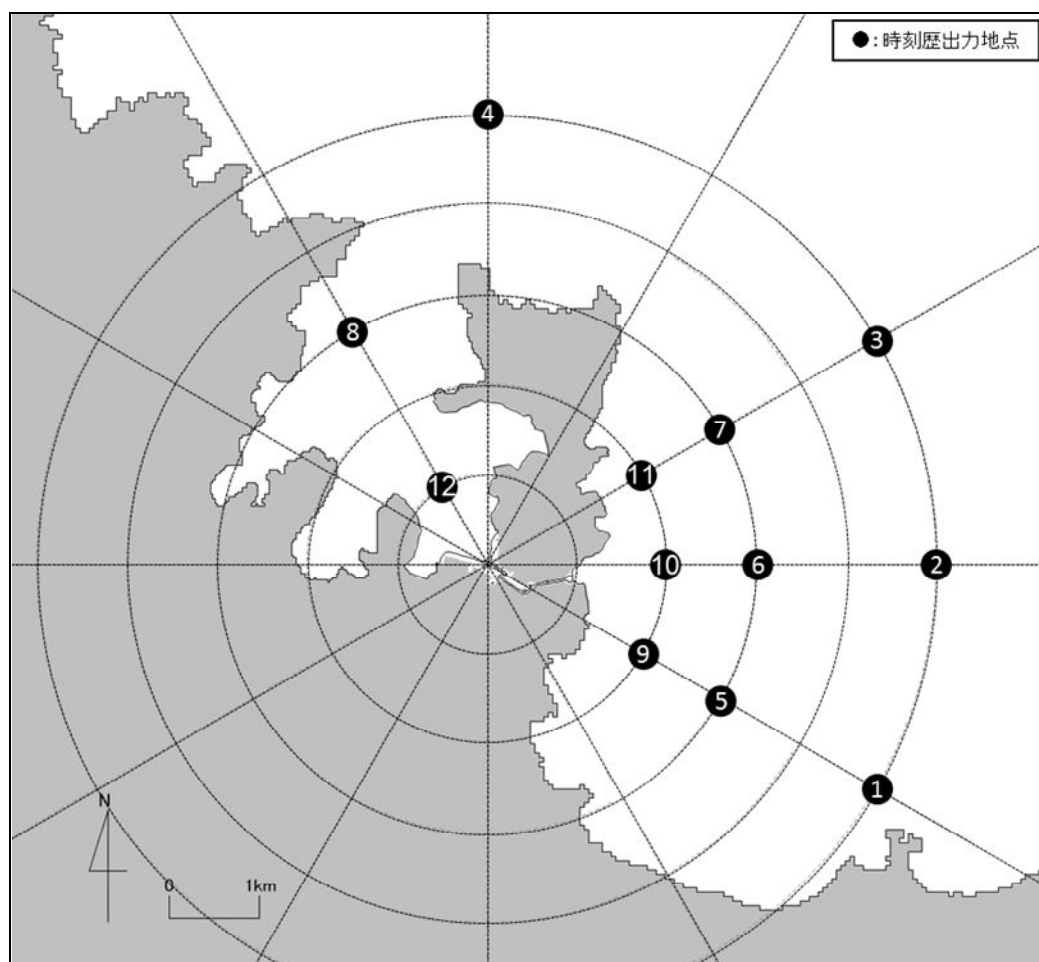


(2) 漂流物調査範囲の選定

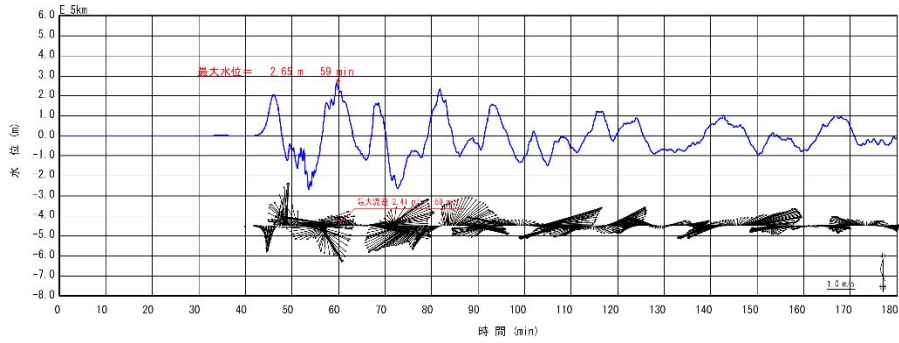
漂流物調査範囲の選定のため、基準津波 1（若狭海丘列付近断層と隠岐トラフ海底地すべりエリア B の一定計算）における沿岸域の 12 地点における水位、流向の時系列データを抽出した。抽出結果は、第 3-1-6 図及び第 3-1-7 図に示すとおりであるが、津波流速については、4.0m/s 以下となっている。

