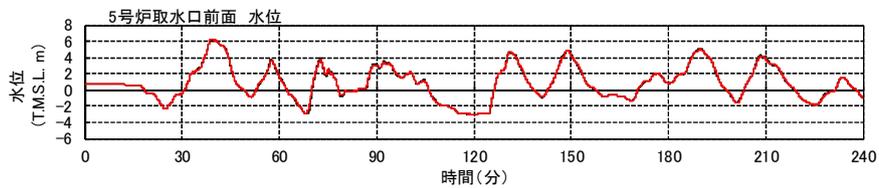
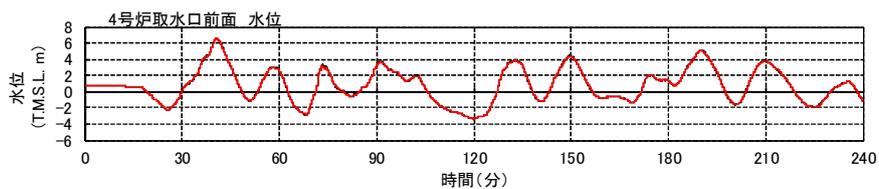
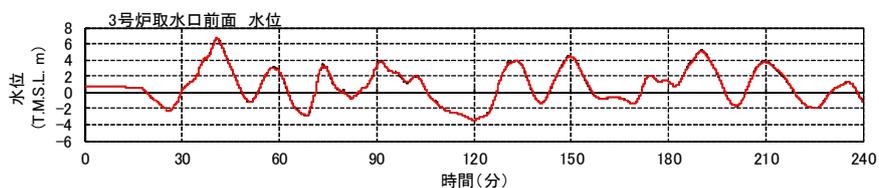
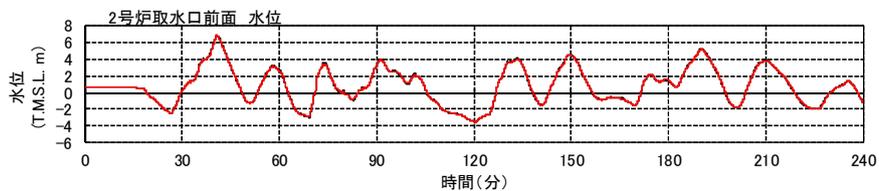
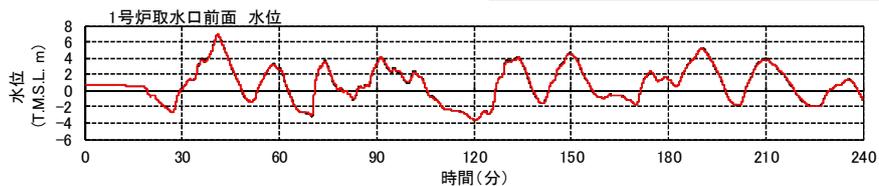
添付第 2-15 図 (1 1) 基準津波 3 における遡上波による最高水位分布 (防波堤あり : 現地形更新後)



添付第 2-15 図 (1 2) 基準津波 3 における遡上波による最高水位分布 (防波堤なし：現地形更新後)

—：現地形

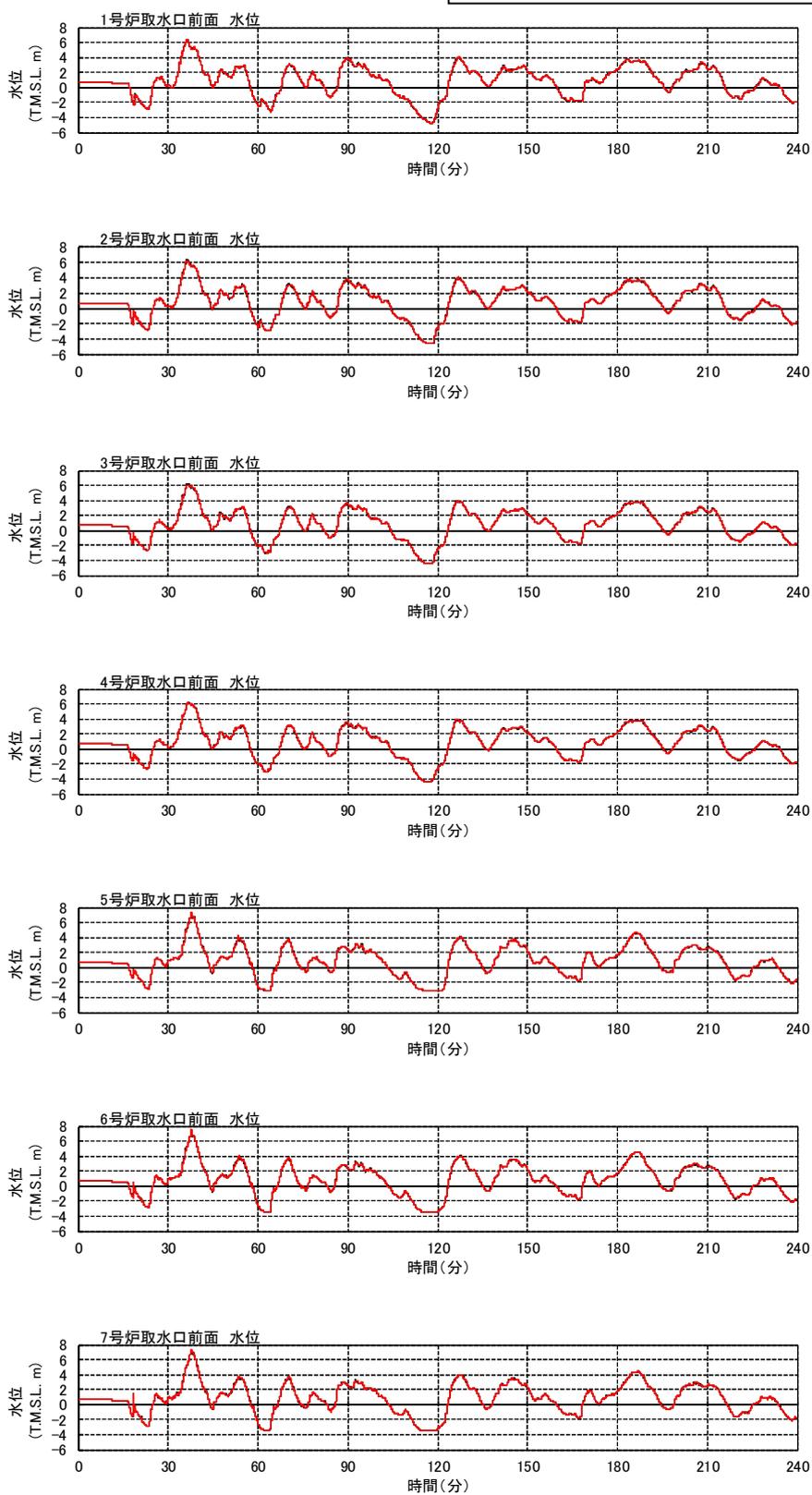
—：護岸沈下，土捨場崩壊（2H）



添付第 2-16 図 (1) 水位時刻歴 (水位上昇側・日本海東縁部，防波堤あり)

—：現地形

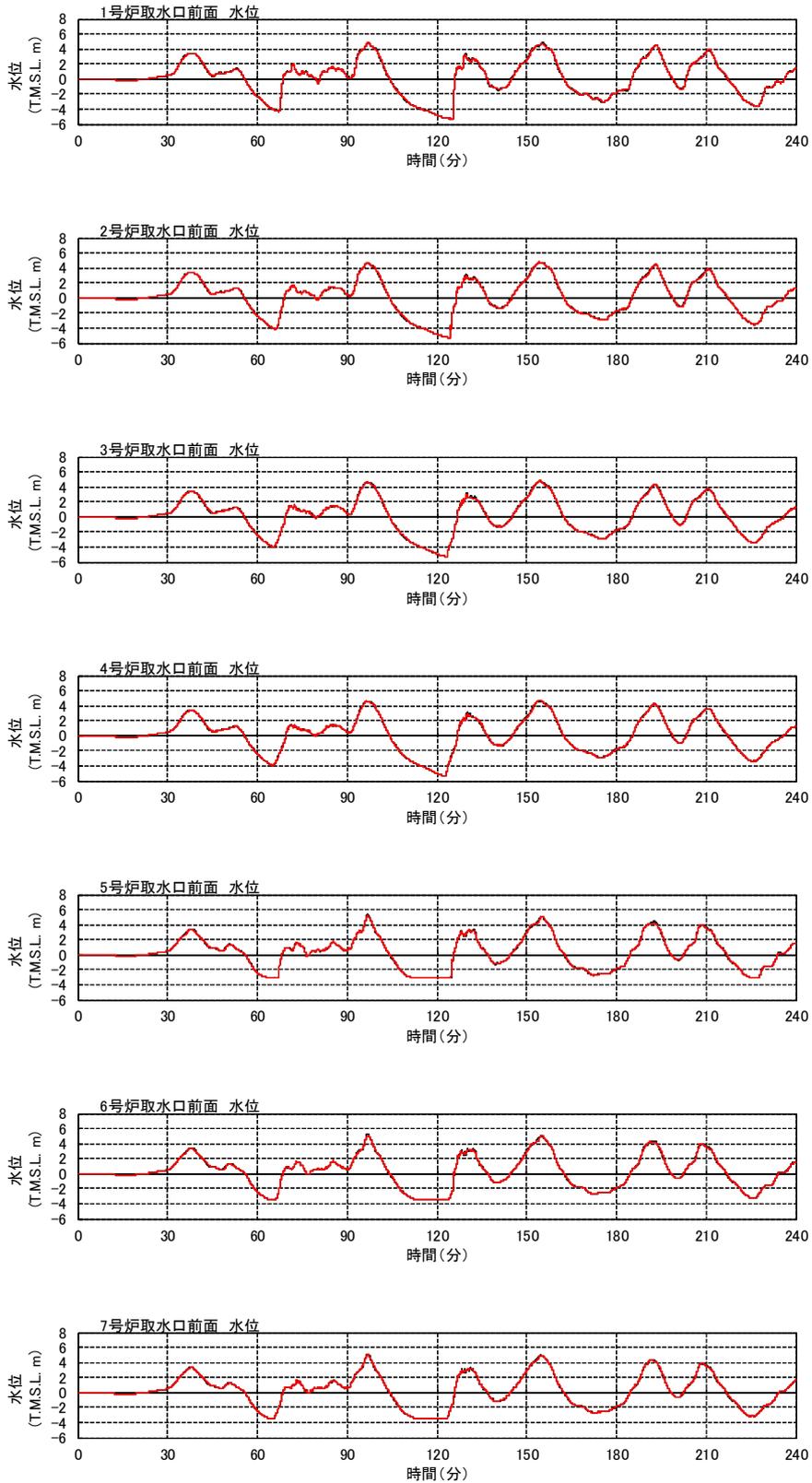
—：護岸沈下，土捨場崩壊（2H）



添付第 2-16 図 (2) 水位時刻歴 (水位上昇側・日本海東縁部，防波堤なし)

—：現地形

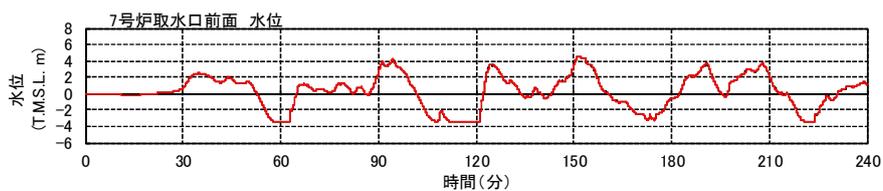
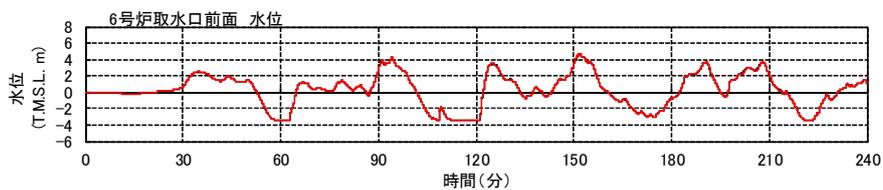
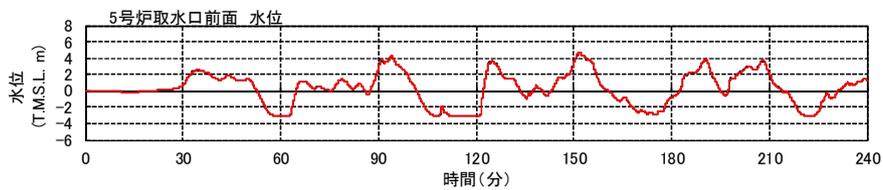
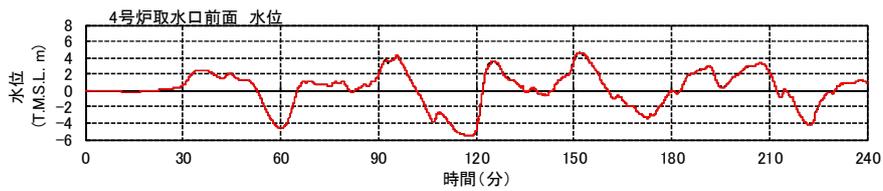
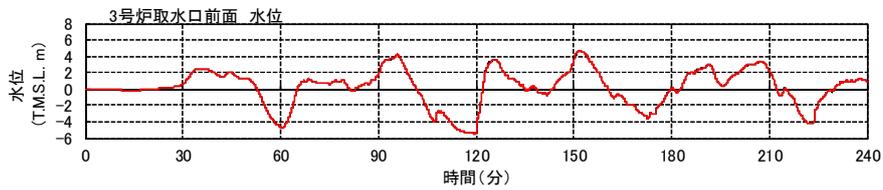
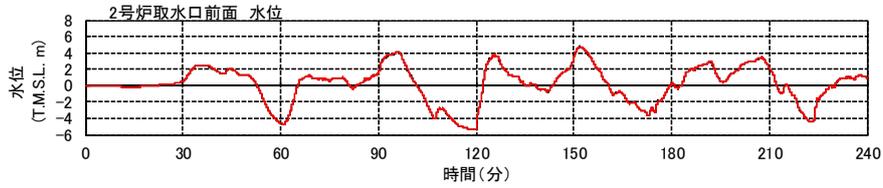
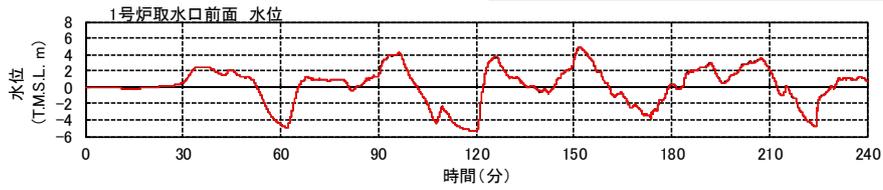
—：護岸沈下，土捨場崩壊（2H）



添付第 2-16 図 (2) 水位時刻歴 (水位下降側・日本海東縁部，防波堤あり)

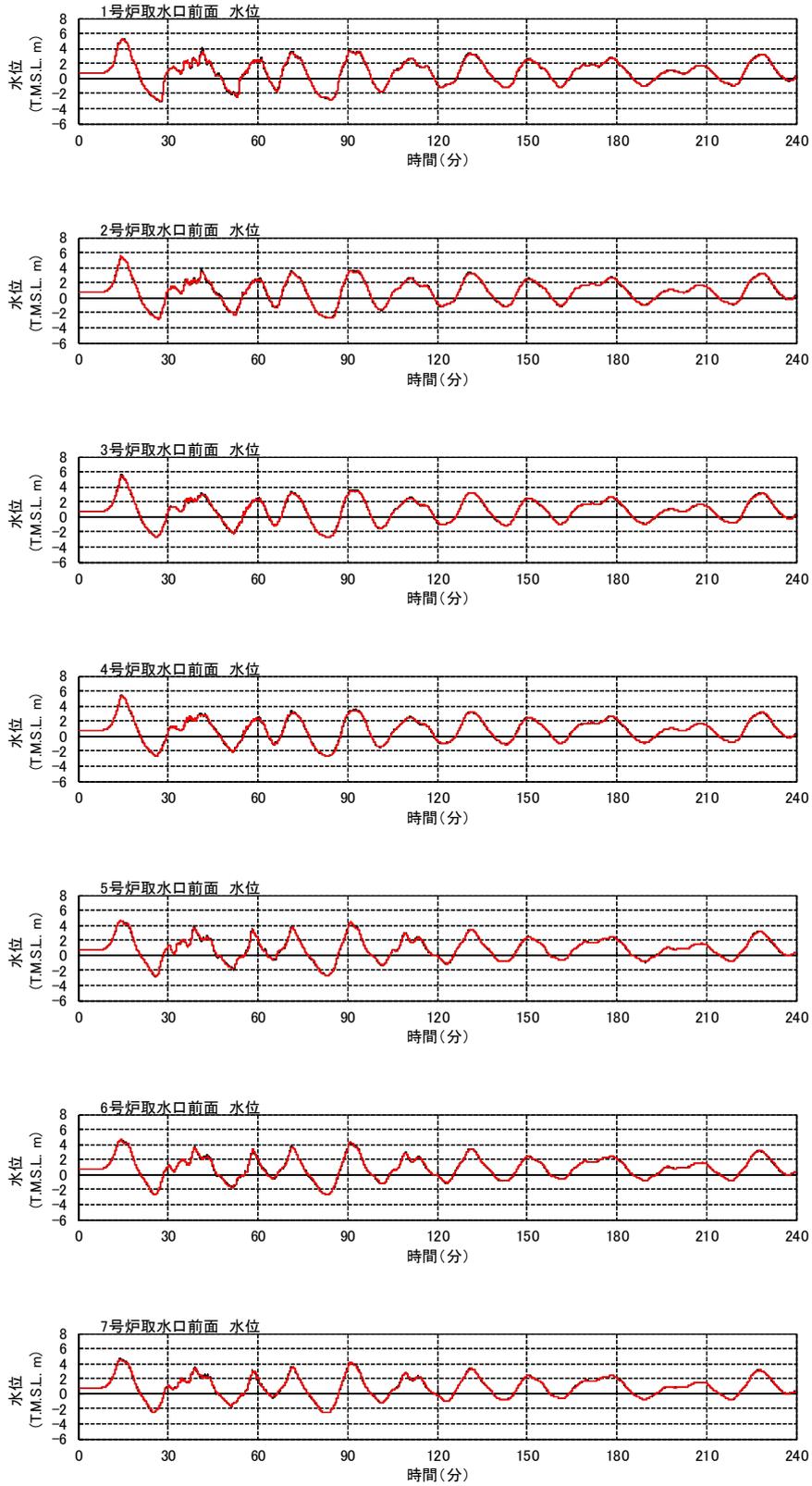
—：現地形

—：護岸沈下，土捨場崩壊（2H）



添付第 2-16 図 (3) 水位時刻歴 (水位下降側・日本海東縁部，防波堤なし)

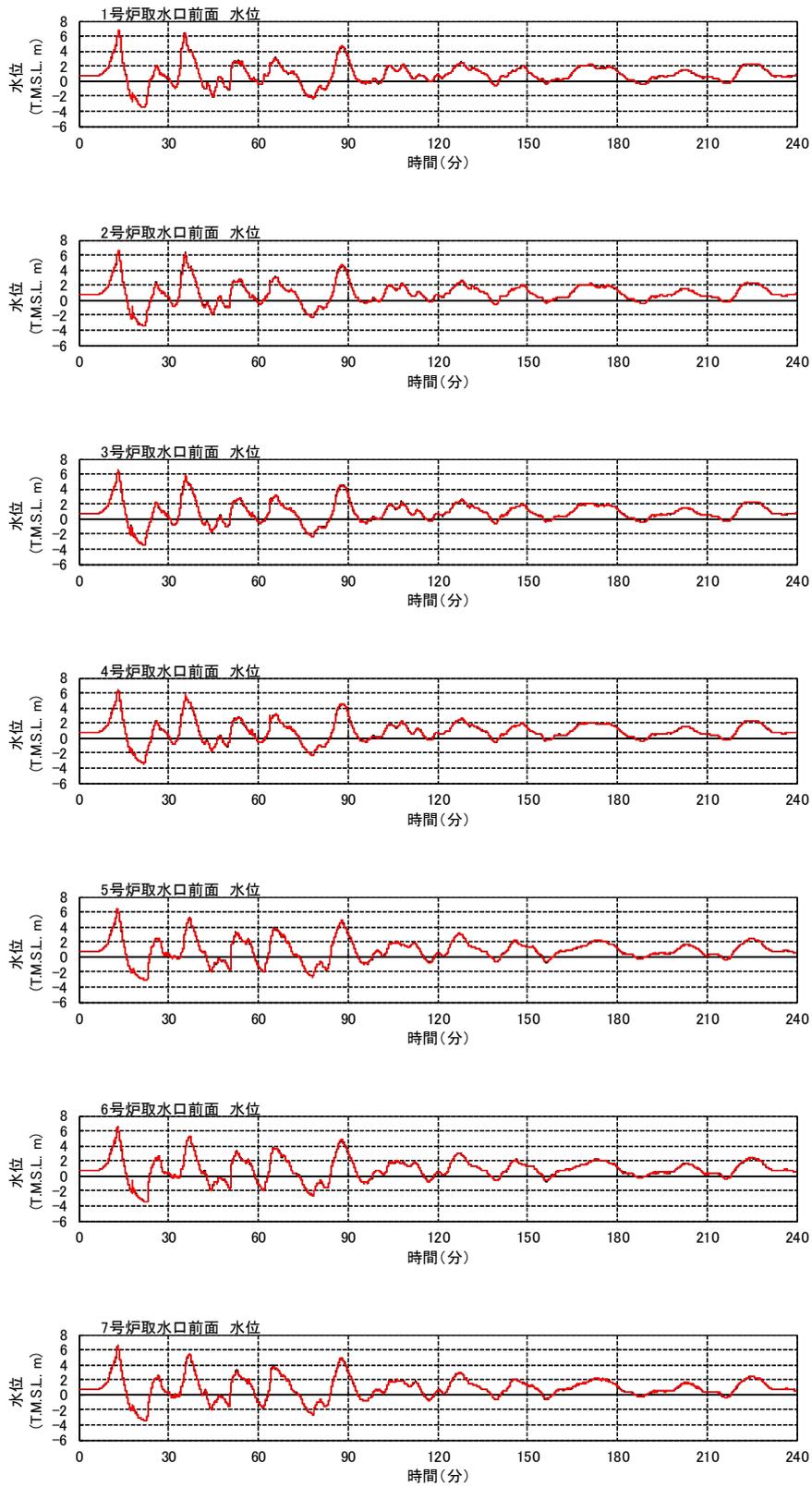
—：現地形
 —：護岸沈下，土捨場崩壊（2H）



添付第 2-16 図 (4) 水位時刻歴 (水位上昇側・海域の活断層，防波堤あり)