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

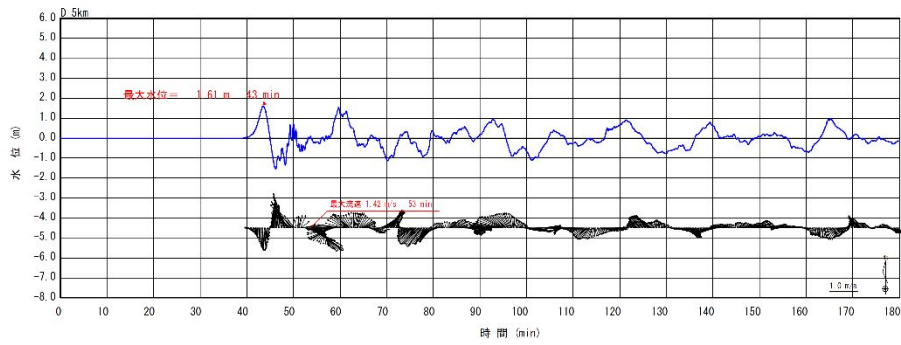


第 3-1-6 図 水位・流向・流速の抽出地点

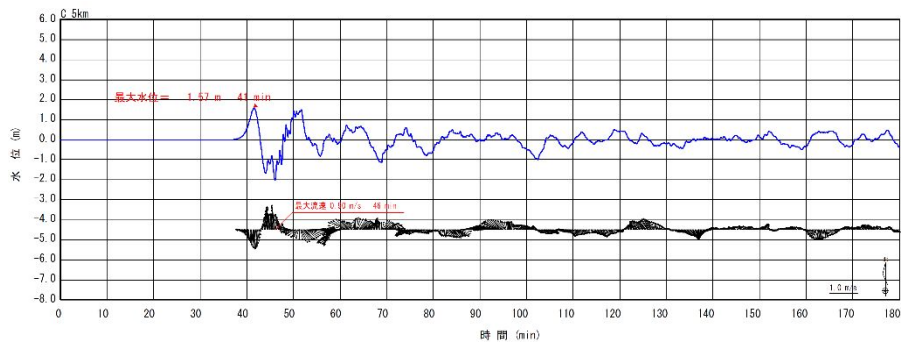
地点 1  
 (最大水位 : 2.65m 最大流速 : 2.41m/s)



地点 2  
 (最大水位 : 1.61m 最大流速 : 1.42m/s)

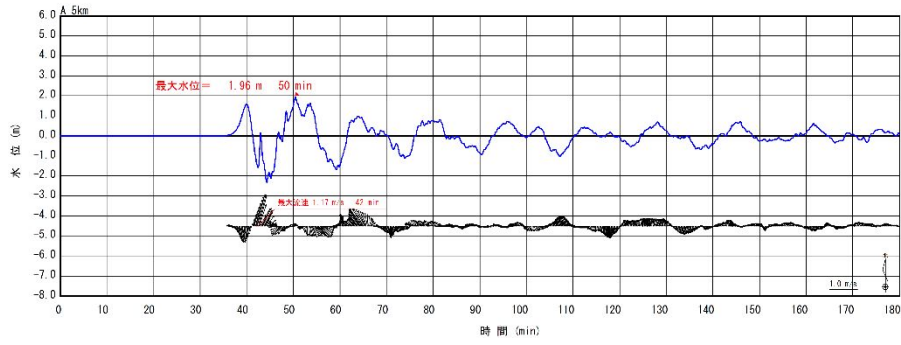


地点 3  
 (最大水位 : 1.57m 最大流速 : 0.50m/s)

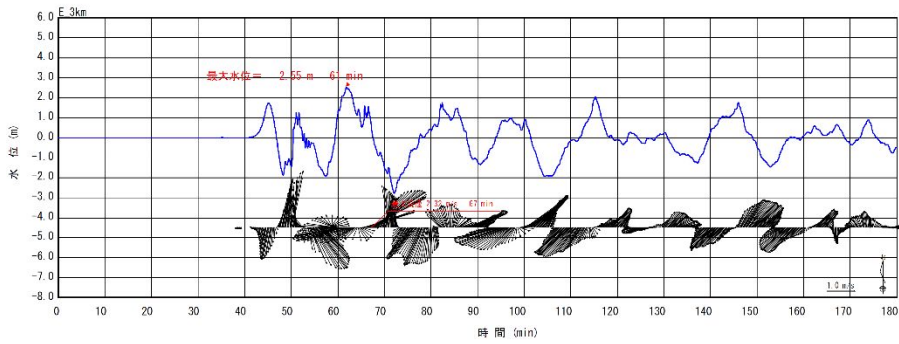


第 3-1-7 図 (1/4) 沿岸域において抽出した地点の水位、流向、流速

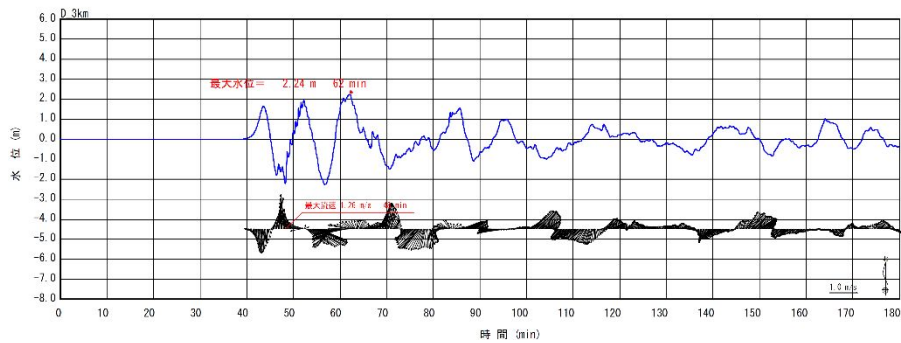
地点 4  
 (最大水位 : 1.96m 最大流速 : 1.17m/s)



地点 5  
 (最大水位 : 2.55m 最大流速 : 2.32m/s)

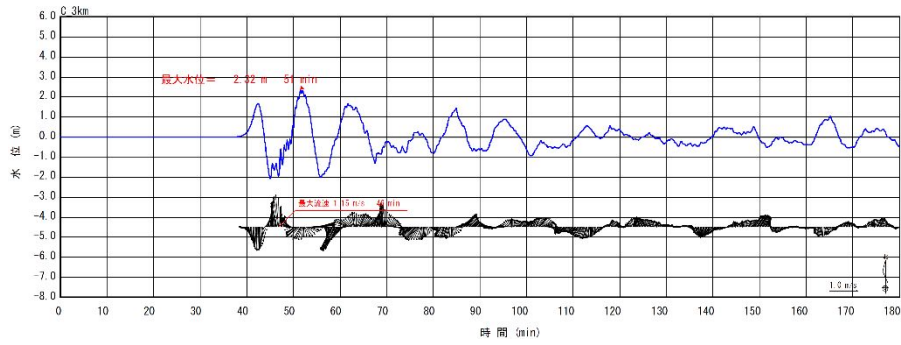


地点 6  
 (最大水位 : 2.24m 最大流速 : 1.26m/s)

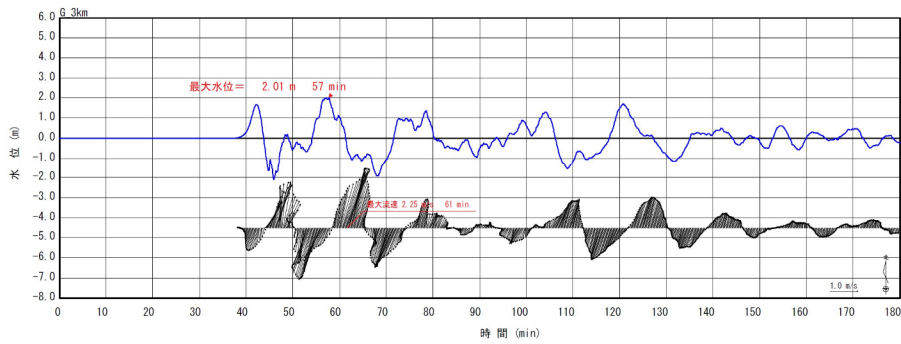


第 3-1-7 図 (2/4) 沿岸域において抽出した地点の水位、流向、流速

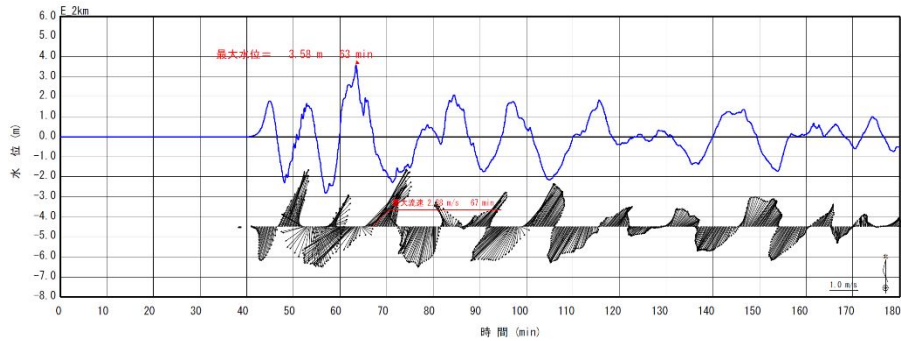
地点 7  
 (最大水位 : 2.32m 最大流速 : 1.15m/s)



地点 8  
 (最大水位 : 2.01m 最大流速 : 2.25m/s)

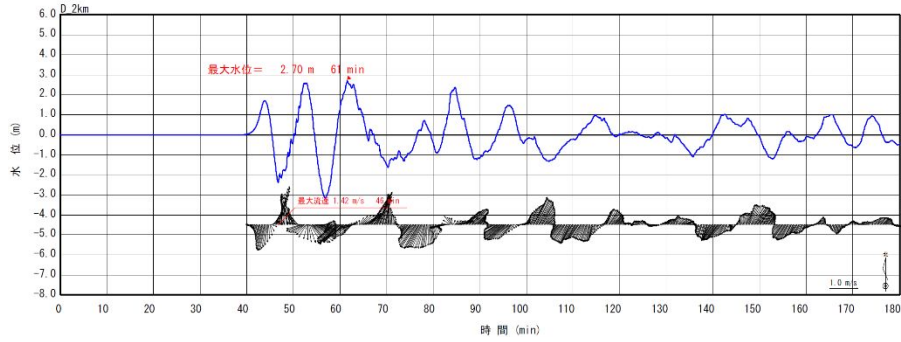


地点 9  
 (最大水位 : 3.58m 最大流速 : 2.38m/s)

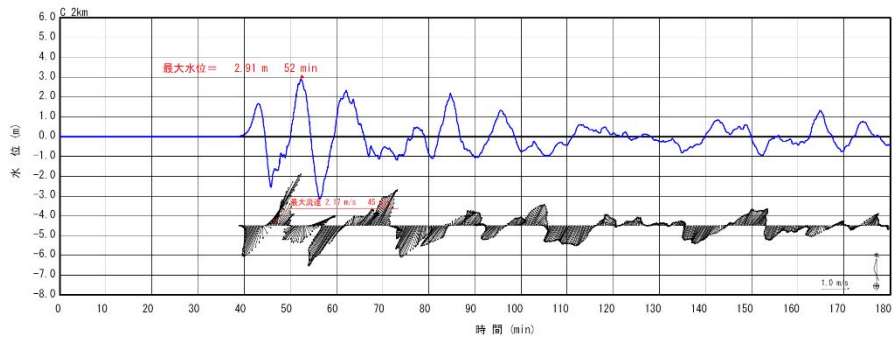


第 3-1-7 図 (3/4) 沿岸域において抽出した地点の水位、流向、流速

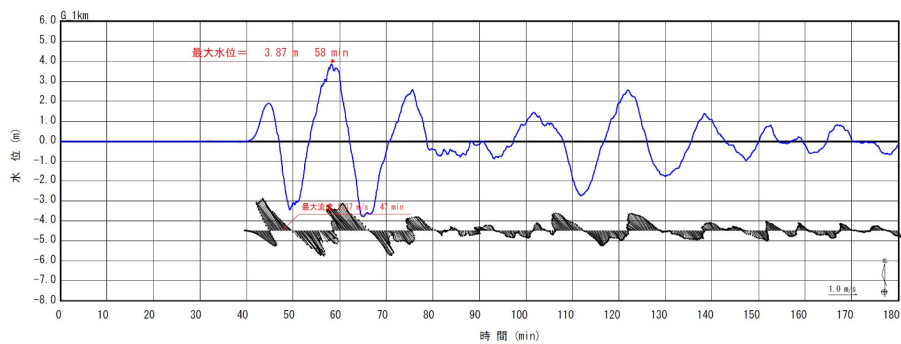
地点 10  
 (最大水位 : 2.70m 最大流速 : 1.42m/s)