—：現地形

—：護岸沈下，土捨場崩壊（2H）



添付第 2-16 図 (5) 水位時刻歴 (水位上昇側・海域の活断層，防波堤なし)

添付資料 10

燃料等輸送船の喫水と津波高さの
関係について

1. はじめに

燃料等輸送船は、津波警報等発令時、原則、緊急退避するが、津波の襲来までに時間的な余裕がなく緊急退避が困難な場合について、燃料等輸送船の喫水と津波高さとの関係に基づき、寄せ波に対して岸壁に乗り上げるのではないこと、引き波に対して座礁、転覆するおそれのないことを確認する。また、緊急退避が可能であった場合についても、退避中に引き波により、座礁、転覆するおそれのないことを確認する。

2. 確認条件

燃料等輸送船は、津波警報等発令時、原則、緊急退避する。輸送行程（「物揚場岸壁への接岸」～「荷役」～「物揚場岸壁からの離岸」）において、輸送船と輸送物の干渉がない「荷役」以外の行程においては、津波警報等の発令から数分程度で緊急退避が可能であるが、輸送船と輸送物が干渉し得る「荷役」行程では、緊急退避に15～30分程度を要する場合がある。

柏崎刈羽原子力発電所で襲来が想定される津波の到達時間と緊急退避に要する時間との関係を示すと添付第10-1図のとおりとなる。

これを踏まえ、以下の3ケースを確認ケースとする。なお、添付第10-1図より、40分程度の時間があれば緊急退避が十分可能であることから、確認の範囲は津波警報等の発令後、40分の期間とした。

ケース1：寄せ波による岸壁への乗り上げ評価

緊急退避ができず、基準津波3の寄せ波第一波（※）を受ける

※最高水位 T.M.S.L. + 4.25m（発生時刻：地震後約15分）

ケース2：引き波による座礁、転覆評価（緊急退避不能時）

緊急退避ができず、基準津波3の引き波第一波（※）を受ける

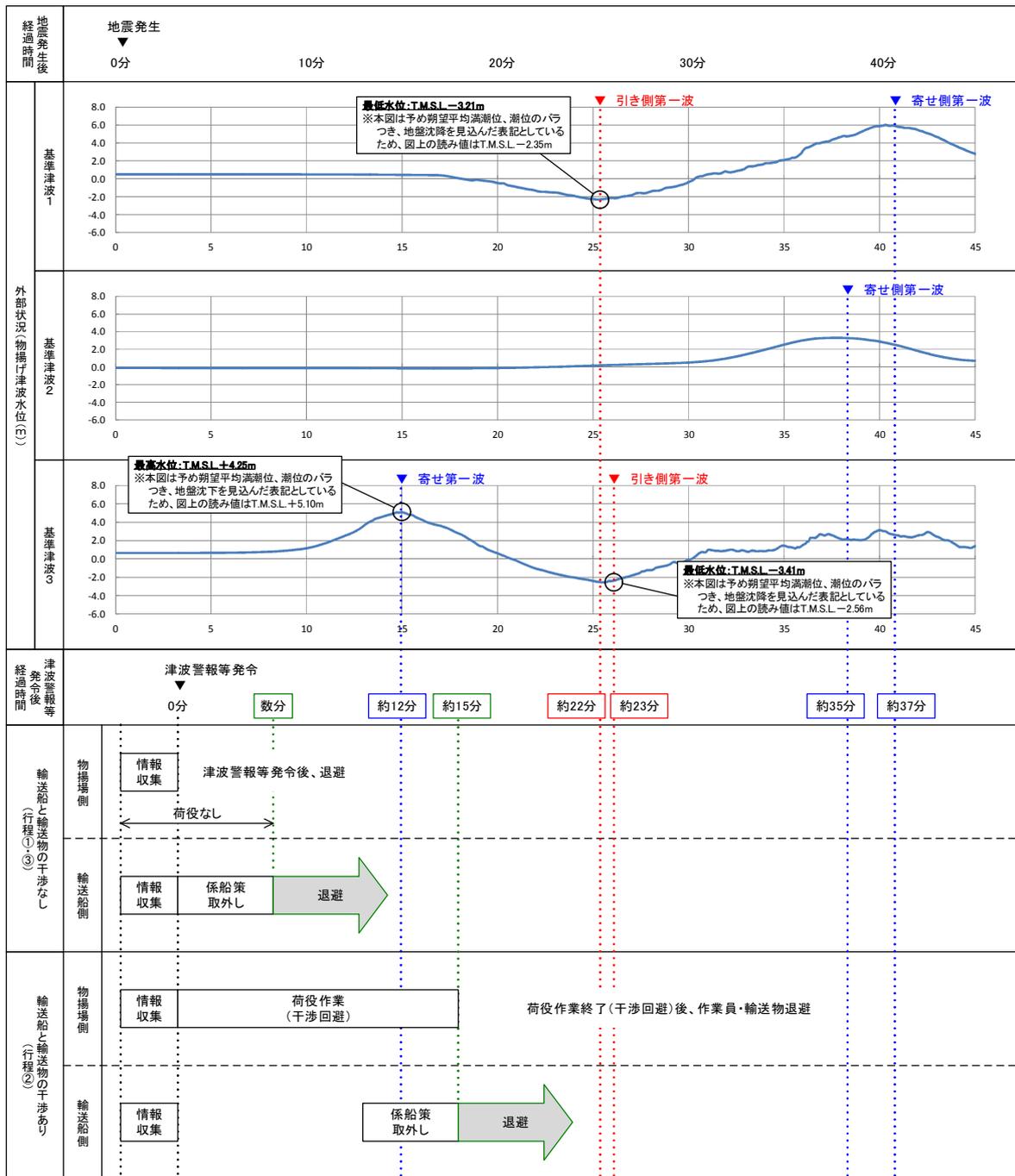
※最低水位 T.M.S.L. - 3.41m（発生時刻：地震後約26分）

※基準津波1の引き波第一波は本ケースに包含される

ケース3：引き波による座礁、転覆評価（退避中）

緊急退避中に、基準津波3の引き波第一波（※）を受ける

※ケース2と同条件



※津波警報等発令後経過時間は、地震発生の3分後(気象庁HPIに記載の発表目標時間)に津波警報等が発令するものとして記載
 ※津波の到達時間は、引き側及び押し側ともピークの到達時間を記載
 ※本図の津波水位は、基準津波1、3では予め朔望平均満潮位(T.M.S.L.+0.49m)、潮位のバラつき(上昇側0.16m)、地盤沈下量(0.21m、0.20m)を、基準津波2では朔望平均干潮位(T.M.S.L.+0.03m)、潮位のバラつき(下降側0.15m)を見込んだ表記としている

添付第 10-1 図 津波の到達と燃料等輸送船の緊急退避に要する時間

3. 確認結果

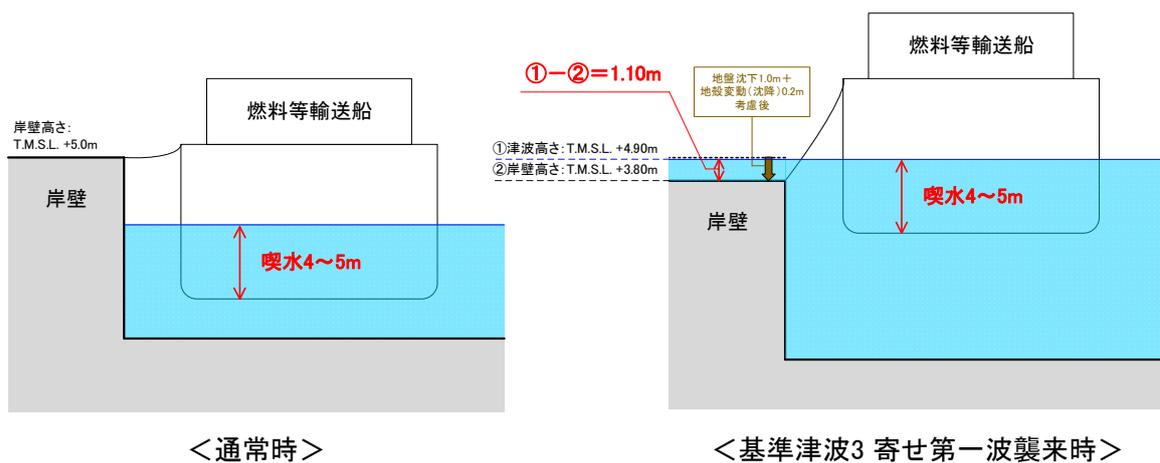
(1) ケース 1：寄せ波による岸壁への乗り上げ評価

寄せ波による津波高さと喫水の関係を添付第 10-2 図に示す。

これより，燃料等輸送船は岸壁に乗り上げることはないことを確認した。

① 津波高さ	
・ 寄せ波水位	T.M.S.L. + 4.25m
・ 朔望平均満潮位	T.M.S.L. + 0.49m
・ 潮位のばらつき	+ 0.16m
(計)	T.M.S.L. + 4.90m
② 津波襲来時岸壁高さ	
・ 岸壁高さ (通常時)	T.M.S.L. + 5.00m
・ 地殻変動量 (沈降)	- 0.20m
・ 地盤沈下量	- 1.00m
(計)	T.M.S.L. + 3.80m

① - ② = 1.10m
< 喫水 (4~5m) >



(備考)

- 津波の原因となる地震による地殻変動 (0.20m 沈降) を考慮した。
- 地盤変状について，基準地震動による地盤沈下を保守的に評価した値 (-1.0m) を考慮しても，燃料等輸送船は物揚場岸壁に乗り上げることはない。
- なお，燃料等輸送船の喫水は，積荷，バラスト水等で変動するが，積荷なしでも過去の実績よりおよそ 4m 以上である。

添付第 10-2 図 寄せ波による津波高さと喫水の関係

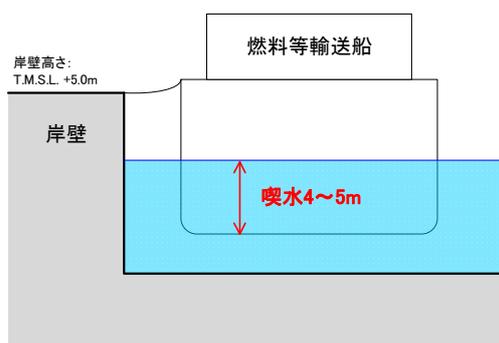
(2) ケース 2：引き波による座礁，転覆評価（緊急退避不能時）

引き波による津波高さと喫水の関係を添付第 10-3 図に示す。

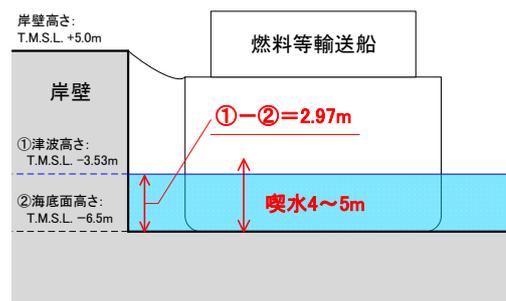
これより，燃料等輸送船は引き波のピークの際には一時的に着底し得ることが示されるが，この場合も，以下の理由より座礁，転覆することはない（漂流物とならない）。

- 一時的な着底があったとしても，十分な固縛力（係留力）をもって係留されていることから，漂流することなく，また，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，漂流物とならない。
- 引き波時には岸壁と輸送船の間のわずかな海水が流れはじめるが，港湾内に位置する物揚場には他からの海水の流入がないことから流れはすぐに治まり，輸送船は転覆することなく一時的に着底した状態で留まる。

①津波高さ	・引き波水位	T.M.S.L. - 3.41m	⇒	① - ② = 2.97m < 喫水 (4~5m) >
	・朔望平均干潮位	T.M.S.L. + 0.03m		
	・潮位のばらつき	- 0.15m		
	(計)	T.M.S.L. - 3.53m		
②海底面高さ		T.M.S.L. - 6.50m		



<通常時>



<基準津波3 引き第一波襲来時>

(備考)
○津波の原因となる地震による地殻変動，地盤変状は，海底との距離が大きくなる方向に寄与するため，保守的に考慮していない。

添付第 10-3 図 引き波による津波高さと喫水の関係

(3) ケース 3：引き波による座礁，転覆評価（退避中）

柏崎刈羽原子力発電所の港湾内の海底面高さは，港湾内ではほぼ一定であるため，本ケースにおける引き波高さと喫水との関係はケース 2 における添付第 10-3 図と同等である。

したがって，図より燃料等輸送船は，退避中，引き波のピークの際には一時的に着底し得ることが示されるが，引き波時には比較的ゆっくりと海水面の変動が起こっており，海水面の傾斜は緩やかであることから，前述の船体強度も考慮すると，離岸後の輸送船は，座礁，転覆することなく，退避可能（漂流物とならない）と判断できる。

4. 結論

朔望平均満潮位・干潮位等の保守的な条件を考慮した場合でも，燃料等輸送船は，津波高さと喫水高さの関係から寄せ波により物揚場岸壁に乗り上げることはなく，また，緊急退避ができない場合，及び退避中に引き波により一時的に着底したとしても，座礁，転覆しない（漂流物とならない）ことを確認した。

添付資料 11

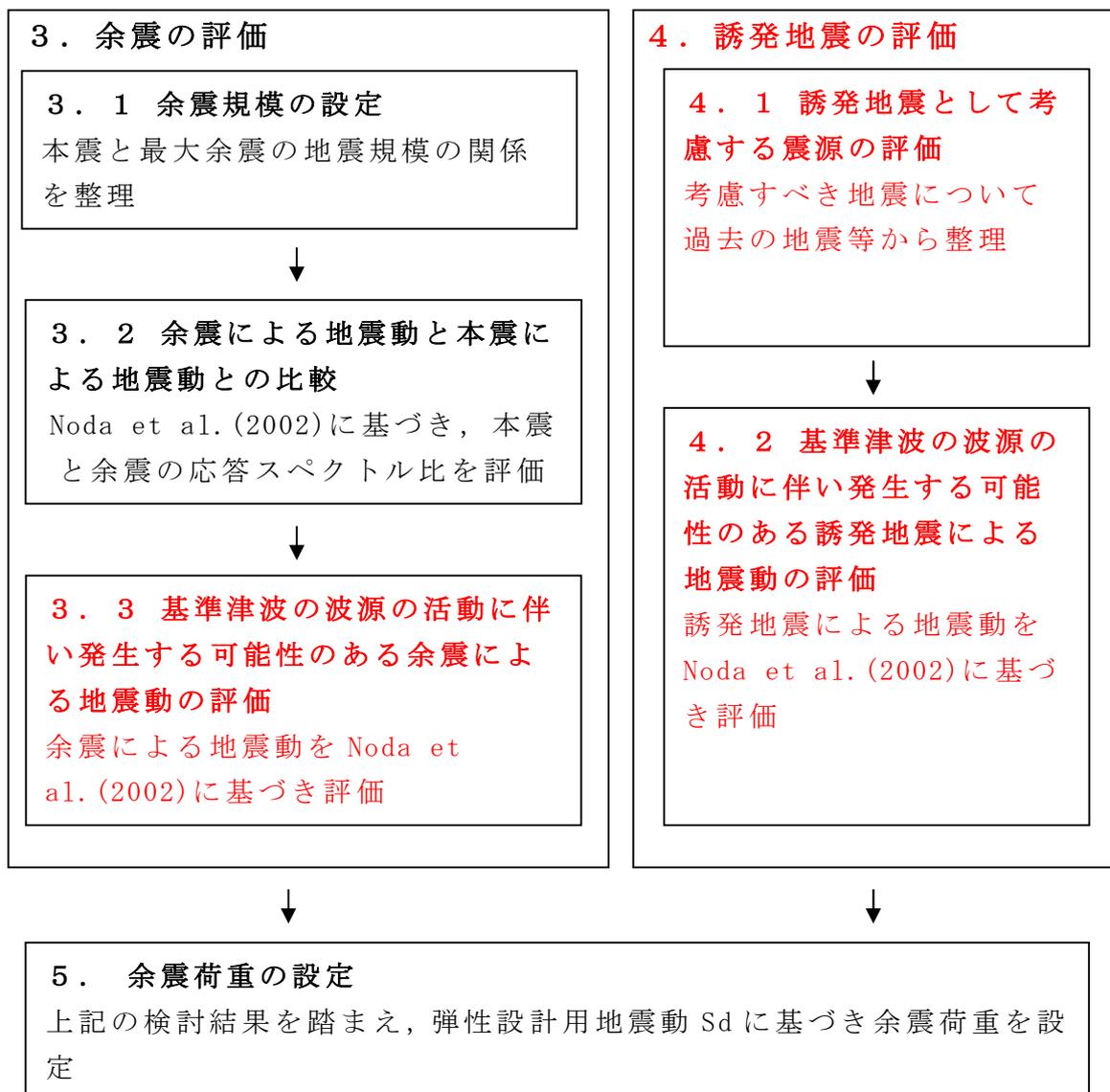
耐津波設計における津波荷重と余震荷重の
組み合わせについて

1. 規制基準における要求事項等

- ・サイトの地学的背景を踏まえ、余震の発生の可能性を検討すること。
- ・余震発生の可能性に応じて入力津波による荷重と余震による荷重との組み合わせを考慮すること。

2. 検討方針

余震による荷重については、本震発生後の余震及び誘発地震を検討し、耐津波設計において津波荷重と組み合わせる適切な余震荷重を設定する。なお、本検討においては、本震の震源域において発生する地震を余震とし、本震の震源域の外で発生する地震を誘発地震として整理した。検討は以下の流れで実施した。



3. 余震の評価

3. 1 余震規模の設定

余震の規模は、過去の地震データにおける本震規模と最大余震の規模の関係を整理することにより想定する。検討対象とした地震は、津波荷重と組み合わせる余震荷重を評価するという観点から、地震調査研究推進本部の地震データによる本震のマグニチュード M7.0 以上とし、且つ、基準津波の波源の活動に伴い発生する津波の最大水位変化を生起する時間帯は、最大でも地震発生から約 4 時間であることを考慮し、本震と最大余震との時間間隔が 12 時間以内の地震とした。添付第 11-1 表に、対象とした地震の諸元を示す。同表中に、敷地が位置する日本海東縁部の地震の本震のマグニチュード M7.0 以上の地震の諸元を併せて示す。また、検討対象とした地震の震央分布を添付第 11-1 図に示す。地震調査研究推進本部の地震データについて、本震のマグニチュード M_0 と最大余震のマグニチュード M_1 の関係から本震と余震のマグニチュードの差 D_1 は、添付第 11-2 図の通り、 $D_1=M_0-M_1=1.4$ として評価できる。同図中に示す、日本海東縁部の地震の傾向は、地震調査研究推進本部の地震データにみられる関係と調和的である。余震の規模を想定する際は、データ数が少ないことから、保守的に標準偏差を考慮し $D_1=0.9$ として余震の規模を想定する。

3. 2 余震による地震動と本震による地震動との比較

本震と余震の応答スペクトルを Noda et al. (2002) により評価し、本震と余震との地震動レベルを確認する。添付第 11-3 図に M8.0 及び M7.0 の本震に対し、余震の規模を $D_1=0.9$ を用い評価し、Noda et al. (2002) の適用範囲の中で等価震源距離 X_{eq} を 25, 50, 75, 100km と設定し、スペクトル比を評価した結果を示す。なお、ここではスペクトル比を評価するため、内陸補正や観測記録による補正は実施していない。添付第 11-3 図によると、余震による地震動は本震による地震動に対しおよそ 0.3~0.4 倍程度となり、基準地震動 S_s と弾性設計用地震動 S_d との比 0.5 を下回ることが確認される。

3. 3 基準津波の波源の活動に伴い発生する可能性のある余震による地震動の評価

基準津波の波源の活動に伴い発生する可能性がある余震による地震動を評価する。柏崎刈羽原子力発電所における基準津波の波源は、添付第 11-4 図に示す「日本海東縁部 (2 領域モデル)」及び「海域の活断層 (5 断層連動モデル)」である。それぞれの波源について地震動を評価するにあたり、添付第 11-2 表及び添付第 11-5 図に示す震源モデルを設定し、上記の関係式に基づき余震規模を設定した上で、余震による応答スペクトルを

Noda et al. (2002) により評価した。なお、評価においては、海域で発生する地震に対しては荒浜側と大湊側で伝播特性が異なることから、添付第 11-6 図に示す観測記録に基づく補正係数をそれぞれ用いることで伝播特性を反映した。添付第 11-7 図に評価結果を示す。同図より、評価結果は、弾性設計用地震動 S_d を下回ることが確認される。