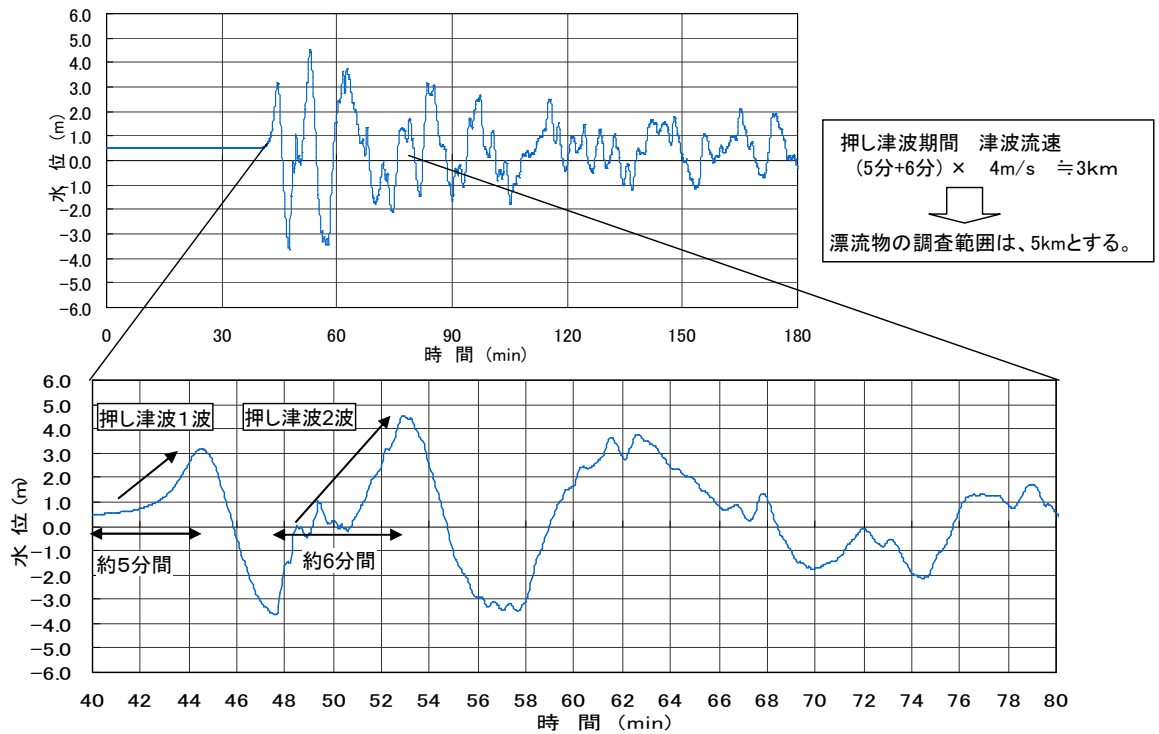
地点 11  
 (最大水位 : 2.91m 最大流速 : 2.17m/s)



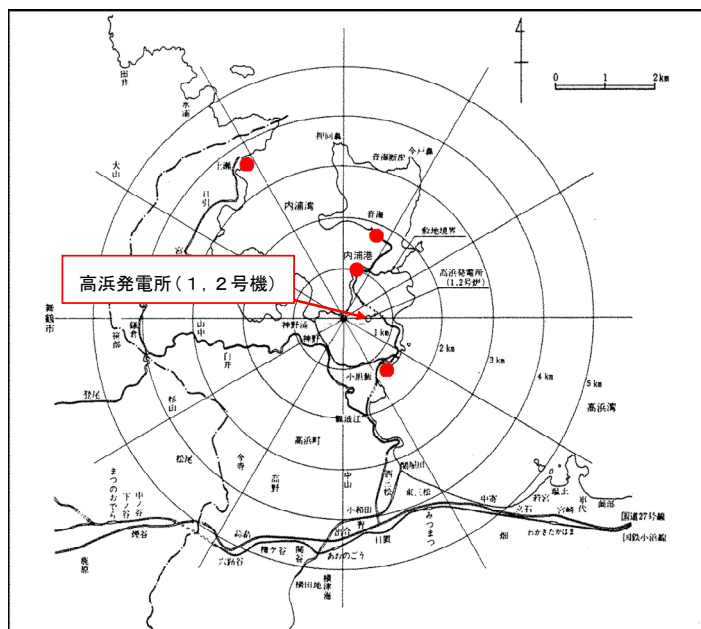
地点 12  
 (最大水位 : 3.87m 最大流速 : 1.37m/s)



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



第 3-1-8 図 漂流物調査範囲の考え方について



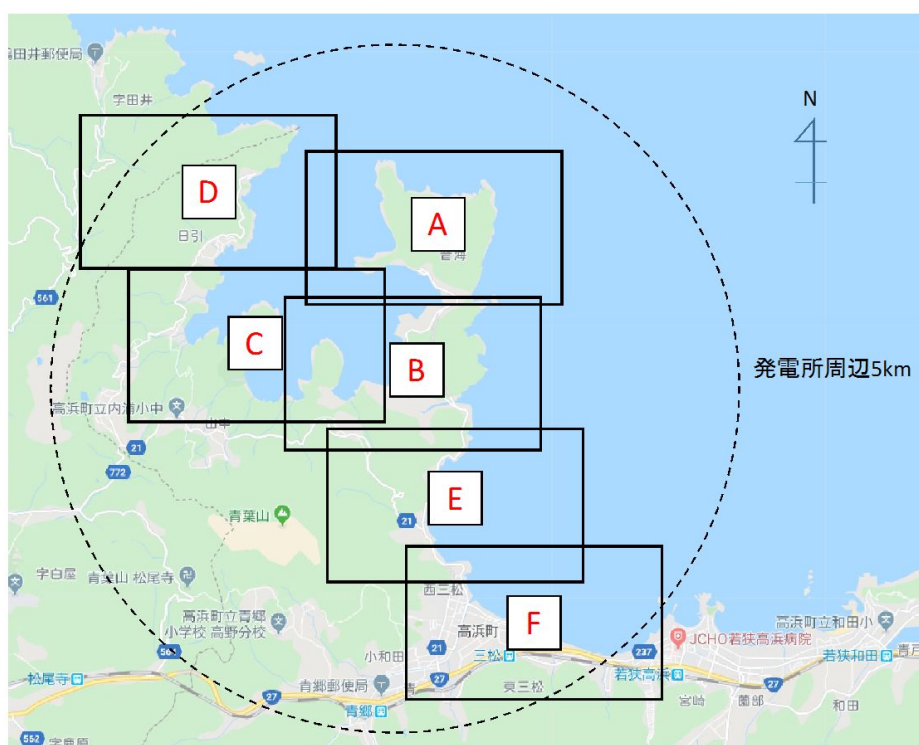
第 3-1-9 図 高浜発電所敷地付近地図 (港湾施設及び漁港の位置)