4. 誘発地震の評価

4.1 誘発地震として考慮する震源の評価

基準津波の波源の活動に伴い発生する可能性がある誘発地震として考慮する地震を選定する。

誘発地震の地震規模を評価するにあたり、添付第 11-1 表中に示す 2011 年東北地方太平洋沖地震 (M9.0) 及び敷地が位置する日本海東縁部の地震の本震のマグニチュード M7.0 以上の 3 地震を対象に、本震発生後 24 時間以内に発生した地震を検討した。添付第 11-8 図に示す通り、2011 年東北地方太平洋沖地震 (M9.0) の誘発地震は、2011 年長野県北部の地震 (M6.7) が本震発生から約 13 時間後の 3 月 12 日に発生している。また、日本海東縁部の地震については、余震を含めたとしても M6.5 未満の地震しか発生していない。

以上より、基準津波の継続時間のうち最大水位変化を生起する時間帯において M6.8 以上の誘発地震が発生するとは考えにくい。しかしながら、本震発生後に規模の小さな誘発地震が発生していることを踏まえ、保守的に、添付第 11-9 図に示す基準地震動の評価において検討用地震と選定されなかった規模の小さな孤立した短い活断層による地震を対象とする。

4.2 基準津波の波源の活動に伴い発生する可能性のある誘発地震の評価

基準津波の波源の活動に伴い発生する可能性がある誘発地震による地震動を評価する。評価においては、孤立した短い活断層による地震の規模を保守的に M6.8 として震源モデルを設定し、誘発地震による応答スペクトルを Noda et al. (2002) により評価した。添付第 11-3 表に諸元を、添付第 11-10 図に断層の分布図をそれぞれ示す。なお、評価においては、陸域で発生する地震に対しては荒浜側と大湊側で伝播特性が概ね等しいことから、添付第 11-10 図に示す補正係数を用い伝播特性を反映した。添付第 11-11 図に評価結果を示す。同図より、評価結果は、弾性設計用地震動 S_d を下回ることが確認される。

5. 余震荷重の設定

以上の検討結果から、弾性設計用地震動 S_d は余震及び誘発地震による地震動を上回ることが確認された。弾性設計用地震動 S_d の内、 S_d-1 は全

での周期帯において、余震及び誘発地震による地震動を十分に上回ることから、保守的に Sd-1 による荷重を津波荷重に組み合わせる余震荷重として設定する。

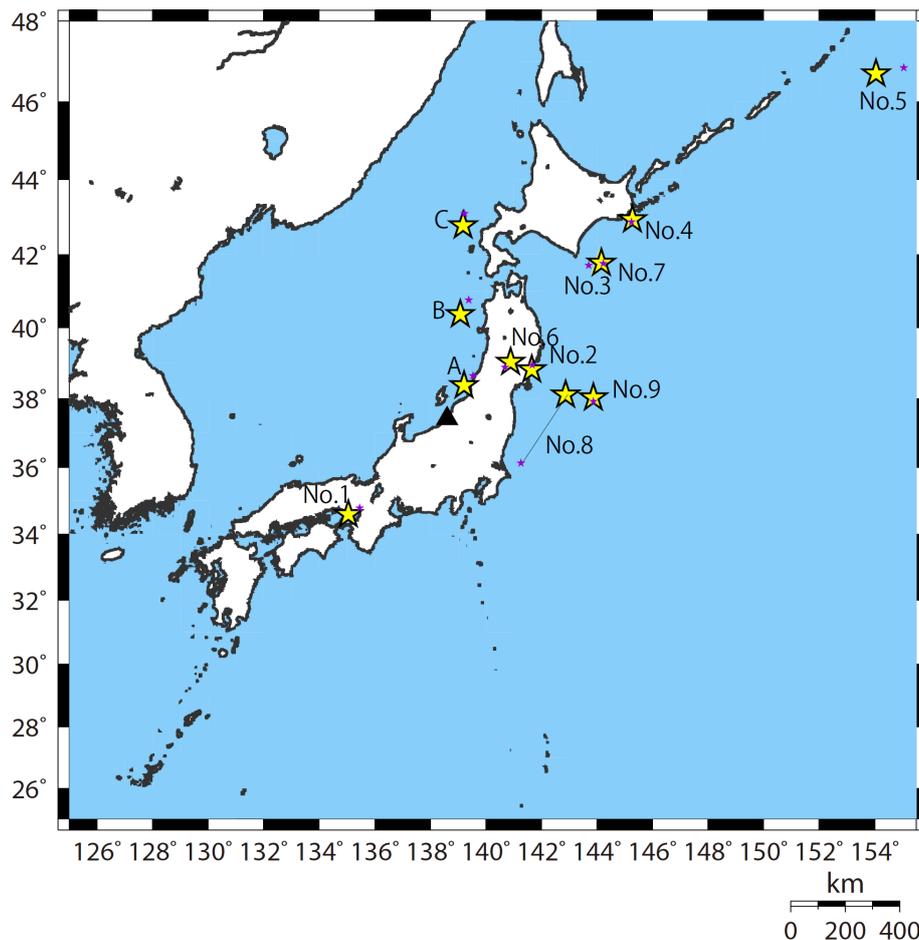
【参考文献】

Noda, S., K. Yashiro, K. Takahashi, M. Takemura, S. Ohno, M. Tohdo, and T. Watanabe (2002) : RESPONSE SPECTRA FOR DESIGN PURPOSE OF STIFF STRUCTURES ON ROCK SITES, OECD-NEA Workshop on the Relations between Seismological DATA and Seismic Engineering, Oct.16-18, Istanbul
大竹政和，平朝彦，太田陽子 編（2002）：日本海東縁の活断層と地震テクトニクス，東京大学出版会

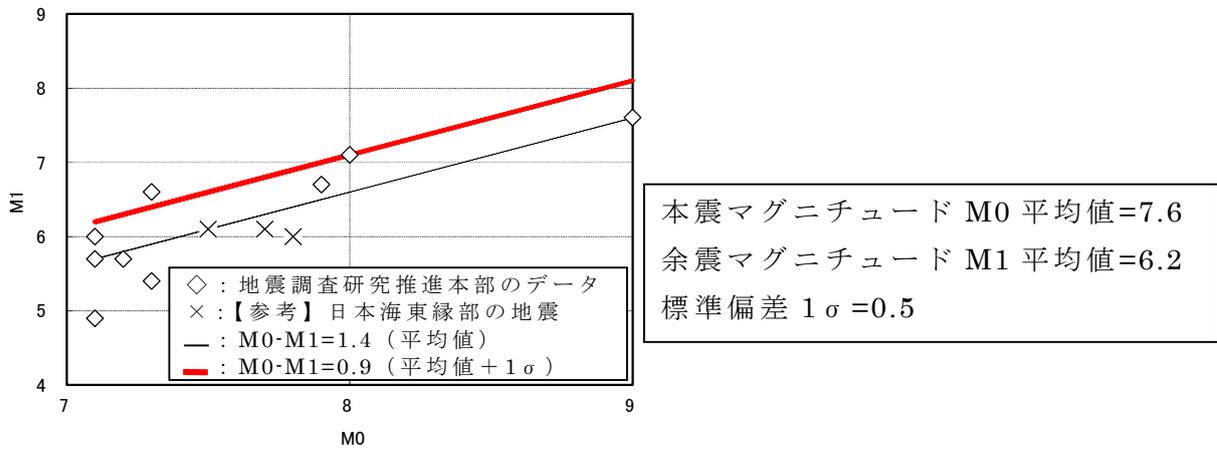
添付第 11-1 表 過去の地震における本震と最大余震の関係

No	発生年月日	震源	マグニチュード		時間差
			本震 M0	最大余震 M1	
1	1995.1.17	淡路島	7.3	5.4	1:52
2	2003.5.26	宮城県沖	7.1 ^{※1}	4.9	6:20
3	2003.9.26	十勝沖	8.0	7.1	1:18
4	2004.11.29	釧路沖	7.1	6.0	0:04
5	2006.11.15	千島列島東方	7.9	6.7 ^{※1}	1:12
6	2008.6.14	岩手宮城内陸地震	7.2	5.7	0:37
7	2008.9.11	十勝沖	7.1	5.7	0:12
8	2011.3.11	東日本太平洋沖地震	9.0	7.6 ^{※1}	0:29
9	2012.12.7	三陸沖	7.3	6.6	0:13
A ^{※2}	1964.6.16	新潟地震	7.5	6.1	0:16
B ^{※2}	1983.5.26	日本海中部地震	7.7	6.1	0:57
C ^{※2}	1993.7.12	北海道南西沖地震	7.8	6.0	1:28

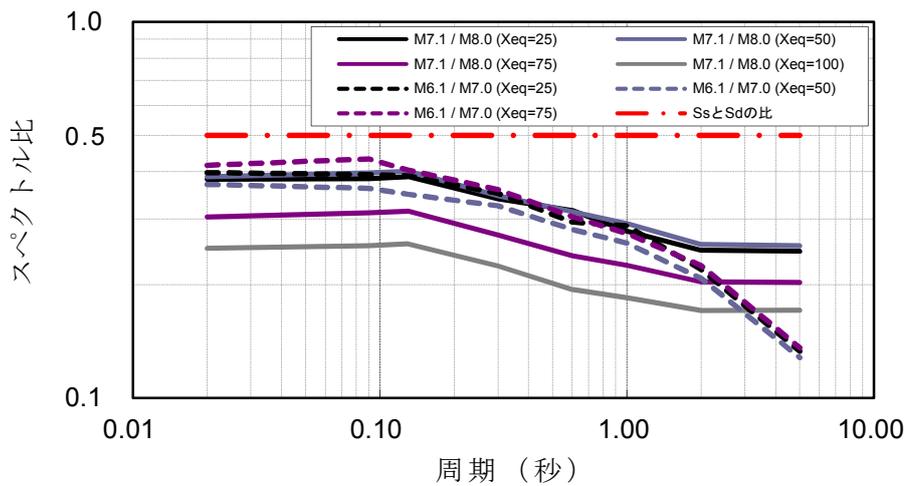
※1：気象庁による最新の震源情報を参照， ※2：日本海東縁部の地震



添付第 11-1 図 余震の地震規模の評価に用いた地震の震央分布
本震（★）と最大余震（★）

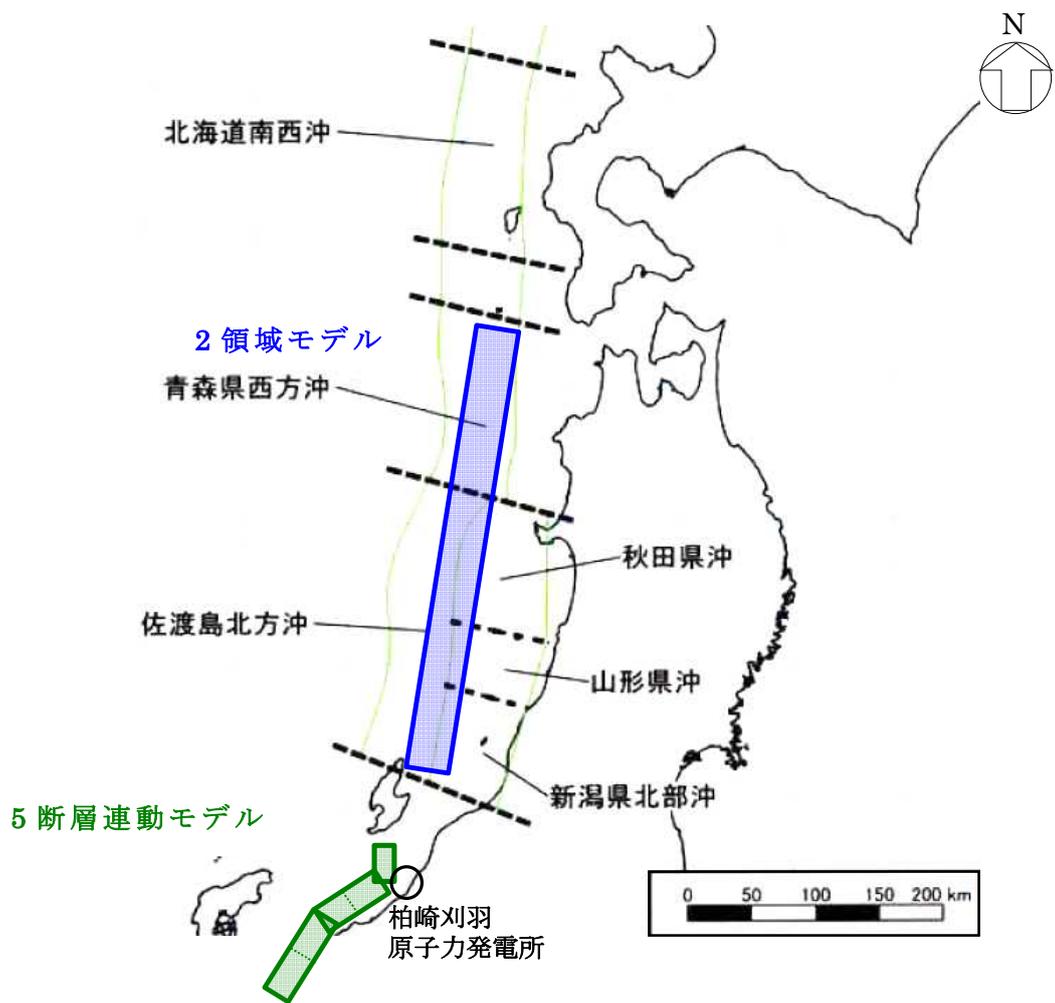


添付第 11-2 図 本震と余震の地震規模の関係

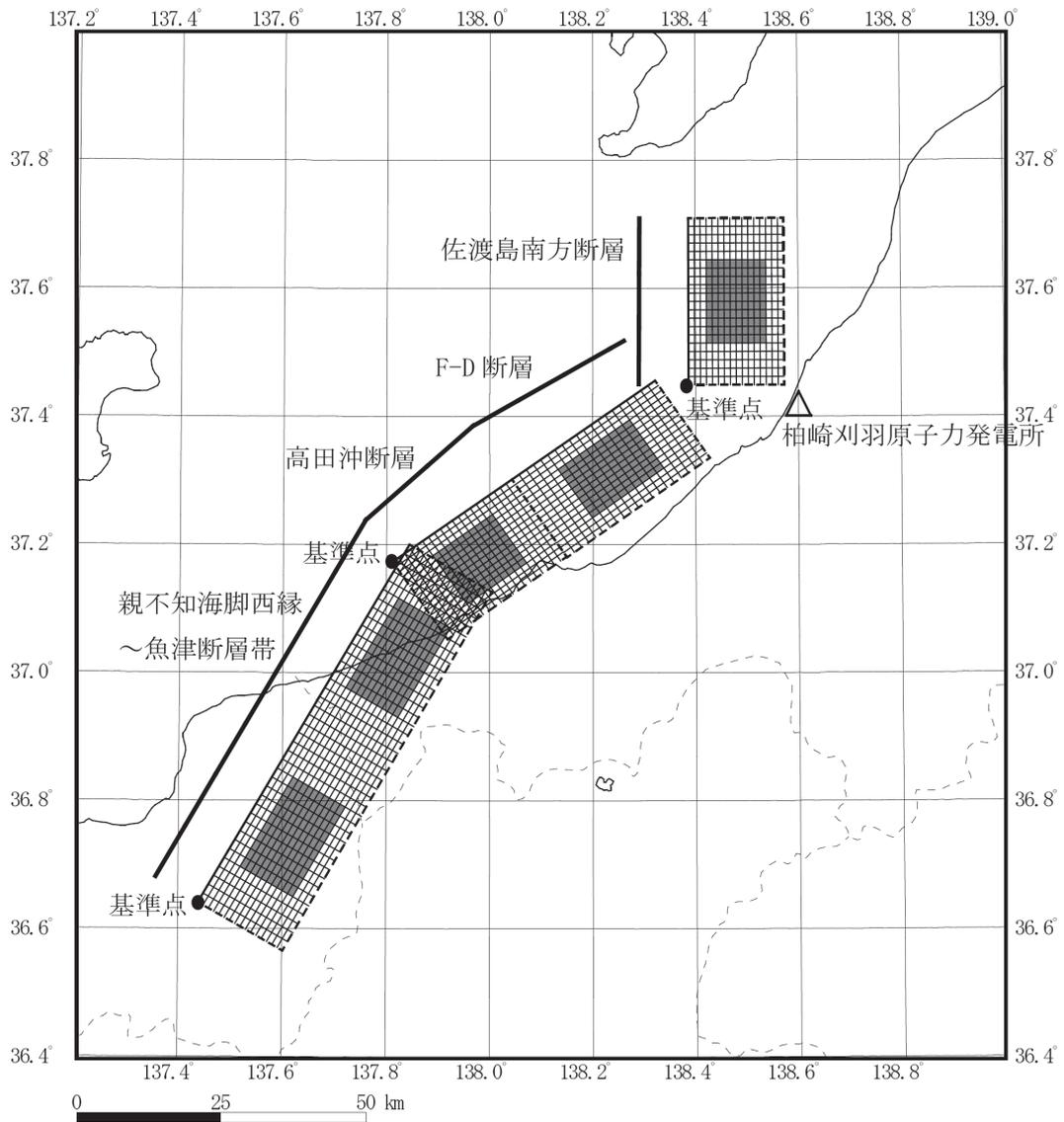


添付第 11-3 図 本震と余震のスペクトル比

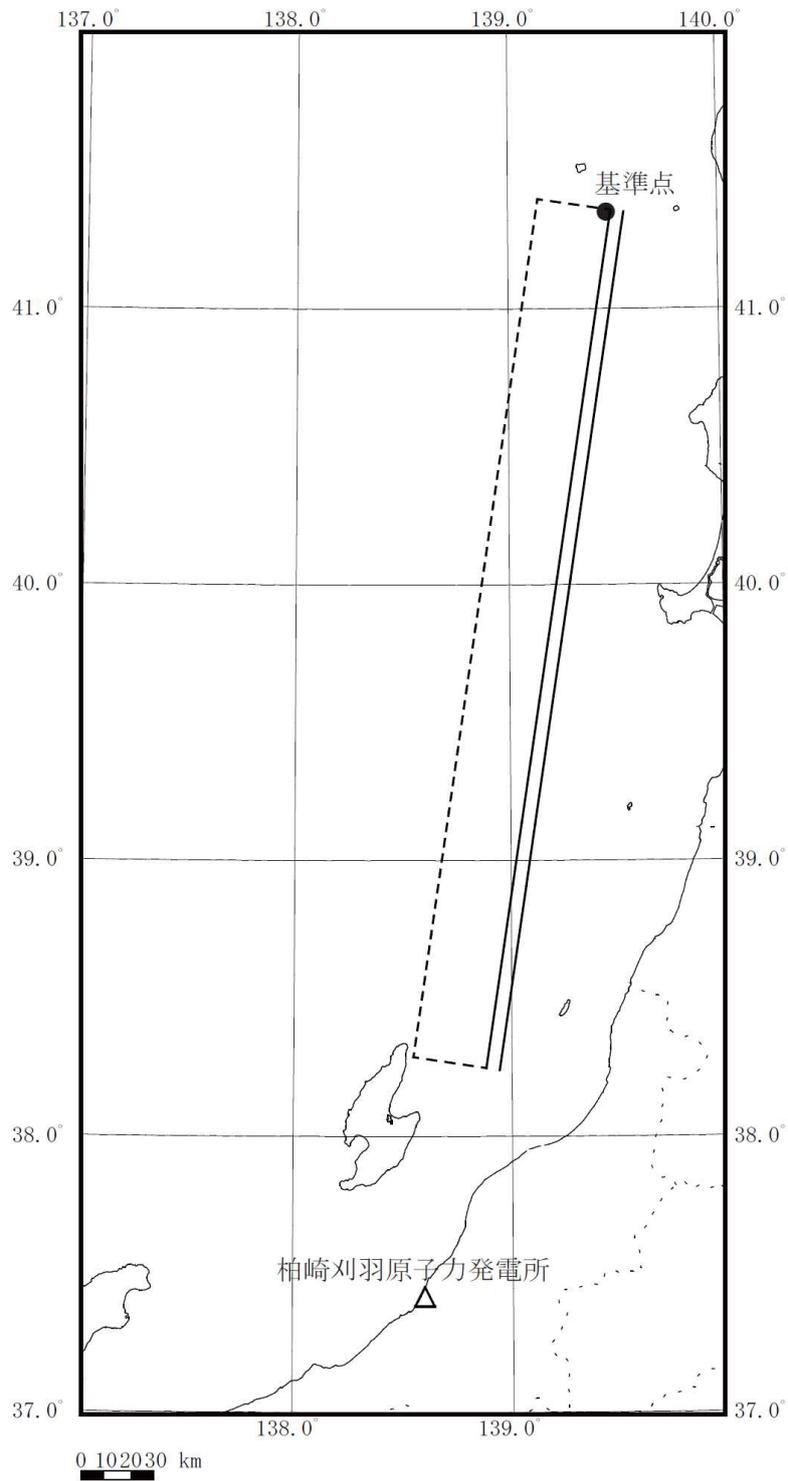
(本震を $M_{8.0}$ 及び $M_{7.0}$ とし、それぞれの余震を $M_{7.1}$ 及び $M_{6.1}$ と評価した場合について、Noda et al. (2002) に基づきスペクトル比を評価)



添付第 11-4 図 基準津波の波源



添付第 11-5 図 (a) 海域の活断層 (5 断層連動モデル)

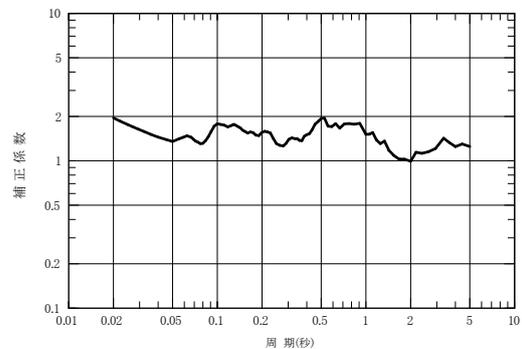
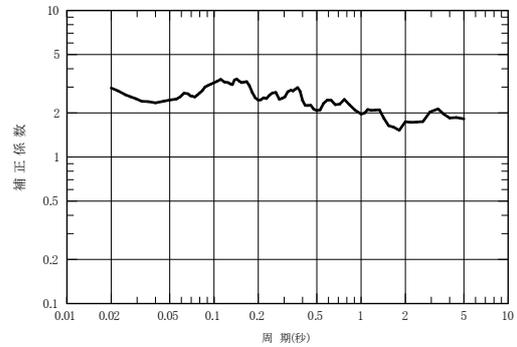
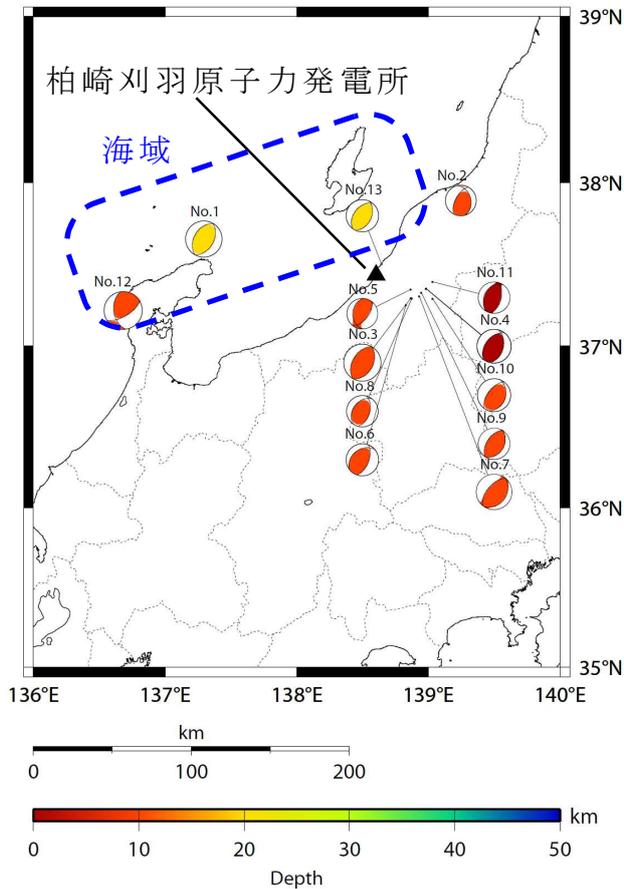


添付第 11-5 図 (b) 日本海東縁部 (2 領域モデル)

添付第 11-2 表 設定した余震の震源諸元

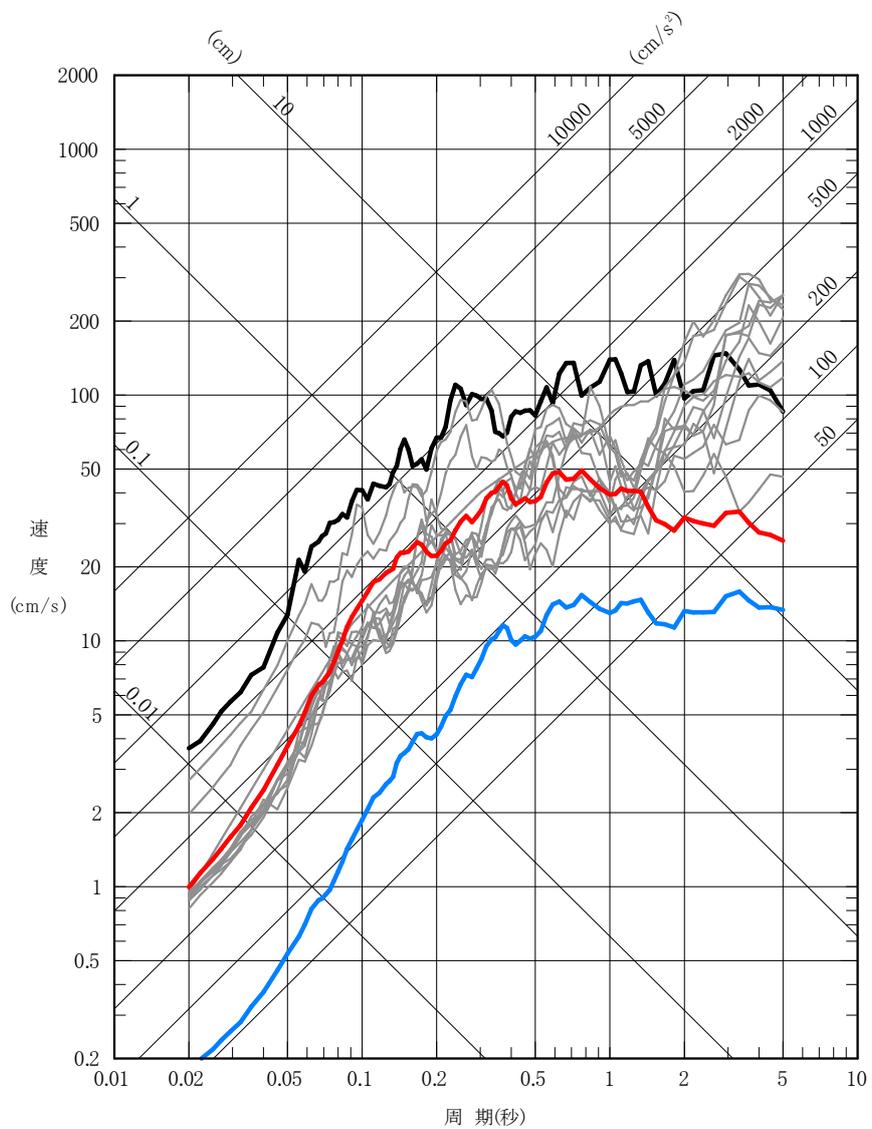
項目	設定値			
	海域の活断層 (5断層連動モデル)		日本海東縁部 (2領域モデル)	
	荒浜側	大湊側	荒浜側	大湊側
余震の地震規模	7.1		7.7	
等価震源距離 (km)※	41	40	204	202

※本震と余震の等価震源距離は等しいとして評価を実施。



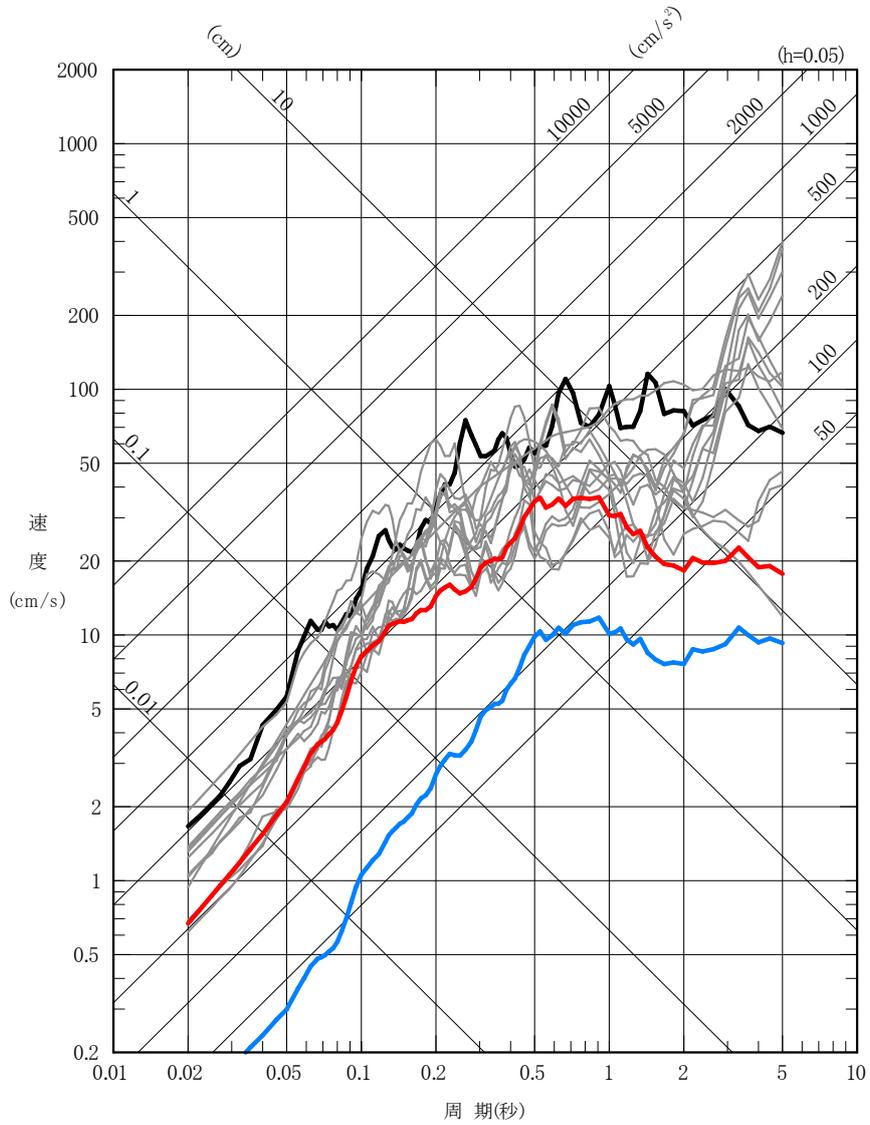
添付第 11-6 図 海域の活断層による地震の評価に用いる観測記録に基づく補正係数

- 弾性設計用地震動 Sd-1 ($S_s-1 \times 0.5$)
- 弾性設計用地震動 Sd-2~Sd-7 ($S_s-2 \sim S_s-7 \times 0.5$)
- 海域の活断層 (5断層連動モデル) の余震
- 日本海東縁部 (2領域モデル) の余震

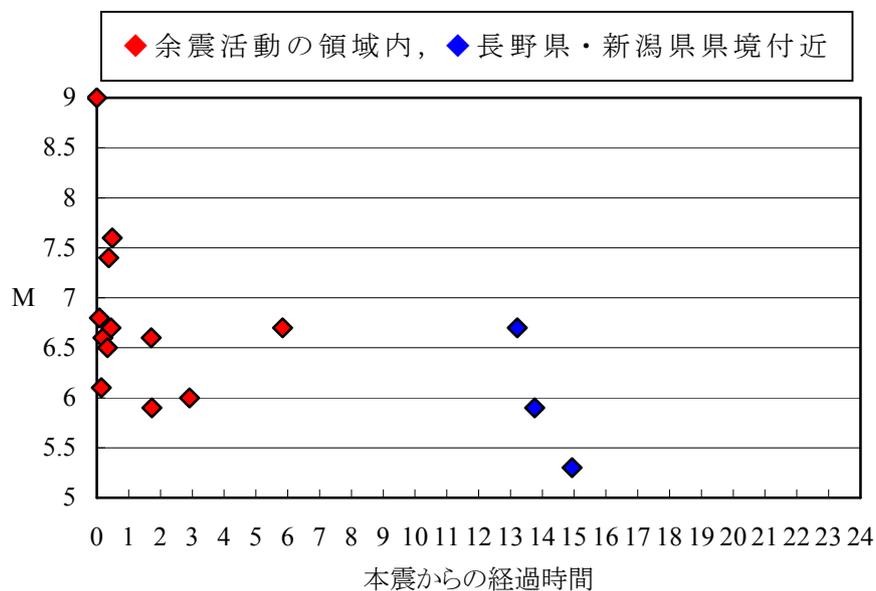


添付第 11-7 図 (a) 余震と弾性設計用地震動 Sd との比較 (荒浜側)

- 弾性設計用地震動 Sd-1 ($S_s-1 \times 0.5$)
- 弾性設計用地震動 Sd-2~Sd-8 ($S_s-2 \sim S_s-8 \times 0.5$)
- 海域の活断層 (5断層連動モデル) の余震
- 日本海東縁部 (2領域モデル) の余震



添付第 11-7 図 (b) 余震と弾性設計用地震動 Sd との比較 (大湊側)

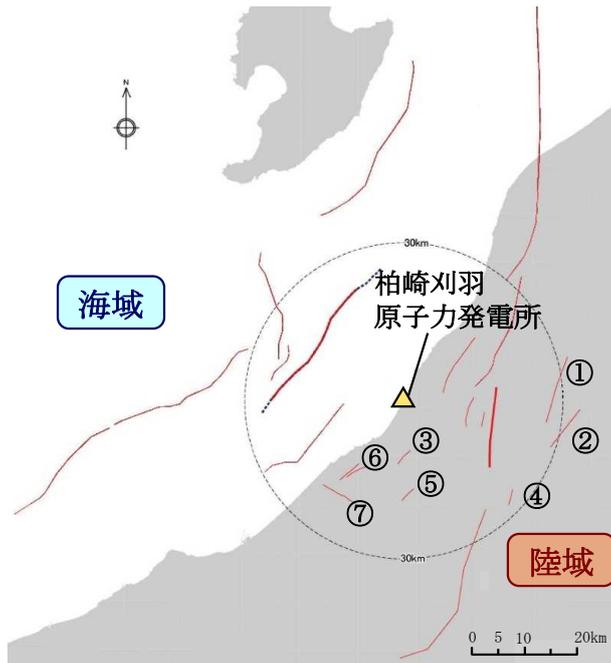


添付第 11-8 図 東北地方太平洋沖地震発生後 24 時間 震度 5 弱以上を観測した地震

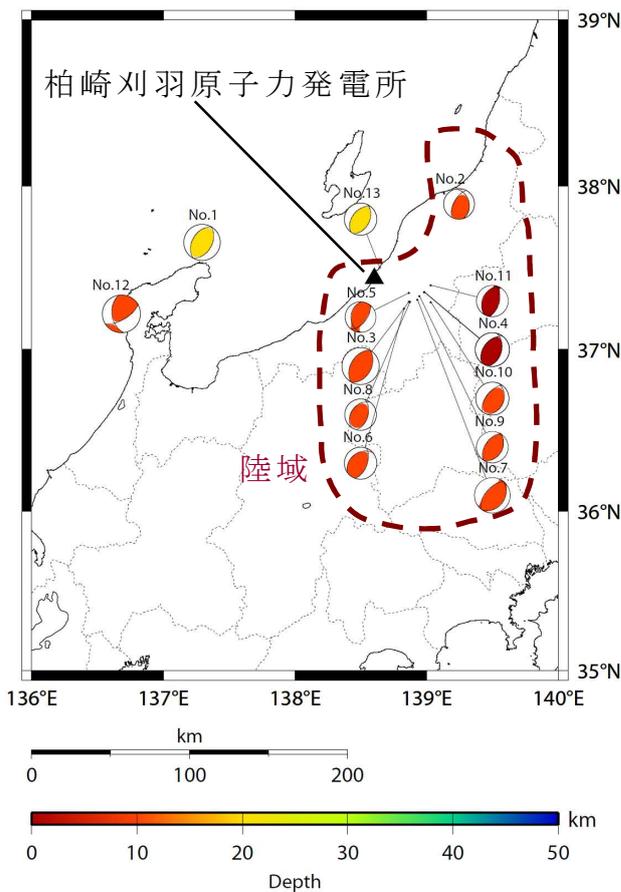
添付第 11-3 表 設定した誘発地震の震源諸元

No.	断層名	地震規模 ^{※1}	Xeq (km)	
			荒浜側	大湊側
①	悠久山断層	6.8	27	26
②	半蔵金付近のリニアメント	6.8	25	25
③	柏崎平野南東縁のリニアメント	6.8	15	16
④	山本山断層	6.8	21	21
⑤	水上断層	6.8	15	16
⑥	上米山断層	6.8	17	18
⑦	雁海断層	6.8	17	18

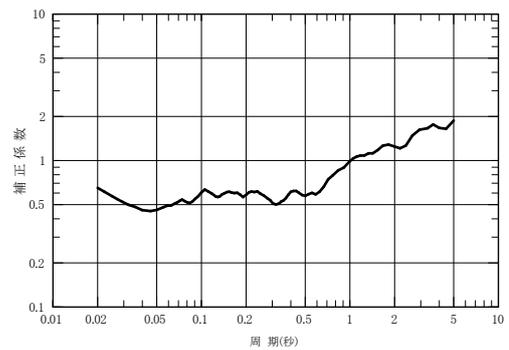
※1: 地表付近の断層長さが短く、震源断層が地表付近の長さ以上に広がっている可能性も考えられる孤立した短い活断層については、保守的にM6.8を考慮する。



添付第 11-9 図 誘発地震として考慮する孤立した短い活断層の分布



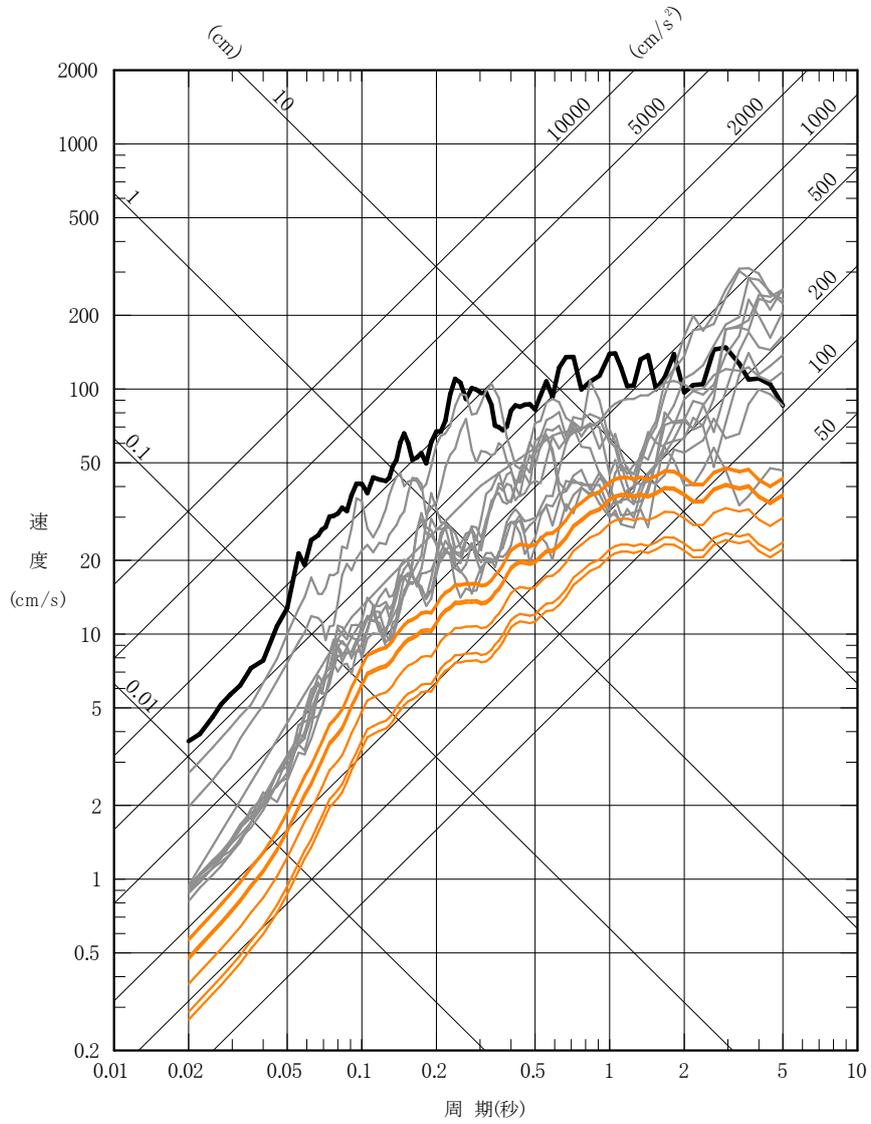
(a) 対象地震の震央分布



(b) 荒浜側及び大湊側の補正係数

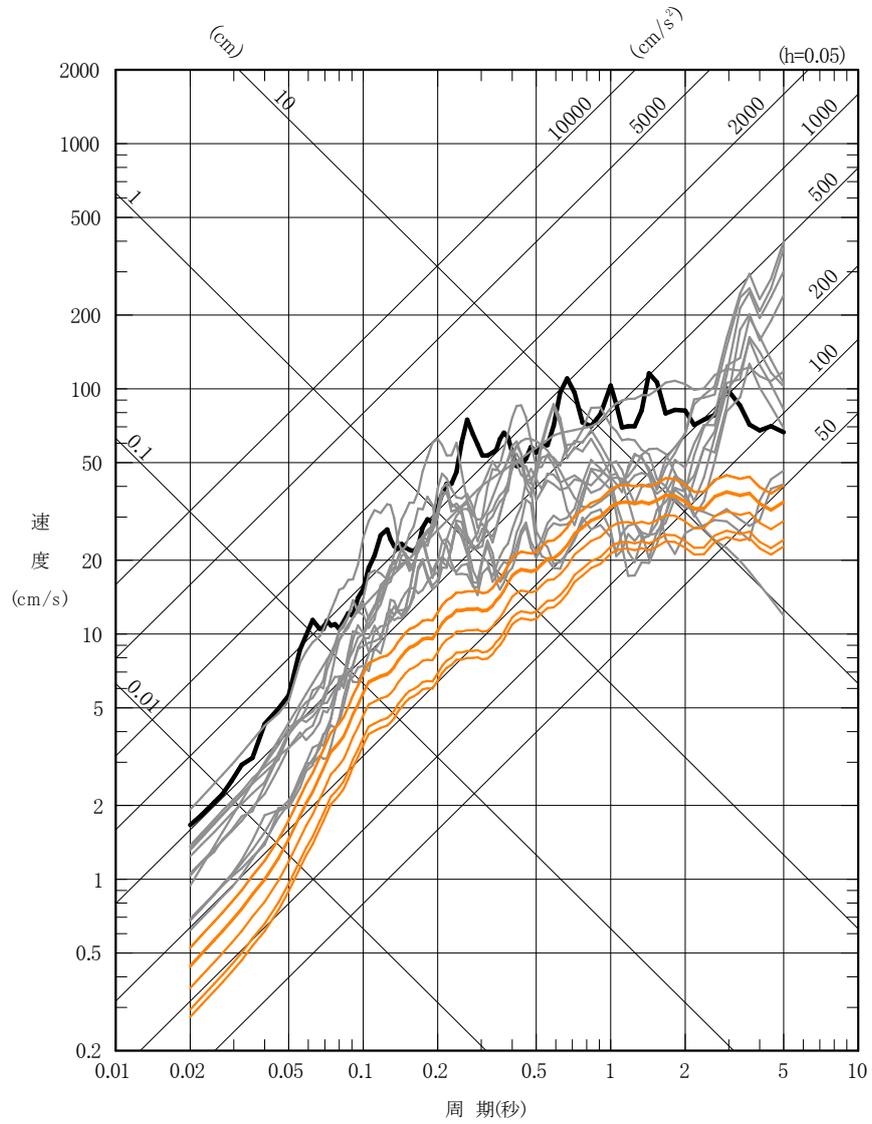
添付第 11-10 図 陸域の活断層による地震の評価に用いる
観測記録に基づく補正係数