(3) 発電所構外における漂流物となる可能性のある施設・設備等の抽出

a. 漂流物となる可能性のある施設・設備等の抽出範囲の選定

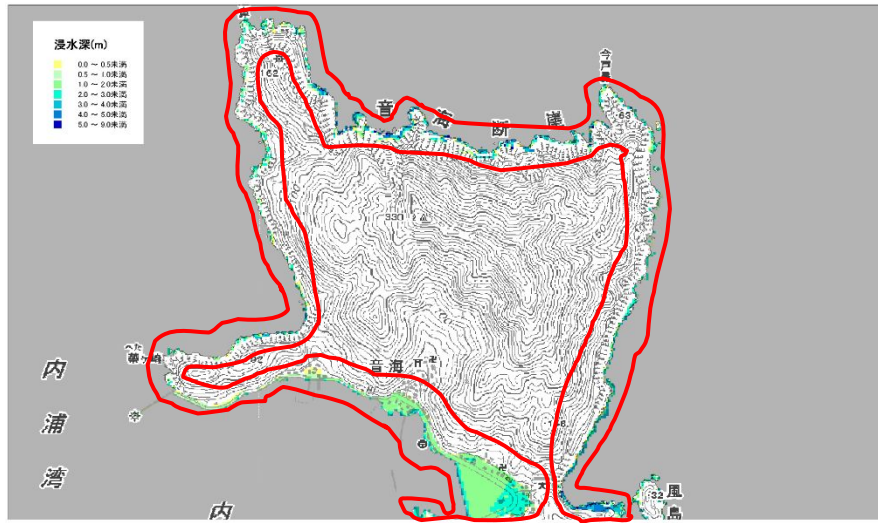
発電所周辺約 5km の範囲（第 3-1-10 図）について、「福井県における津波シミュレーション結果について 津波最大浸水深図（高浜町別図）平成 24 年 9 月 3 日」（以下「高浜町津波ハザードマップ」という。）により示される浸水域に、施設・設備等の有無を考慮して抽出範囲を赤枠で示した。赤枠で示した範囲内について漂流物となる可能性のある施設・設備等を抽出する。網羅的に調査した結果を漂流の可能性のある施設・設備として取り纏めた（第 3-1-11 図、第 3-1-12 図及び第 3-1-1 表～第 3-1-3 表）。