- 弾性設計用地震動 Sd-1 ($S_s-1 \times 0.5$)
- 弾性設計用地震動 Sd-2~Sd-7 ($S_s-2 \sim S_s-7 \times 0.5$)
- 誘発地震による地震動



添付第 11-11 図(a) 誘発地震による地震動と弾性設計用地震動 Sd との比較 (荒浜側)

- 弾性設計用地震動 Sd-1 ($S_s-1 \times 0.5$)
- 弾性設計用地震動 Sd-2~Sd-8 ($S_s-2 \sim S_s-8 \times 0.5$)
- 誘発地震による地震動



添付第 11-11 図 (b) 誘発地震による地震動と弾性設計用地震動 Sd との比較 (大湊側)

(参考)

基準地震動 S_s による地震力と津波荷重の組み合わせについて

1. 規制基準における要求事項等

基準地震動 S_s による地震力と地震力以外の荷重を適切に組み合わせていることを確認する。その場合、地震力以外の荷重については、津波の荷重を含む。

2. 基準地震動 S_s による地震力と津波荷重の組み合わせについて

2. 1 基準地震動 S_s の震源と津波の波源が同一の場合

基準地震動 S_s の策定における検討用地震は図 1 に示す F-B 断層及び長岡平野西縁断層帯による地震である。これらの断層の活動に伴う地震動及び津波については、地震波と津波は伝播速度が異なることを考慮すると、両者が同時に敷地に到達することはない。したがって、基準地震動 S_s による地震力と津波荷重の組み合わせを考慮する必要はない。

2. 2 基準地震動 S_s の震源と津波の波源が異なる場合

震源断層の活動により津波の波源の活動が誘発される場合、2. 1 と同様に津波が敷地に到達する前に地震動は敷地に到達していることから、基準地震動 S_s による地震力と津波荷重の組み合わせを考慮する必要はない。

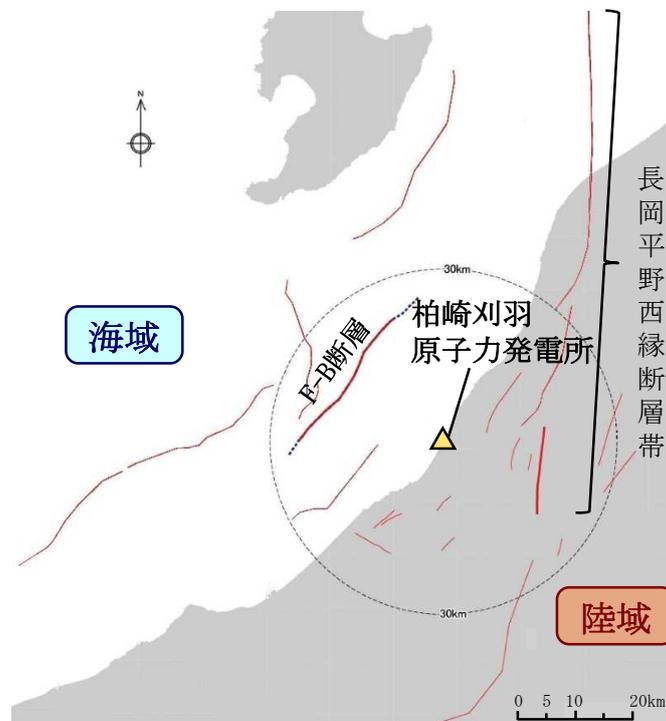


図 1 敷地周辺の活断層分布

添付資料 15

津波漂流物の調査要領について

1. はじめに

「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成 25 年 7 月 8 日施行）」の第五条において、基準津波に対して設計基準対象施設が安全機能を損なわれるおそれがないことが求められており、同解釈の別記 3 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。

本書は、同要求に対する適合性を示すにあたり実施した「基準津波により漂流物となる可能性がある施設・設備等」の調査の、調査要領を示すものである。

2. 調査要領

(1) 調査範囲

調査範囲は、海域については基準津波の流向及び流速より、発電所周辺 5km 圏内とし、陸域については、基準津波の遡上域を考慮し、5km 圏内における海岸線に沿った標高 10m 以下の範囲とする。調査範囲の概要を別紙 1 に示す。

(2) 調査方法

調査は上記の調査範囲を発電所構内・構外、海域・陸域により四つに分類し実施する。分類ごとの調査対象、調査方法を添付第 15-1 表に示す。

(3) 記録方法

調査結果の記録は、「(2) 調査方法」で示した各調査対象について定義や考え方、調査方法を別紙 2 に示したとおりに具体化し、各々について同紙に示した方法により実施する。

添付第 15-1 表 「漂流物となる可能性がある施設・設備等」の調査方法

調査分類	調査範囲		調査対象	調査方法	
	発電所 構内・構外	海域・陸域			
A	発電所 構内	海域	船舶、 海上設置物	・資料調査	以下の資料を調査し、港湾内に 定例業務により来航する船舶を 抽出 ✓ 船舶入出港届 ✓ 港湾施設使用願 ✓ 工事用及び調査用船舶 港湾区域内作業届
				・聞き取り 調査	社内関係者への聞き取り調査に より対象を抽出
				・現場調査	現場調査により対象を抽出
B	発電所 構内	陸域	人工構造物、 可動・可搬 物品、植生等	・資料調査	以下の資料を調査し、調査範囲 内にある建屋、機器類、定例業 務により常設、仮置きされる資 機材を抽出 ✓ 建物配置図 ✓ 配置図 ✓ 資機材管理システム
				・聞き取り 調査	社内関係者への聞き取り調査に より対象を抽出
				・現場調査	現場調査により対象を抽出
C	発電所 構外	海域	船舶、 海上設置物	・現場調査	現場調査（海上、陸上）により 調査対象を抽出
				・聞き取り 調査	漁協、自治体関係者への聞き取 り調査、漁協、自治体管理資料 の調査により対象を抽出
				・資料調査	
D	発電所 構外	陸域	人工構造物、 可動・可搬 物品、植生等	・図上調査	国土地理院 20 万分 1 地勢図を調 査し、調査範囲内にある集落、 施設を抽出（抽出にあたり国土 地理院電子国土 Web 等の空中写 真等を参考とする）
				・現場調査	現場調査（海上、陸上）により 対象を抽出

3. 別紙

別紙 1：調査対象範囲の概要

別紙 2：調査要領の概要

以上

調査範囲の概要

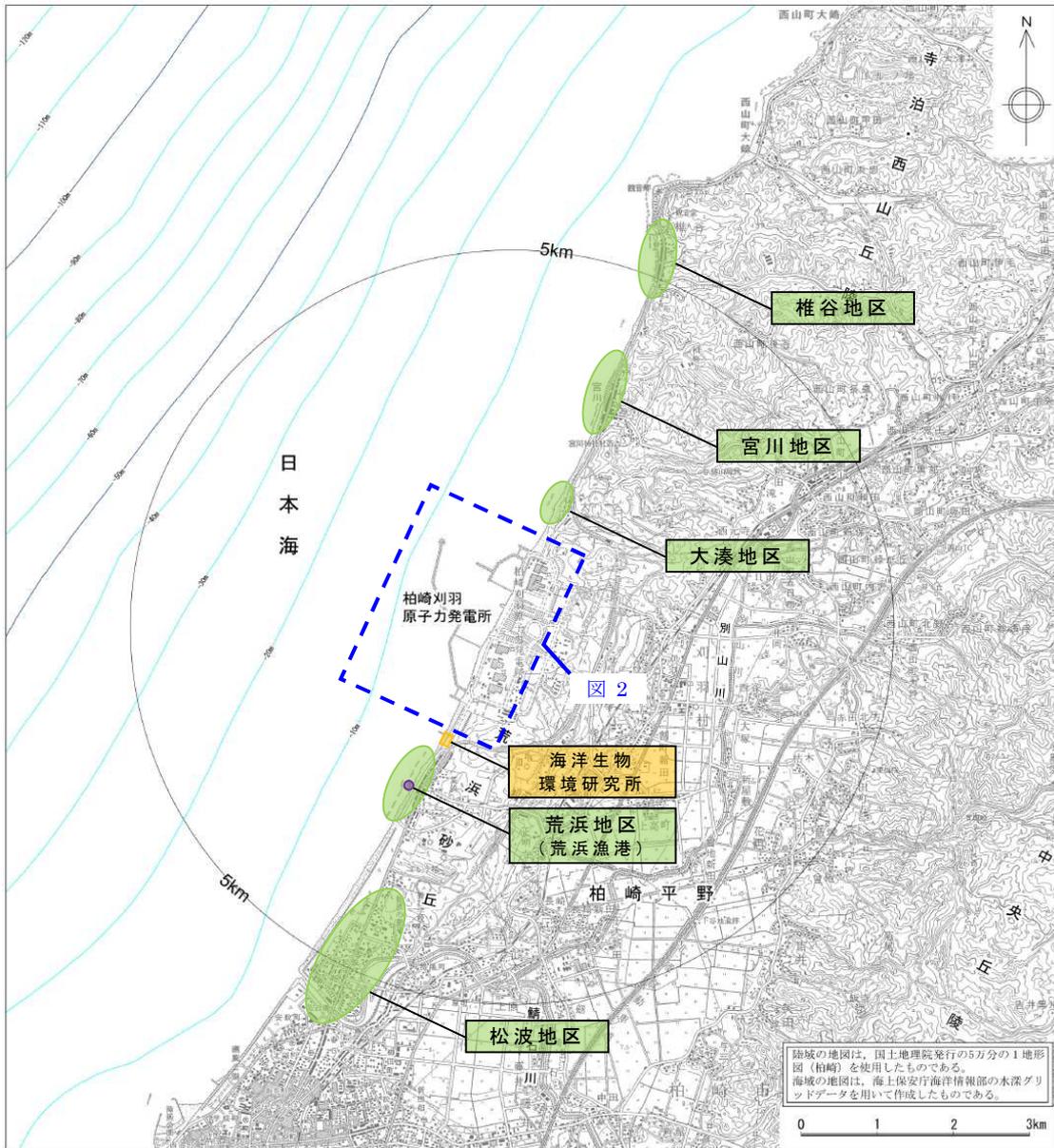


図 1 漂流物調査範囲概要（発電所構外）

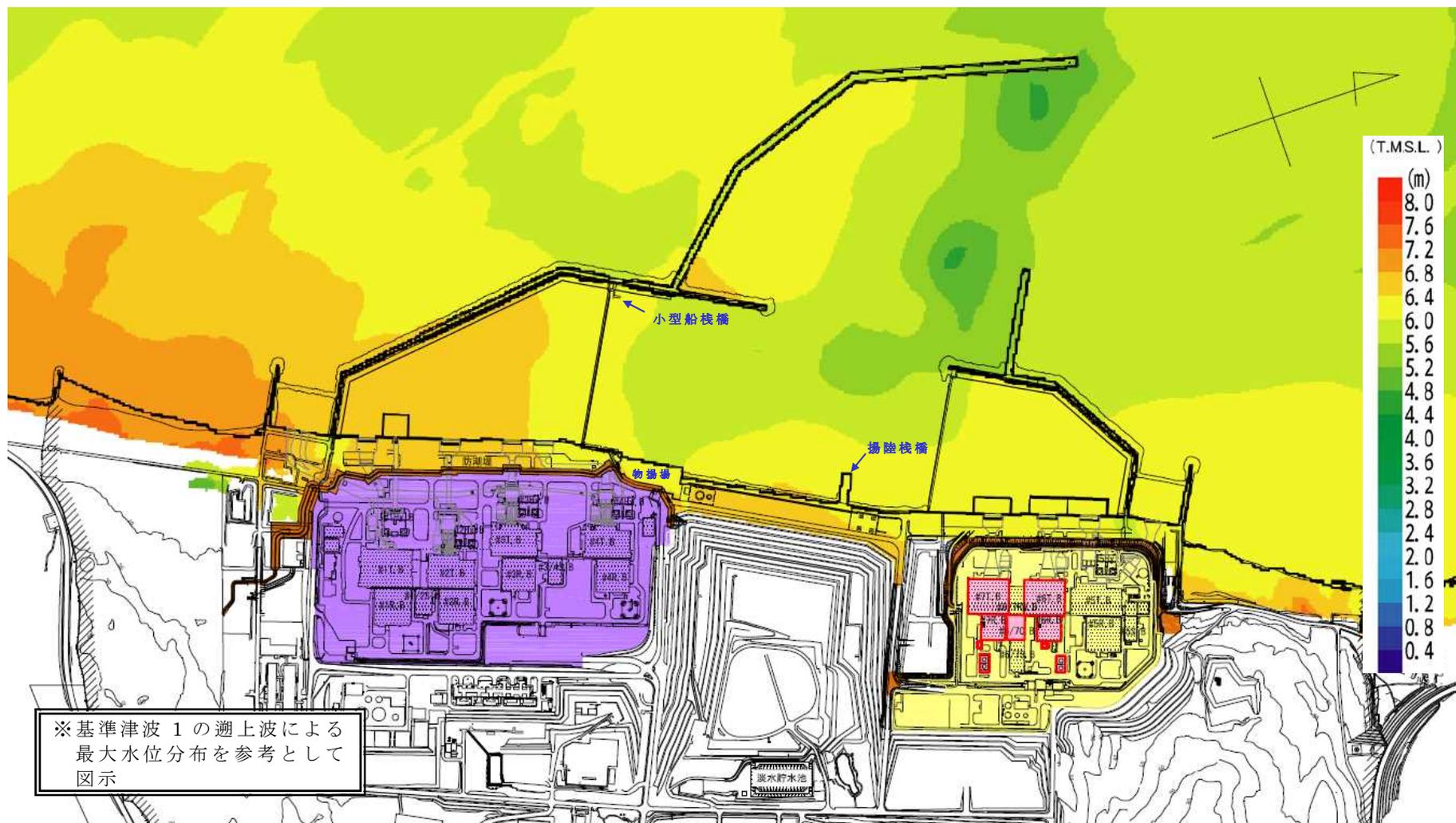


図 2 漂流物調査範囲概要（発電所構内）

記録方法

調査分類	調査範囲		調査対象		調査方法	記録方法
	発電所 構内・構外	海域・陸域	項目	具体的な定義、考え方、例		
A		海域	1 船舶	-	1) 以下の資料を調査し、港湾内に定例業務により来航する船舶を抽出 ・船舶入出港届 ・港湾施設使用届 ・工事用及び調査用船舶港湾区域内作業届 2) 社内関係者への聞き取り調査により上記以外の対象を抽出 3) 現場調査により上記以外の対象を抽出	船舶名、状態(停泊有無、停泊場所)、数量(同時に来航し得る数)、属性(重量)を記録
			2 海上設置物	港湾内に設置されている人工構築物 ※土木構造物(港湾施設等)、機器類(調査分類Bで抽出)を除くすべての人工構築物	1) 社内関係者への聞き取り調査により上記以外の対象を抽出 2) 現場調査により上記以外の対象を抽出	名称、属性(重量、設置場所、設置状態等)を記録 ※特殊浮標については船舶(分類A及びC)の評価に含まれるものとして、個別での抽出・記録は不要とする
B	発電所 構内	陸域	1 建屋	土地に定着している建物	1) 以下の資料を調査し、調査範囲内にある建屋、機器類を抽出 ・建物配置図 ・配置図 2) 社内関係者への聞き取り調査により上記以外の対象を抽出 3) 現場調査により上記以外の対象を抽出	名称、仕様(主要構造/材質、寸法等)、数量を記録
			2 機器類	基礎等に据え付けられた本設の機器 <例> ・クレーン ・タンク ・配電盤、分電盤、制御盤	1) 以下の資料を調査し、調査範囲内にある建屋、機器類を抽出 ・建物配置図 ・配置図 2) 社内関係者への聞き取り調査により上記以外の対象を抽出 3) 現場調査により上記以外の対象を抽出	※類型化できる配電盤、分電盤、制御盤は代表を記録することし、個別での抽出・記録は不要とする
			3 常時保管	工事用資機材のうち、常時保管されているもの(仮設倉庫・小屋は本カテゴリーに含む)	1) 資機材管理システムを調査し、定例業務により常設、仮置きされる資機材を抽出 2) 社内関係者への聞き取り調査により上記以外の対象を抽出 3) 現場調査により上記以外の対象を抽出	名称、状態(設置、固定等)、仕様(主要材質等)、数量を記録 ※重量より漂流物化しないもの、手工具類等、到達しないものは、容積・断面積が小さく(積算効果も含め)通水性に影響を与えないものは、代表を記録することし、個別での抽出・記録は不要とする
			4 資機材、車両	一時持込 工事用資機材のうち、工事期間中のみ持ち込まれ仮置きされるもの、車両等	1) 資機材管理システムを調査し、定例業務により常設、仮置きされる資機材を抽出 2) 社内関係者への聞き取り調査により上記以外の対象を抽出 3) 現場調査により上記以外の対象を抽出	名称、状態(設置、固定等)、仕様(主要材質等)、数量を記録 ※重量より漂流物化しないもの、手工具類等、到達しないものは、容積・断面積が小さく(積算効果も含め)通水性に影響を与えないものは、代表を記録することし、個別での抽出・記録は不要とする
			5 その他一般構築物、植生	人工構築物、植生 ※1~4、及び土木構造物(道路等)を除くすべての人工構築物、植生 <例> ・コンクリート蓋・板・塊 ・鋼製手摺・階段・梯子・架台 ・鋼製スロープ ・チェッカープレート ・グレーチング ・マンホール蓋 ・配管 ・電灯 ・監視カメラ ・空調室外機 ・消火栓 ・拡声器 ・標識	現場調査により調査対象を抽出	名称を記載 ※例示するものは、重量より漂流物化しない、あるいは容積・断面積が小さく(積算効果も含め)通水性に影響を与えないため、代表を記録することし、個別での抽出・記録は不要とする
C	発電所 構外	海域	1 船舶	-		船舶名、状態(停泊有無、停泊場所)、数量、属性(重量)を記録
			2 海上設置物	人工構築物 <例> ・定置網 ・浮筏 ・浮棧橋	1) 現場調査(海上、陸上)により調査対象を抽出 2) 漁協、自治体関係者への聞き取り調査、漁協、自治体管理資料の調査により上記以外の対象を抽出	名称を記載 ※1または例示するものに評価が含まれるものは、代表を記録することし、個別での抽出・記録は不要とする
D		陸域	1 家屋類	-		
			2 車両	乗用車、大型車、二輪車等	1) 国土地理院20万分1地勢図を調査し、調査範囲内にある集落、施設を抽出(抽出にあたり国土地理院電子国土Web等の空中写真等を参考とする) 2) 上記で確認された対象を中心に現場調査(海上、陸上)により対象を抽出	名称を記載 ※調査分類(A~C)の調査対象に評価が含まれるものは、代表を記録することし、個別での抽出・記録は不要とする
			3 その他一般構築物、植生	人工構築物、植生 <例> ・フェンス ・電柱 ・植生	1) 国土地理院20万分1地勢図を調査し、調査範囲内にある集落、施設を抽出(抽出にあたり国土地理院電子国土Web等の空中写真等を参考とする) 2) 上記で確認された対象を中心に現場調査(海上、陸上)により対象を抽出	名称を記載 ※調査分類(A~C)の調査対象に評価が含まれるものは、代表を記録することし、個別での抽出・記録は不要とする

添付資料 16

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、津波警報等発令時、原則、緊急退避するが、津波流向及び岸壁と取水口との位置関係を踏まえ、短時間に津波が襲来する場合を考慮し、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、及び早く到達する津波による流圧力について石油会社国際海事評議会 OCIMF（Oil Companies International Maritime Forum）の手法を用いて算出し、耐力評価を行う。

2. 評価

（1）輸送船、係留索、係船柱

輸送船、係留索、係船柱の仕様を表 1 に、配置を図 1 に示す。

表 1 輸送船、係留索、係船柱の仕様

項目		仕様
輸送船	総トン数	約 5,000 トン
	載貨重量トン	約 3,000 トン
	喫水	約 5m
	全長	100.0m（垂線間長：94.4m）
	型幅	16.5m
	形状	（図 1 参照）
係留索	直径	60mm（ノミナル値）
	素材種別	Polyethylene Rope Grade 1
	破断荷重	279kN（キロニュートン）=28.5tonf
	係船機ブレーキ力	28.5tonf×0.7≒20.0tonf
係船柱	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	25t、50t

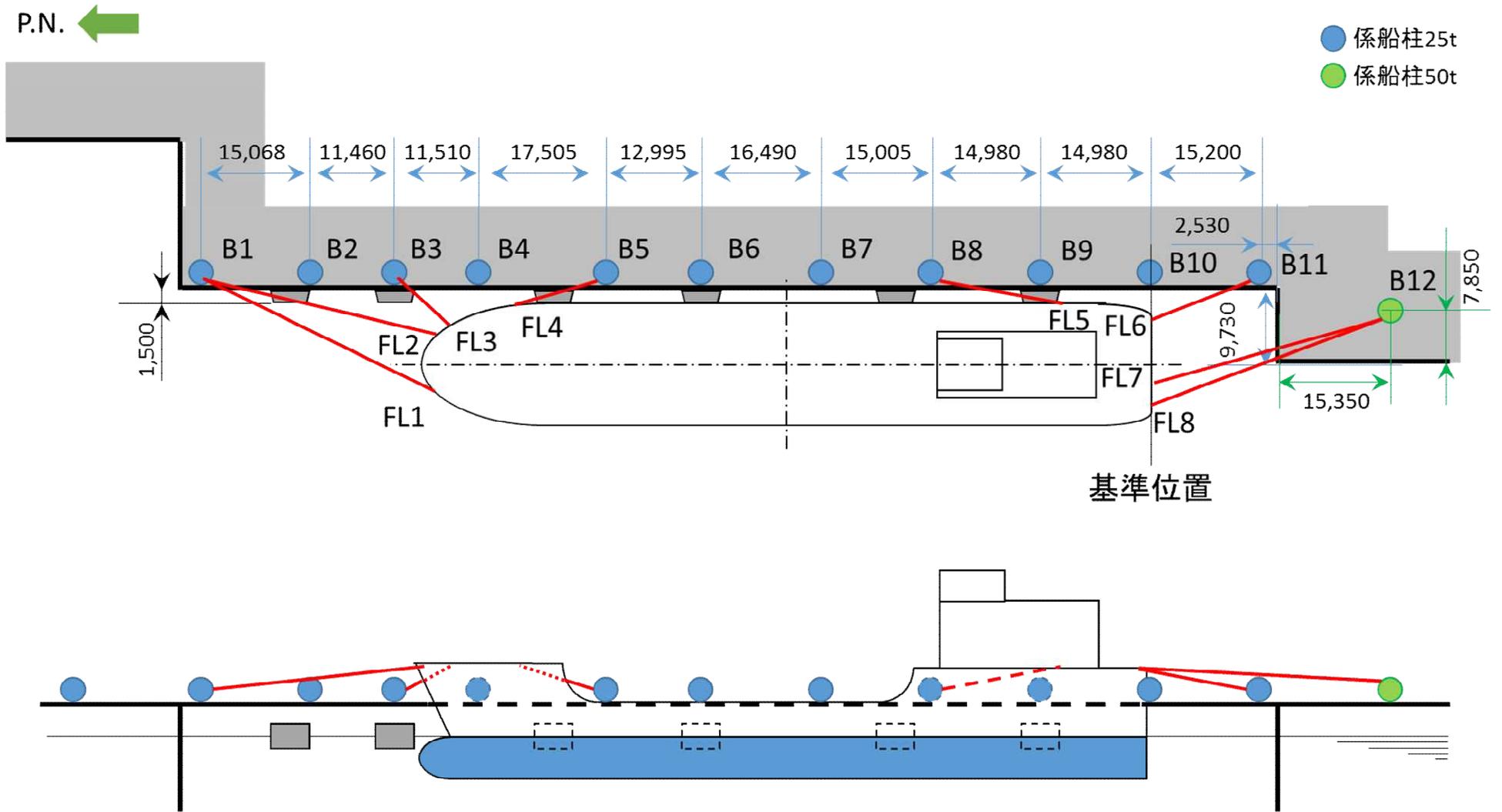


図1 輸送船、係留索、係船柱の配置

(2) 津波条件（流向、水位、流速）

襲来までに時間的余裕がなく、輸送船を離岸できない可能性がある基準津波 3（別添 1 本文 第 2.5-18 図参照）を評価条件とする。

基準津波 3 による物揚場近傍の流向は、図 2 に例示するとおり物揚場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、輸送船は物揚場の岸壁（コンクリート塊）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の流圧力に対する係留索の耐力について実施する。

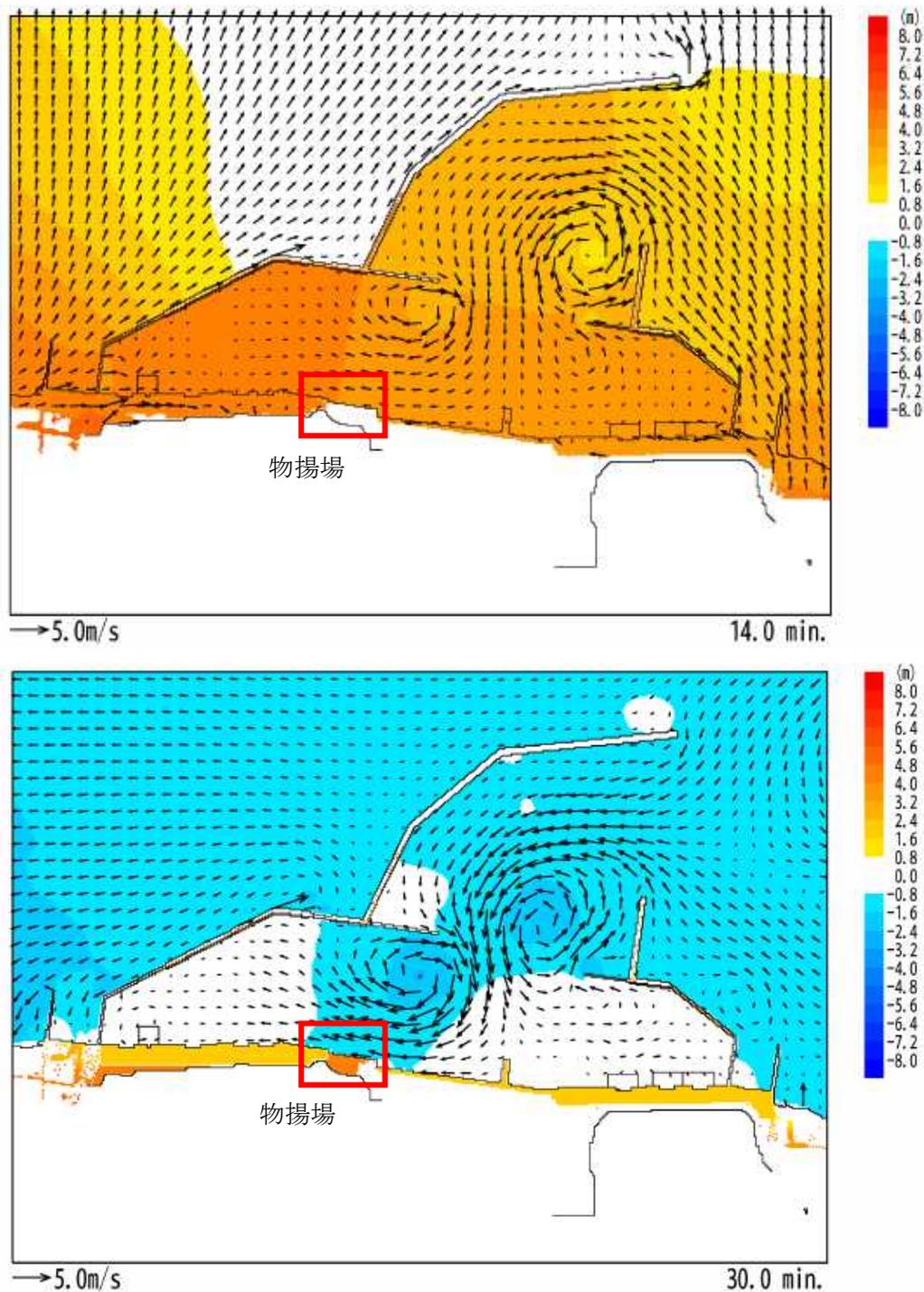


図 2 基準津波 3 の流向

一方、基準津波 3 の物揚場位置における水位及び接線方向成分の流速は、図 3 のとおりとなる。

図 3 に示すとおり地震発生後 15 分で第一波の最高点に達する。その後、引き波が発生し、流速は地震発生後 30 分に最大 2.5m/s に達する。

緊急退避時間との関係から、津波が最大流速に到達する前に輸送船は退避できると考えられるものの（別添 1 本文 第 2.5-18 図参照）、今回は係留により対応することを仮定し、最大流速 2.5m/s で生じる流圧力に対する係留力を評価する。

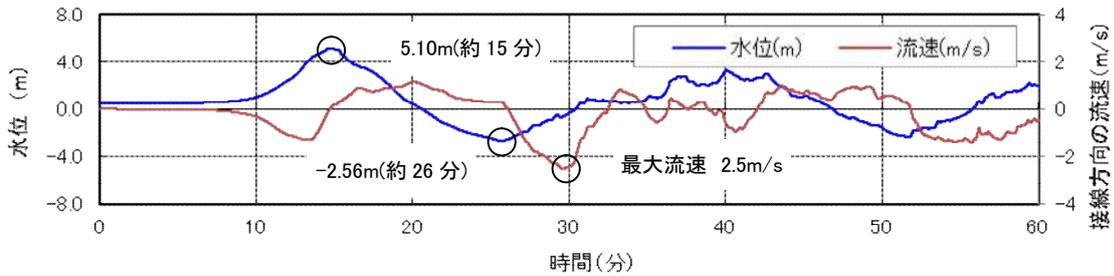


図 3 基準津波 3 の水位・流速（物揚場岸壁前面）

(3) 係留力

係留力の計算方法を表 2 に、計算結果を表 3、図 4, 5 に示す。

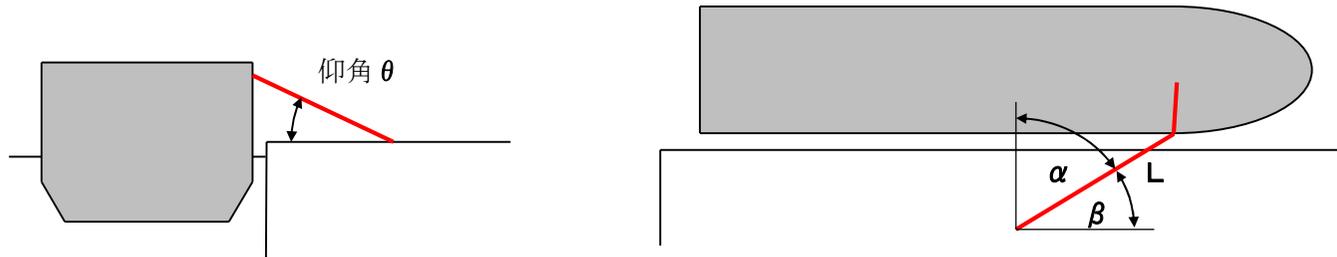
表 2 係留力の計算方法

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

(出典：係留設備に関する指針 OCIMF 刊行)

表3 係留力 (図1) の計算結果

フェアリーダ	索種類	係船柱	係留力		索張力 T [tonf]	係留力 前後		Bitt Performance [tonf]		
			船外	係留角 θ		β	[tonf]	[tonf]	Bitt Load	合計
FL1	Line1	B1	36.8	6.1	-23.8	20.0	-7.03	7.46	16.22	25
FL2	Line2	B1	34.2	6.1	-9.8	20.0	-8.70	8.76		
FL3	Line3	B3	10.4	23.0	-30.1	20.0		20.00	20.00	25
							-15.73			
FL4	Line4	B5	13.7	15.4	10.4	20.0	18.97	20.00	20.00	25
							18.97			
FL5	Line5	B8	25.0	7.6	6.5	20.0	-19.70	20.00	20.00	25
							-19.70			
FL6	Line6	B11	16.5	12.2	19.9	20.0		20.00	20.00	25
FL7	Line7	B12	34.5	5.7	15.6	20.0	10.74	11.04	21.69	50
FL8	Line8	B12	35.5	5.7	20.7	20.0	9.86	10.66		
							20.60			
							前後(+) 計 39.56			
							前後(-) 計 -35.43			



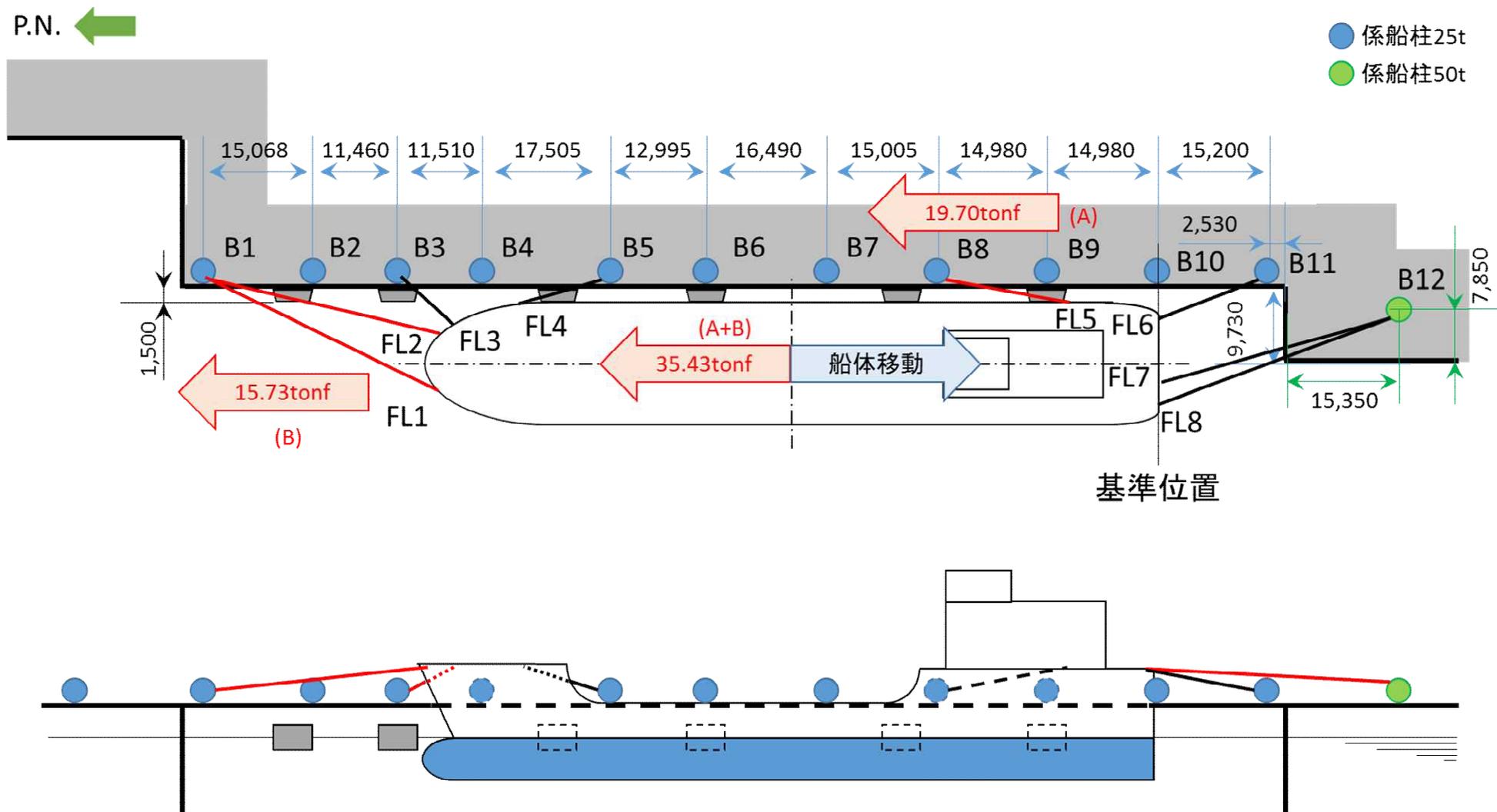


図4 船尾方向への移動に対する船首方向係留力

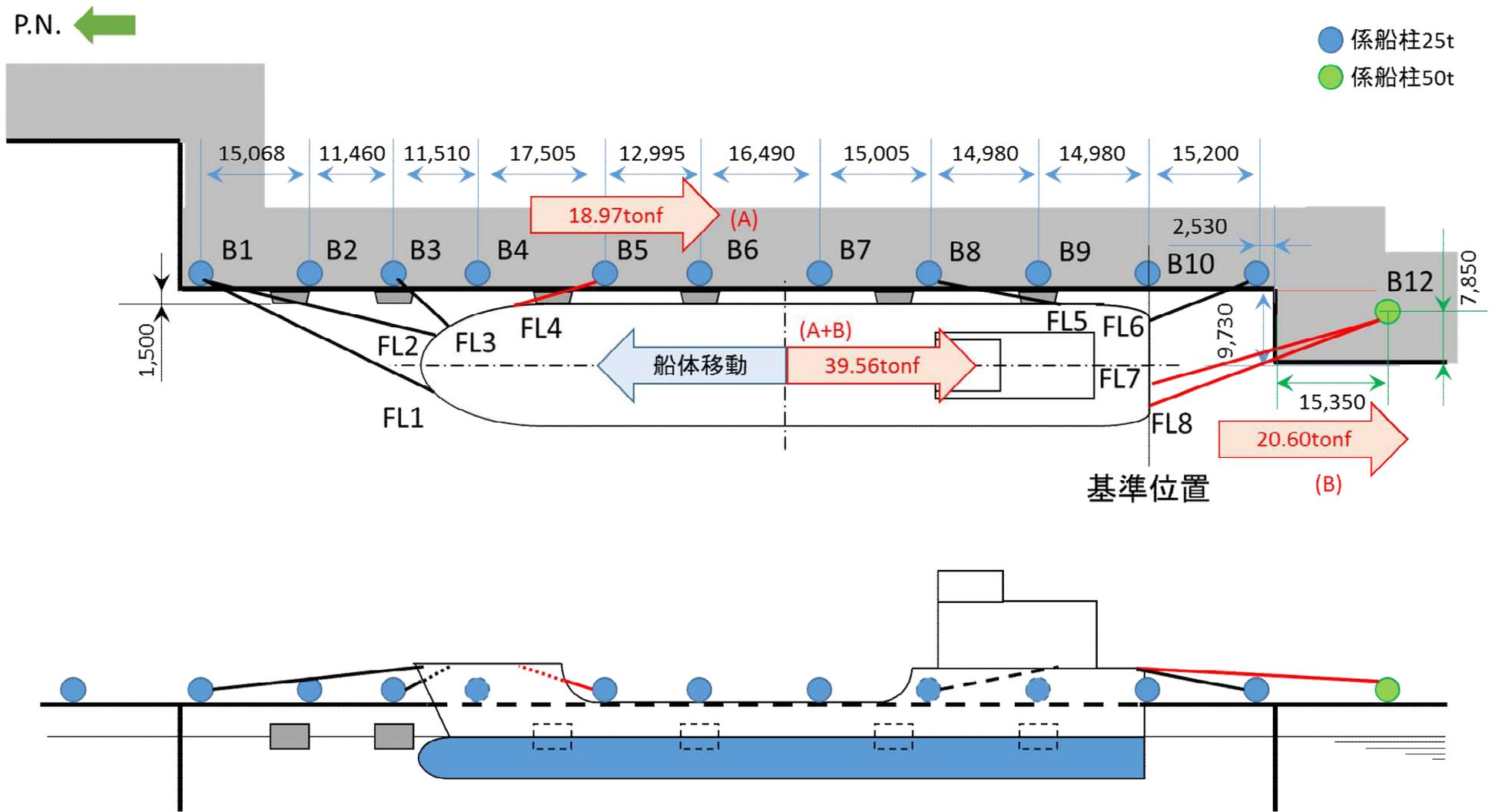


図5 船首方向への移動に対する船尾方向係留力

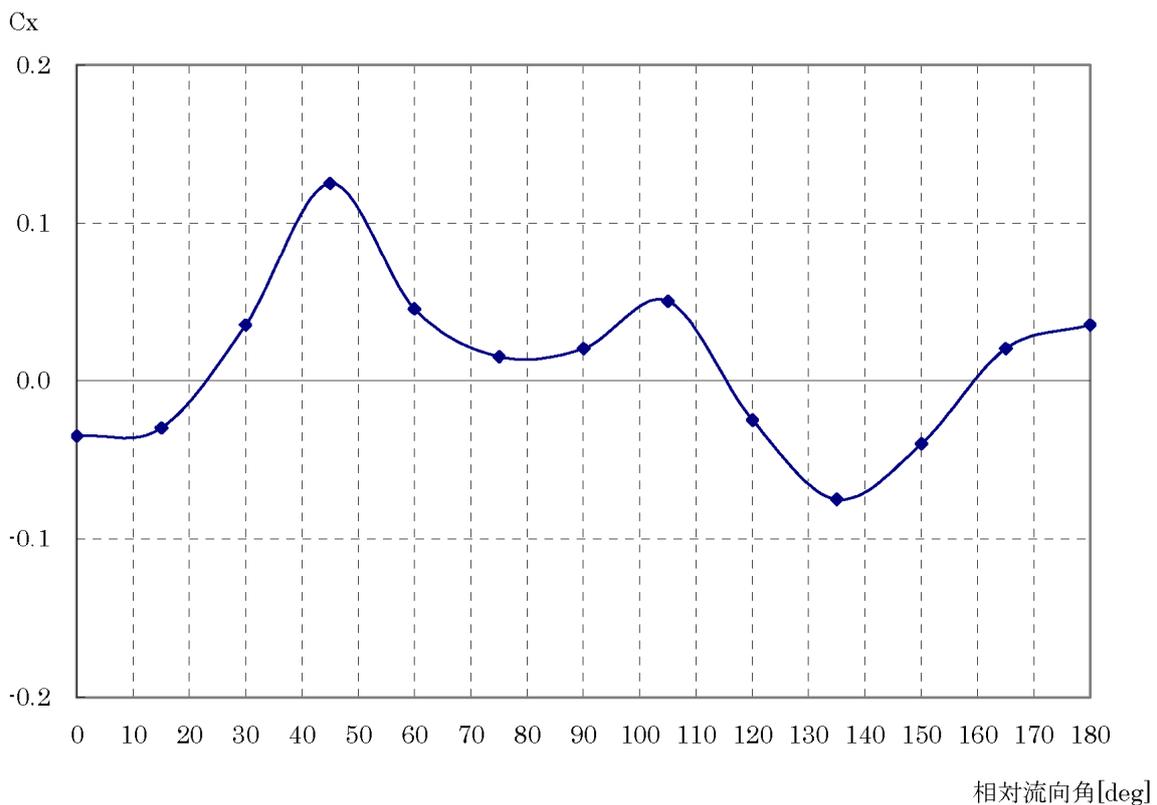
(4) 流圧力

流圧力の計算方法を表4に示す。計算結果について、前項で求めた係留力との比較結果を図6に示す。

表4 流圧力の計算方法

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

(出典：係留設備に関する指針 OCIMF 刊行)