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

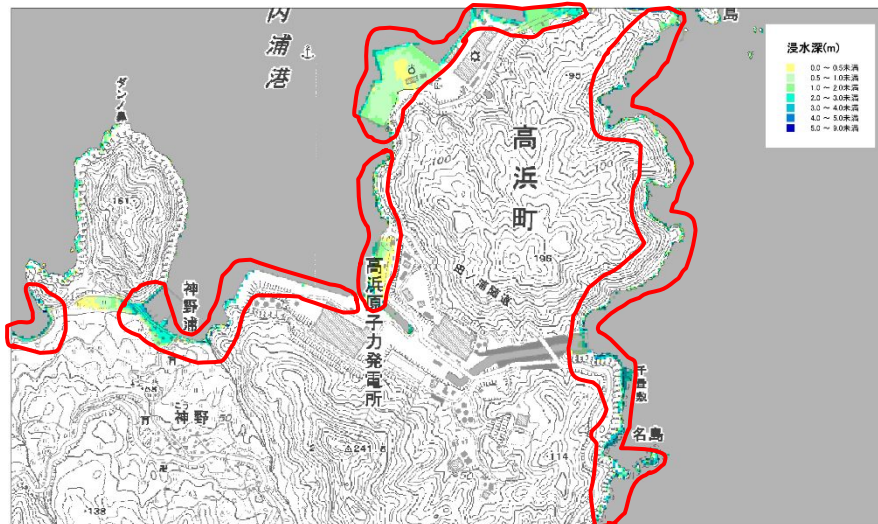


第 3-1-10 図 発電所周辺約 5km の範囲

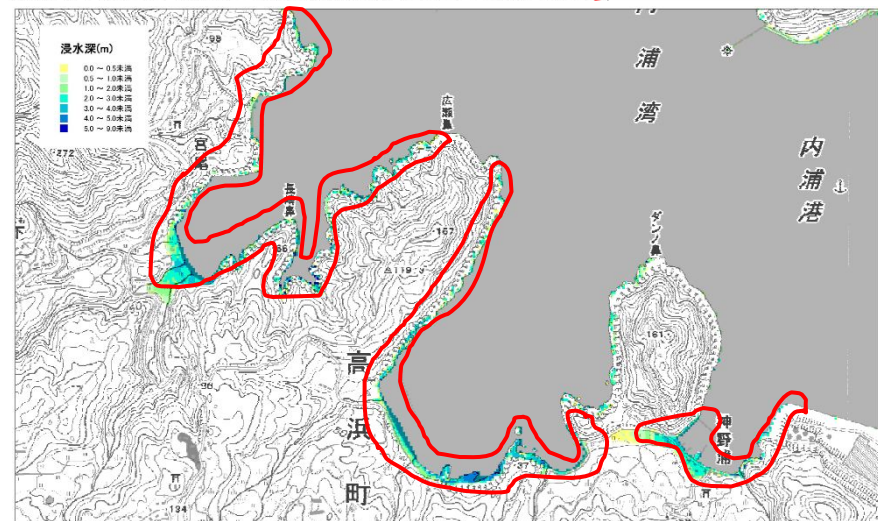
A



B



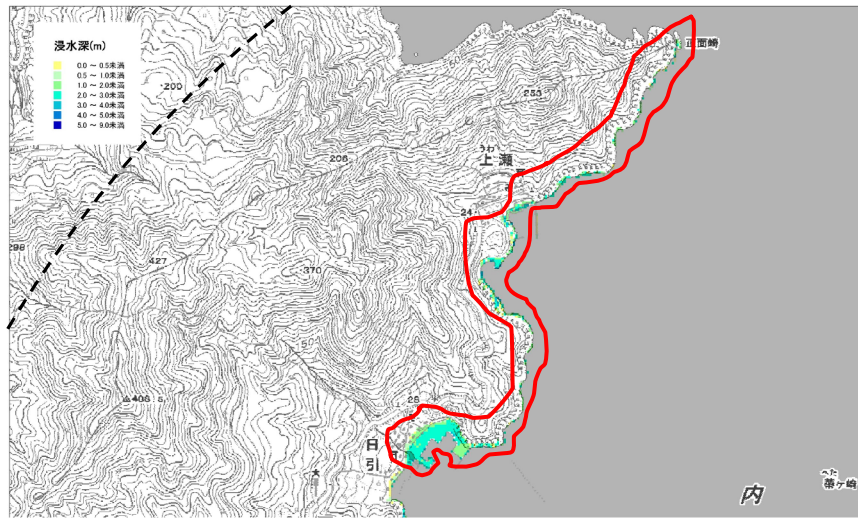
C



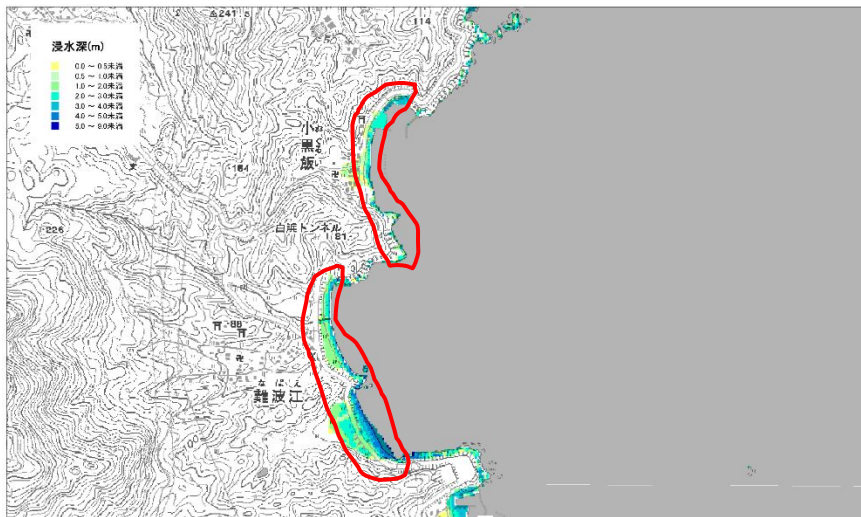
第3-1-11 図(1/2) 高浜町津波ハザードマップ



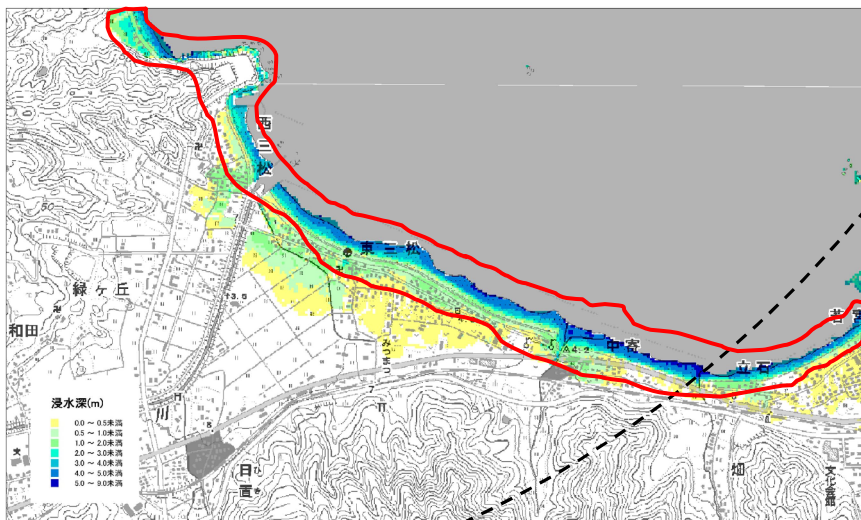
D



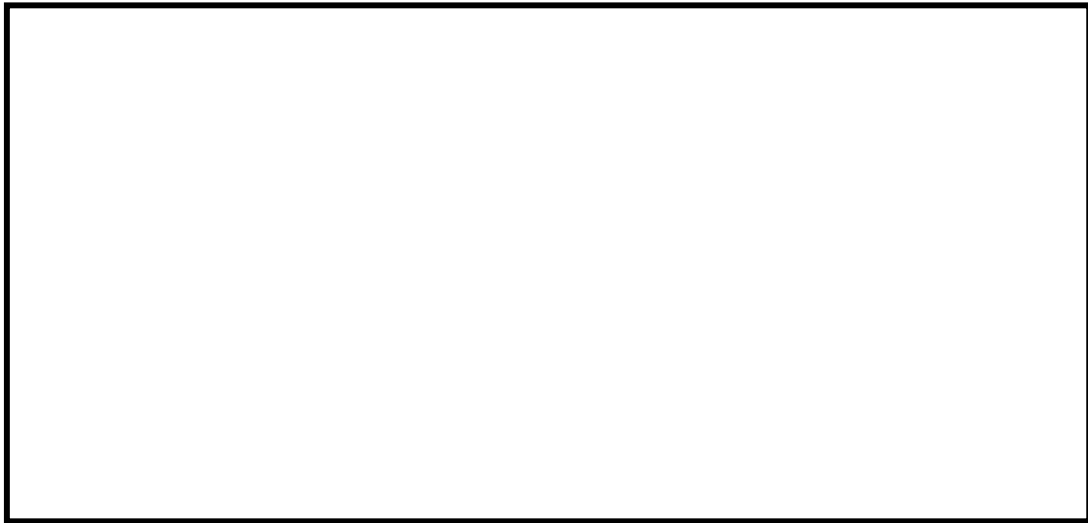
E



F



第3-1-11 図(2/2) 高浜町津波ハザードマップ



第 3-1-12 図 高浜発電所津波シミュレーション結果

b. 漂流物となる可能性のある施設・設備等の抽出

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

① 漂流物ガイドラインにて示される施設・設備等の公開データによる抽出

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