(出典：VLCC における風圧及び流圧の予測 OCIMF 刊行)

縦方向流圧力係数[C_x]

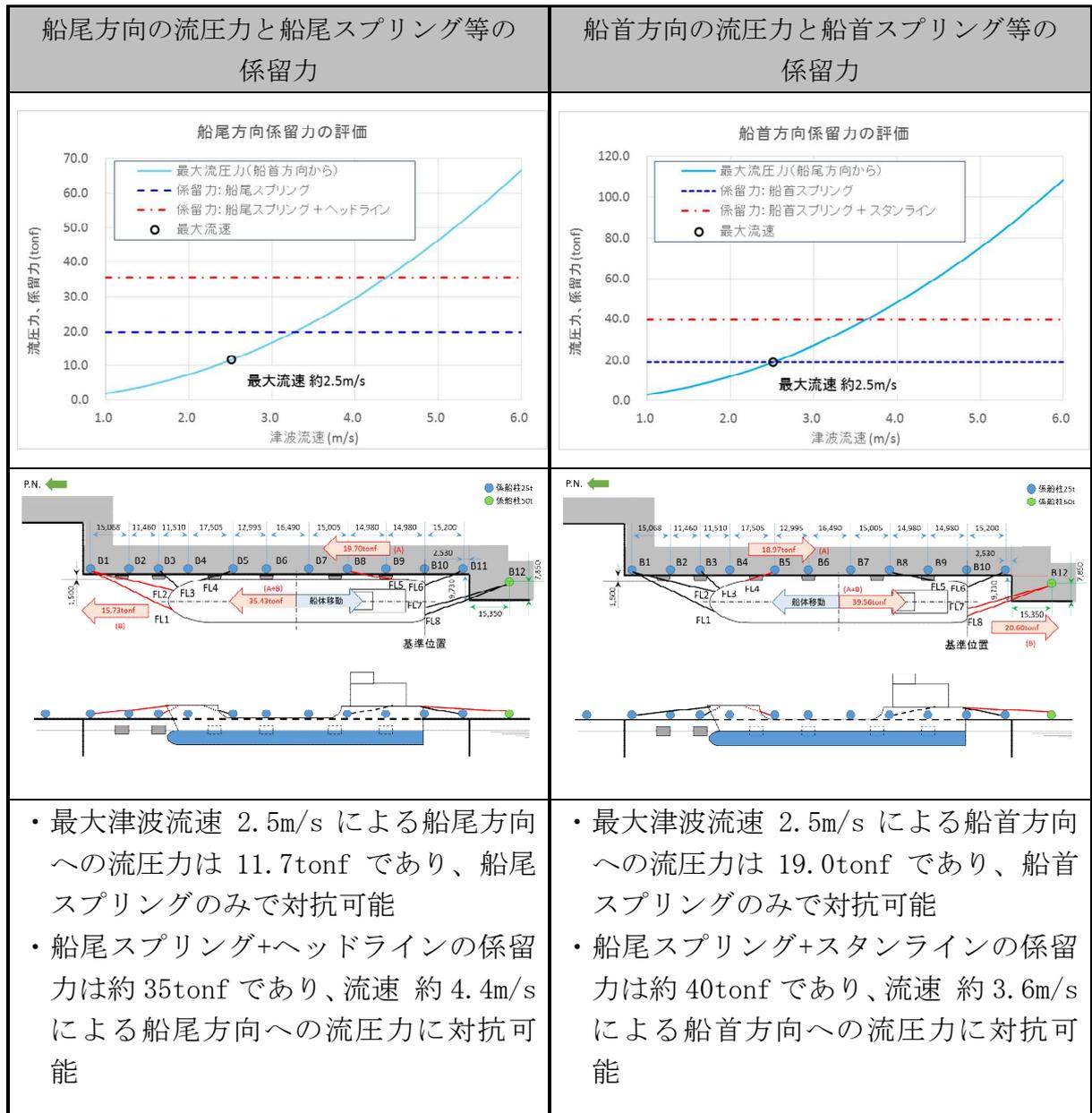


図6 流圧力と係留力の比較

3. 結論

津波（最大流速 2.5m/s：図3参照）による流圧力に対し、係留力（約 35tonf、約 40tonf）が上回ることを確認した。

したがって、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。

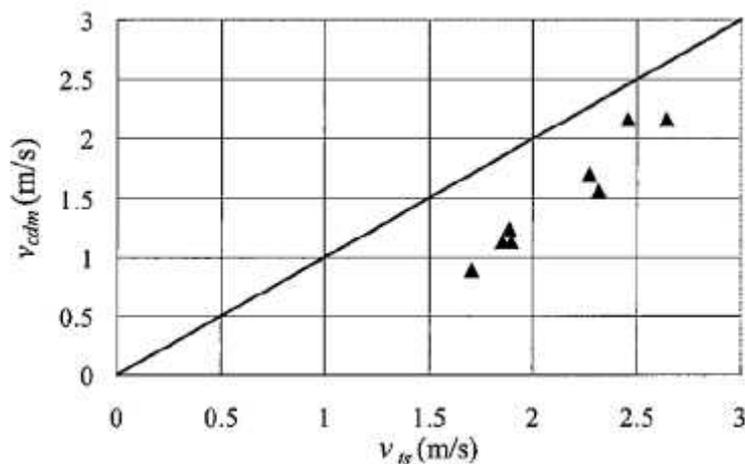
添付資料 17

漂流物の評価に考慮する津波の
流速・流向について

漂流物の評価に考慮する津波の流速・流向について

17.1 はじめに

津波による漂流物の漂流速度は，津波の流速に支配される。文献※1)によると漂流物の最大漂流速度は津波の浸水流速より小さくなっているが，安全側に漂流速度として津波の流速を用いる。



添付第 17-1 図 浸水流速 v_{ts} と最大漂流速度 v_{cdm} の関係

※1) 海岸工学論文集, 第 54 卷 (2007) 遡上津波によるコンテナ漂流力に関する大規模実験 (有川他)

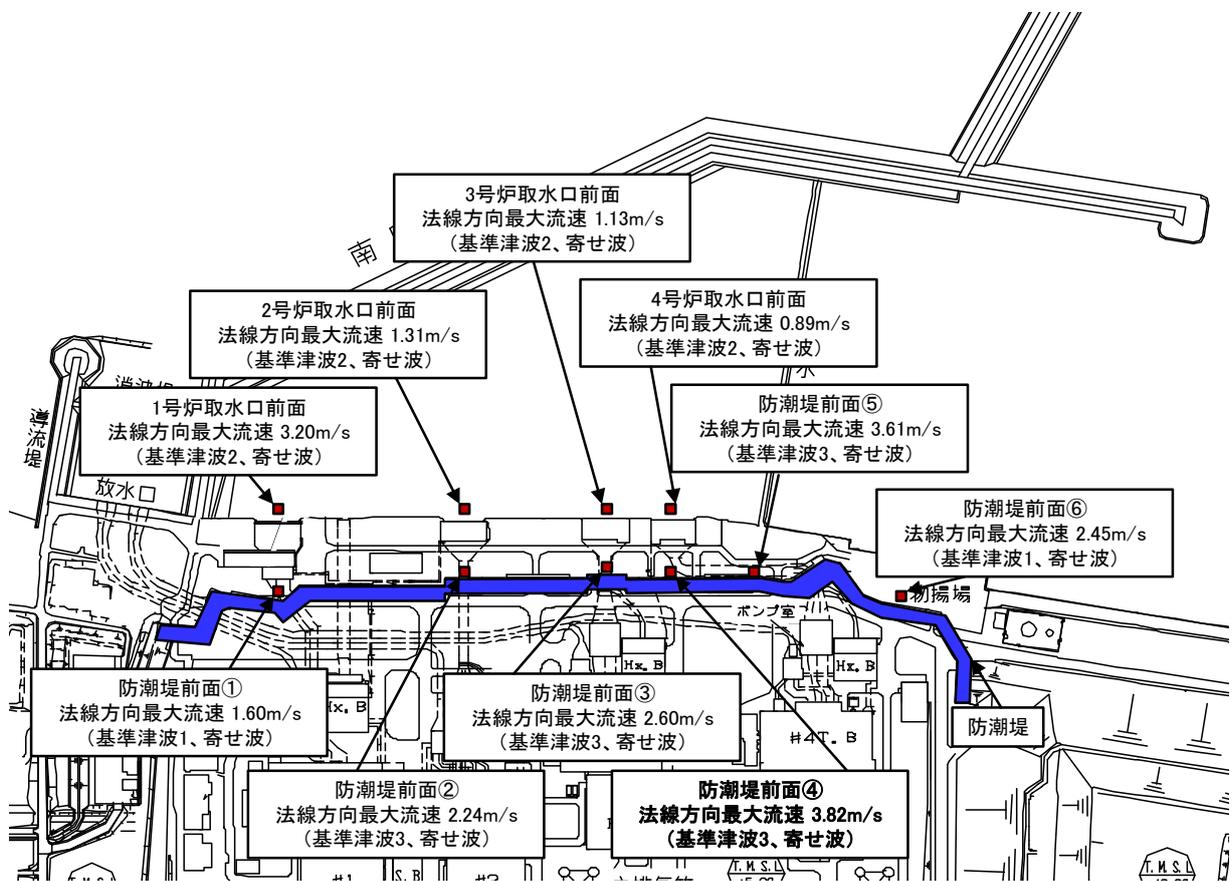
津波の流速は，津波遡上シミュレーションにより得られる値を用いる。また，漂流物が評価対象物に衝突する際の荷重の大きさは，評価対象物の法線方向の漂流速度に依存するため，各評価対象物（荒浜側防潮堤及び海水貯留堰）に対して法線方向の流速を整理した。

17.2 荒浜側防潮堤の評価に用いる津波流速

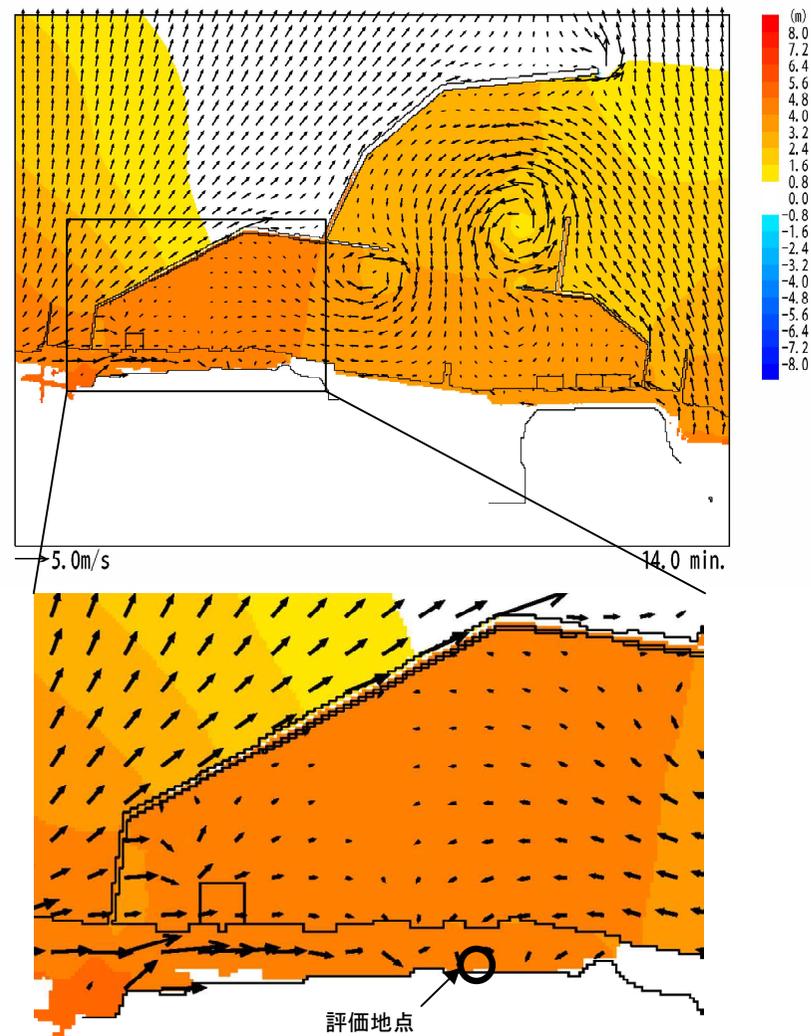
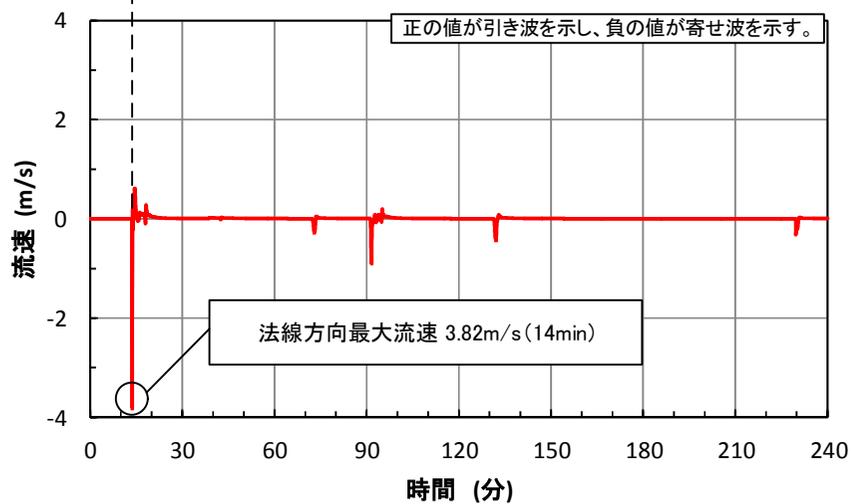
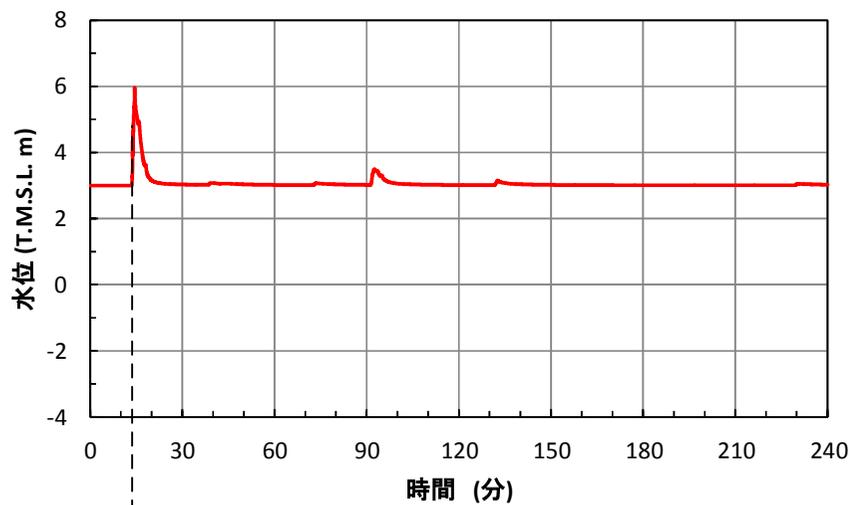
荒浜側防潮堤前面（陸域）、及び参考として近傍海域における、防潮堤法線方向の最大流速を添付第 17-2 図に示す。

荒浜側防潮堤の評価に用いる津波流速としては、添付第 17-2 図に示した計 10 点のうち、最大となる防潮堤前面④地点の 3.82m/s を安全側に 4.0m/s として設定する。なお、各地点により最大流速に若干の差異があるが、保守的に、防潮堤の評価部位（箇所）によらず一律で上記の 4.0m/s を適用し、評価を実施することとする。

防潮堤前面④地点の水位及び流速分布を添付第 17-3 図に示す。



添付第 17-2 図 荒浜側防潮堤周辺の最大流速（法線方向）



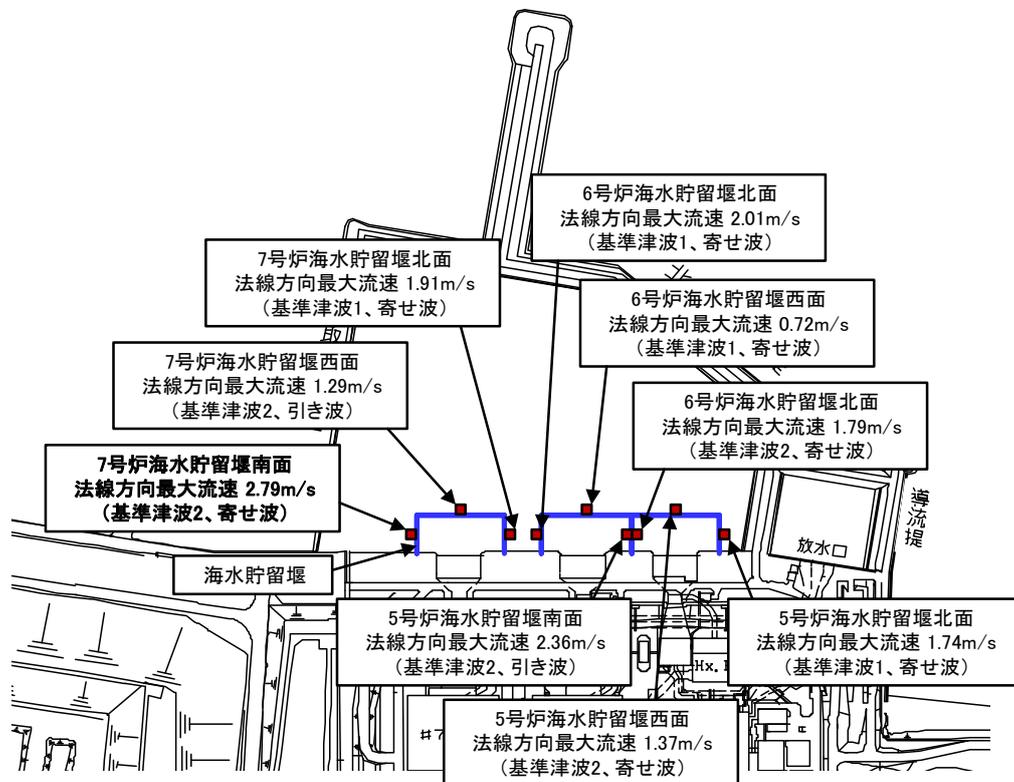
添付第 17-3 荒浜防潮堤前面最大流速時の流速分布

17.3 海水貯留堰の評価に用いる津波流速

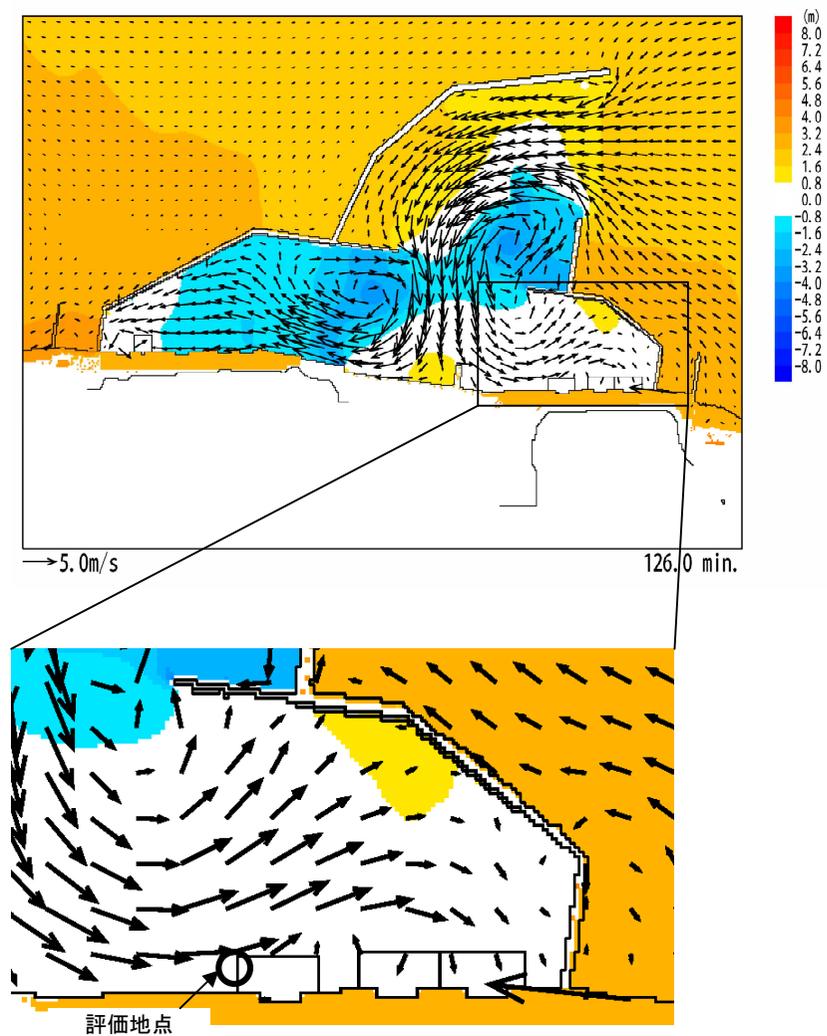
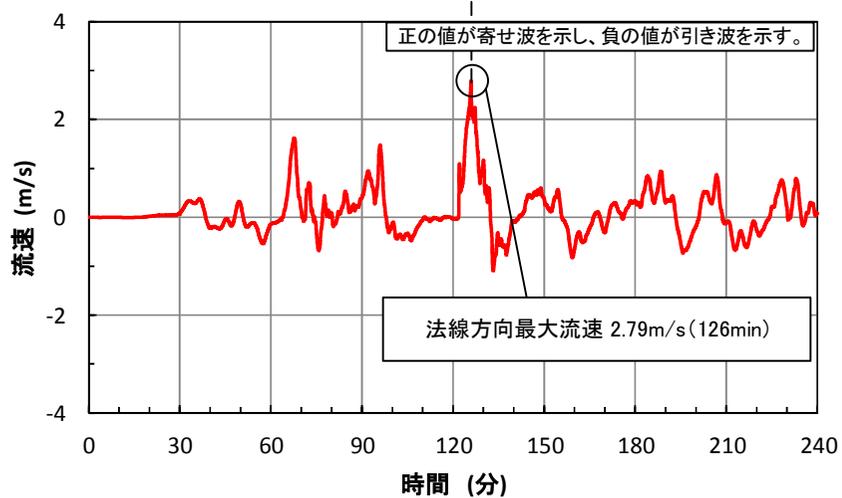
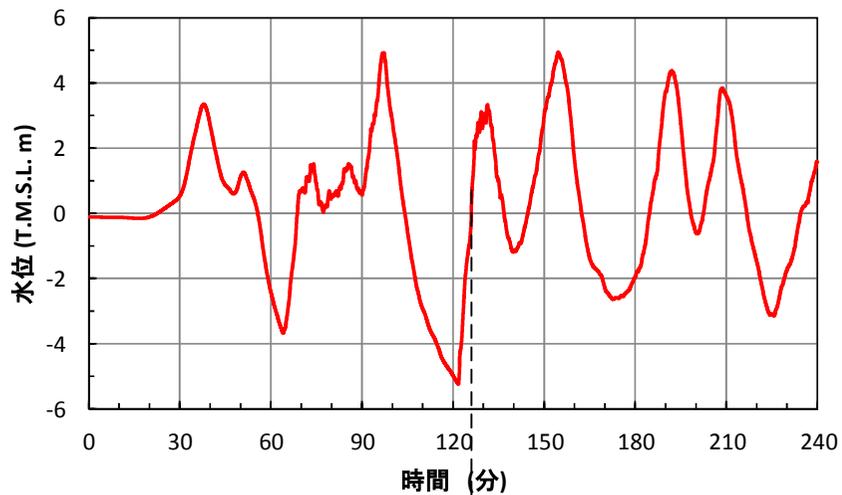
海水貯留堰前面における法線方向の最大流速を添付第 17-4 図に示す。

海水貯留堰の評価に用いる津波流速としては、添付第 17-4 図に示した計 9 点のうち、最大となる 7 号炉海水貯留堰南面地点の 2.79m/s を安全側に 3.0m/s として設定する。なお、各地点により最大流速に若干の差異があるが、保守的に、海水貯留堰の評価部位（箇所）によらず一律で上記の 3.0m/s を適用し、評価を実施することとする。

7 号炉海水貯留堰南面地点の水位及び流速分布を添付第 17-5 図に示す。



添付第 17-4 図 海水貯留堰周辺の最大流速（法線方向）



添付第 17-5 海水貯留堰前面最大流速時の流速分布

添付資料 2 3

入力津波に用いる潮位条件について

入力津波に用いる潮位条件について

1. はじめに

入力津波による水位変動に用いている潮位条件は、平成 22 年 1 月から平成 26 年 12 月まで（2010 年 1 月～2014 年 12 月）の 5 ヶ年のデータを使用しているが、観測期間の妥当性を確認するため、観測期間を 10 ヶ年の朔望潮位についても分析を行って影響検討を実施した。

また、柏崎刈羽原子力発電所の潮位観測については、敷地周辺にある「柏崎」（国土交通省国土地理院柏崎験潮場）の観測値を用いているが、敷地から南西約 11km と離れているため、敷地港外に設置されている波高計記録と比較した。

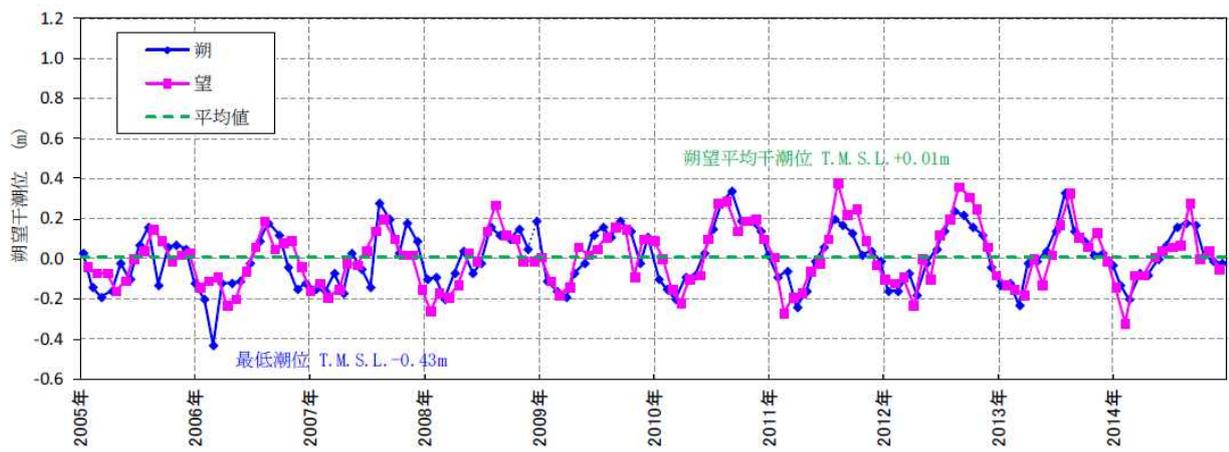
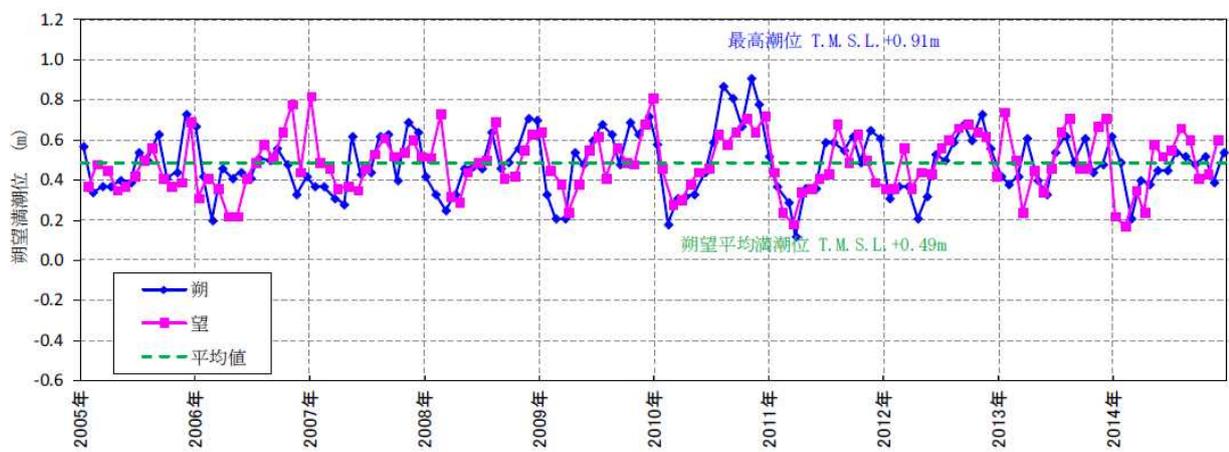
2. 観測期間の影響について

入力津波による水位変動に用いている潮位条件は、平成 22 年 1 月から平成 26 年 12 月まで（2010 年 1 月～2014 年 12 月）の 5 ヶ年のデータを使用しているが、平成 17 年 1 月からの 10 ヶ年（2005 年 1 月～2014 年 12 月）の朔望潮位についても分析を行った。分析結果を添付第 23-1 表に示す。

添付第 23-1 表から 5 ヶ年及び 10 ヶ年の朔望満潮位及び朔望干潮位、標準偏差について、同程度の値であることを確認した。また、添付第 23-1 図に 10 ヶ年（2005 年 1 月～2014 年 12 月）の潮位変化を示す。

添付第 23-1 表 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 ヶ年	10 ヶ年	5 ヶ年	10 ヶ年
平均値	T. M. S. L. +0. 49	T. M. S. L. +0. 49	T. M. S. L. +0. 03	T. M. S. L. +0. 01
標準偏差	0. 16	0. 15	0. 15	0. 14



添付第 23-1 図 10 ヲ年 (2005 年 1 月~2014 年 12 月) の潮位変化

3. 柏崎験潮場と敷地港外の波高計との比較について

柏崎刈羽原子力発電所の潮位観測については、敷地周辺にある「柏崎」（国土交通省国土地理院柏崎験潮場）の観測値を用いているが、敷地から南西約 11km と離れているため、敷地港外に設置されている波高計記録と比較した。

柏崎験潮場の位置を添付第 23-2 図に、敷地港外に設置されている波高計位置図を添付第 23-3 図に示す。

柏崎験潮場と波高計の違いを下記に示す。

- 波高計は、超音波式沿岸波高計であり、海底に超音波送受波器を設置し、水中から発射した超音波が海面で反射して戻るまでの時間を計ることにより、海面の水位変動を 0.5 秒間隔で計測している。概念図を添付第 23-4 図に示す。
- 柏崎験潮場は、フロート式の潮位計であり、導水管を通して井戸に出入りする海水の昇降を 30 秒間隔で計測し、日ごとの満干潮位を示している。波浪などの海水面の短周期変動成分を取り除き、観測基準点からの高さを標高に換算している。標高の基準としては、東京湾平均海面を用いている。概念図を添付第 23-5 図に示す。

波高計の記録と潮位計の記録を比較するため、波高計の記録の短周期成分を取り除くこととし、計測された水位を 1 時間平均値として整理した。

対象期間については、1 年間を通して潮位データが比較できることを考慮し、欠測が少ない期間とした。潮位計と波高計の各月の朔望満干潮位の推移については、添付第 23-6 図に、朔望平均満潮位・干潮位については添付第 23-2 表に示した。

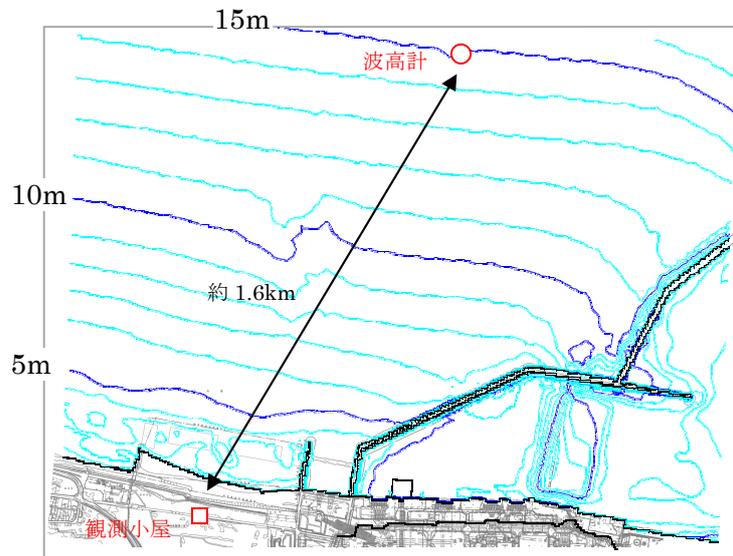
検討結果から、柏崎験潮場潮位と波高計の波形には、大きな差がなく、柏崎験潮場と波高計の朔望満潮位及び朔望干潮位の差は朔望平均満潮位で 4cm、朔望平均干潮位で 5cm 程度であり、大きな差がないことを確認した。

* 比較対象期間

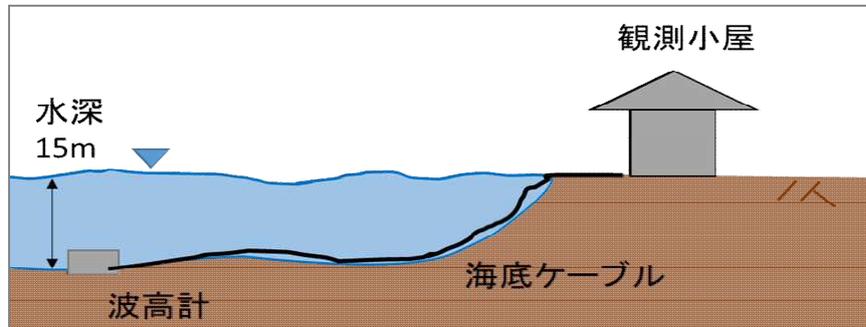
- ①2006 年 1 月～2006 年 12 月
- ②2011 年 1 月～2011 年 12 月
- ③2012 年 1 月～2012 年 12 月



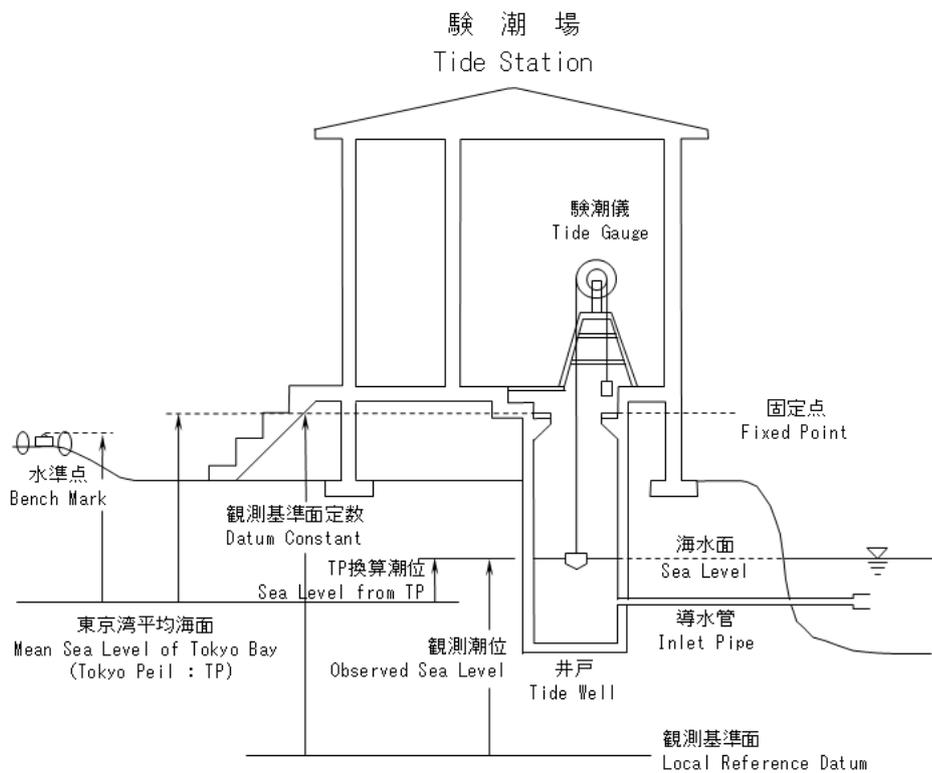
添付第 23-2 図 柏崎験潮場の位置



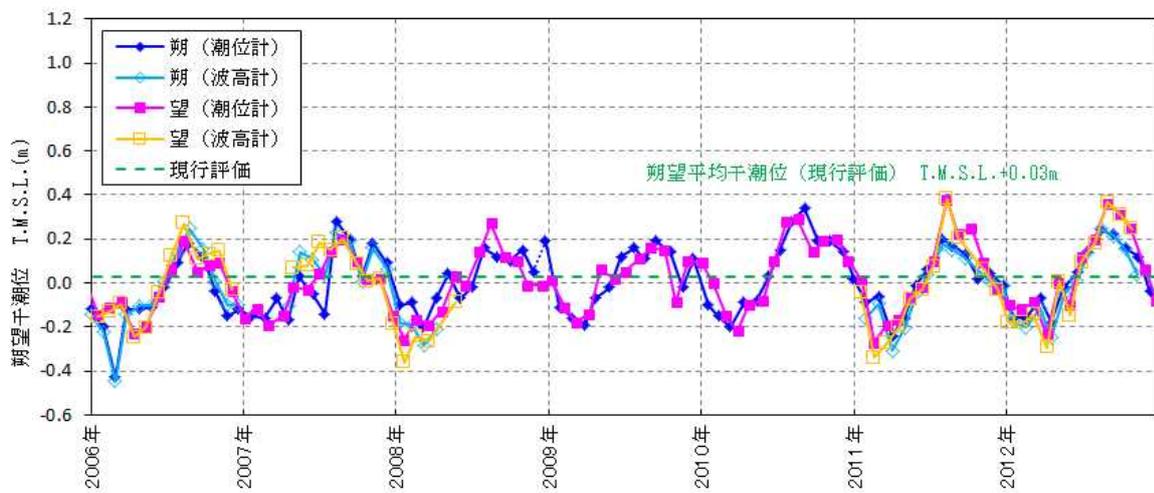
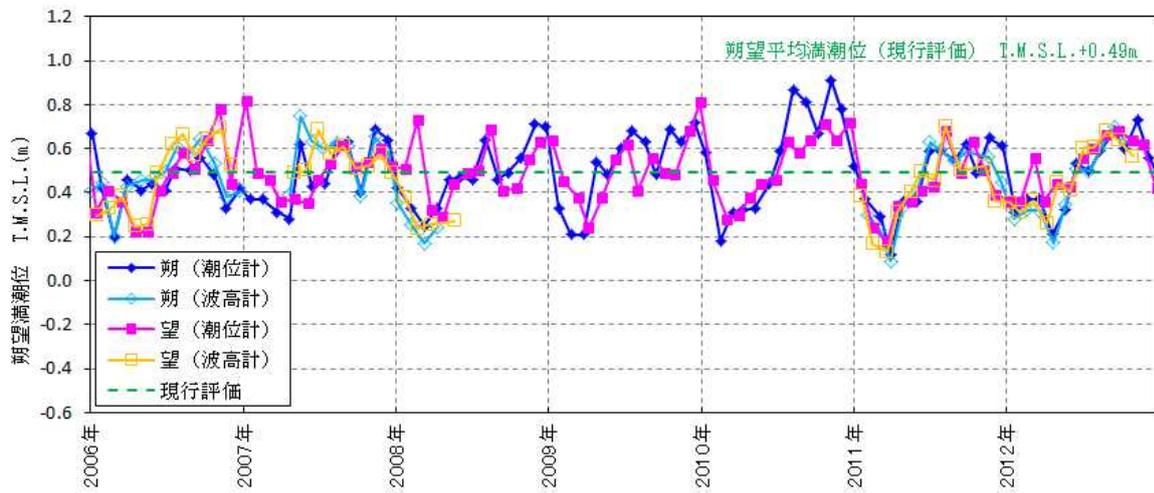
添付第 23-3 図 波高計の設置位置



添付第 23-4 図 超音波式沿岸波高計の概念図



添付第 23-5 図 潮位計の概念図（国土地理院 HP より）



添付第 23-6 図 各月の朔望満干潮位の推移

添付第 23-2 表 朔望平均の比較

	観測期間	朔望満潮位 (m)	朔望干潮位 (m)
敷地波高計	2006 年 1 月～2006 年 12 月	T. M. S. L. +0.47	T. M. S. L. -0.04
	2011 年 1 月～2011 年 12 月	T. M. S. L. +0.42	T. M. S. L. -0.03
	2012 年 1 月～2012 年 12 月	T. M. S. L. +0.46	T. M. S. L. +0.01
	平均値	T. M. S. L. +0.45	T. M. S. L. -0.02
柏崎験潮場	2010 年 1 月～2010 年 12 月	T. M. S. L. +0.55	T. M. S. L. +0.06
	2011 年 1 月～2011 年 12 月	T. M. S. L. +0.45	T. M. S. L. +0.02
	2012 年 1 月～2012 年 12 月	T. M. S. L. +0.50	T. M. S. L. +0.04
	2013 年 1 月～2013 年 12 月	T. M. S. L. +0.51	T. M. S. L. +0.02
	2014 年 1 月～2014 年 12 月	T. M. S. L. +0.45	T. M. S. L. +0.00
	現行評価 (平均値)	T. M. S. L. +0.49	T. M. S. L. +0.03