第 3-1-1 表 漂流物ガイドラインにて示される対象漂流物の確認結果

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

② 漂流物ガイドラインにて示される施設・設備等以外の公開データによる抽出

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

第 3-1-2 表 漂流物ガイドラインにて示される対象漂流物以外の確認結果

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

③ 現場ウォークダウンによる抽出結果

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

第 3-1-3 表 現場ウォークダウンによる抽出結果

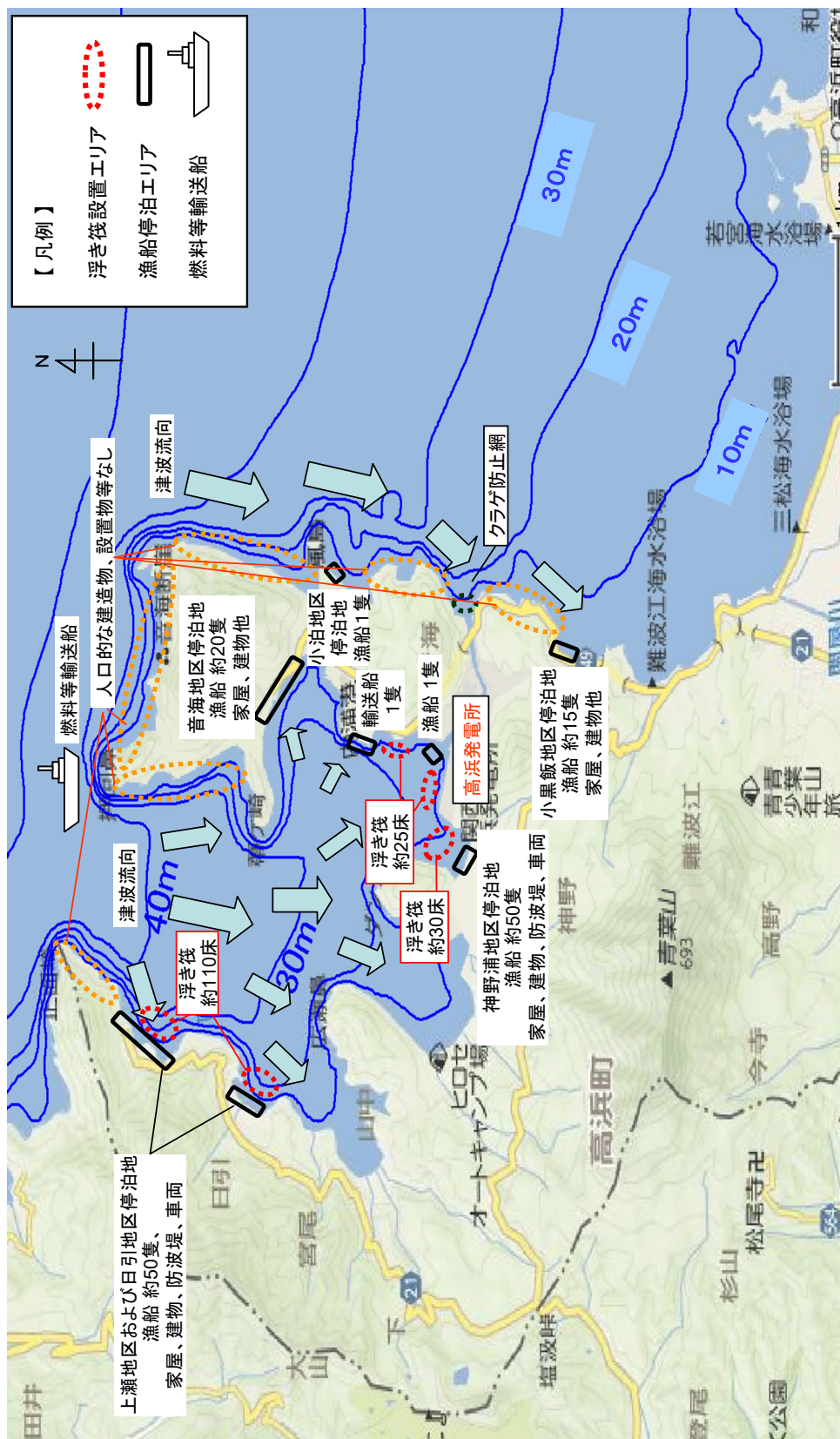
現場ウォークダウンにて抽出した施設・設備等	抽出した位置	数量
船舶 ・漁船 ・輸送船	内浦湾 内浦湾以外 内浦港	1 隻 (10t) 約 120 隻 (10t) 15 隻 (10t) 1 隻 (5000t)
車両 (一般車両)	音海地区 神野浦地区 日引地区 上瀬地区 内浦港	多数
家屋、建物	音海地区 神野浦地区 日引地区 上瀬地区 内浦港	多数
その他 ・浮き筏 ・防波堤	音海地区 神野浦地区 日引地区 上瀬地区 内浦港	165 床 (1t) 多数

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

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

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

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

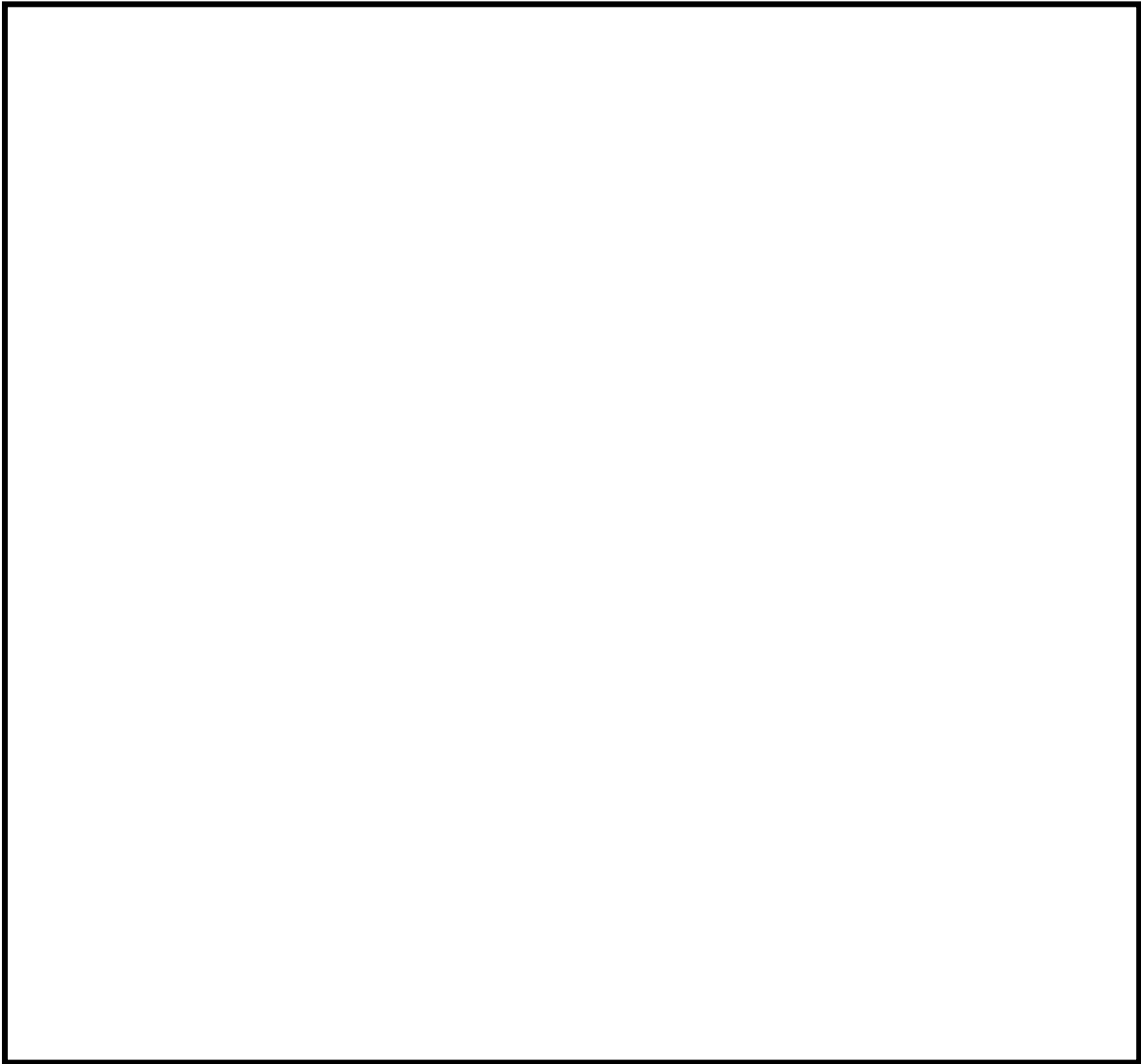


第 3-1-13 図 発電所構外における漂流物となる可能性のある施設・設備等の抽出結果

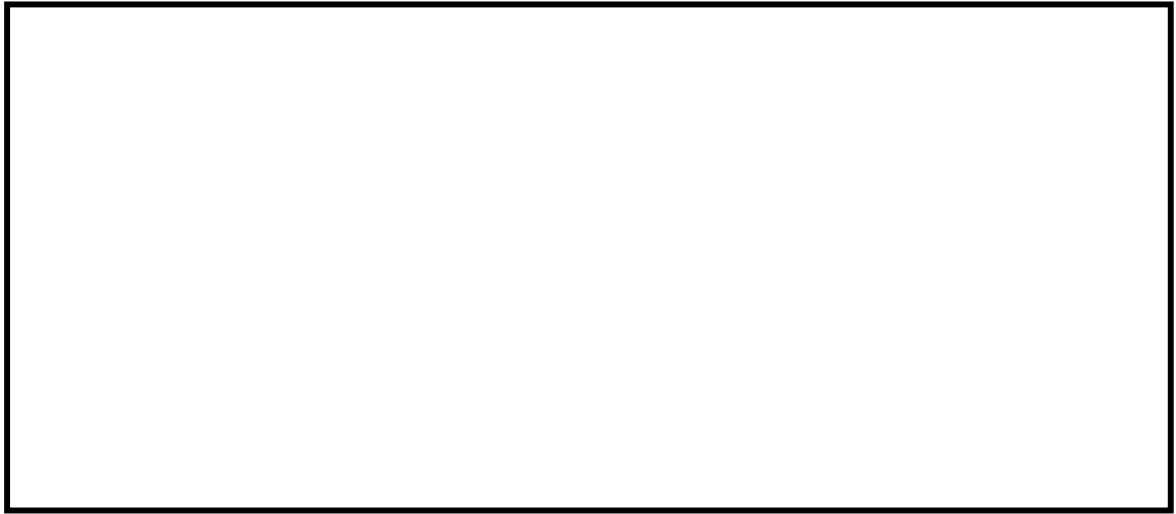
(4) 発電所構内における漂流物となる可能性のある施設・設備等の抽出

a. 漂流物となる可能性のある施設・設備等の抽出範囲の選定

発電所構内の敷地において、津波シミュレーション結果から浸水する範囲を抽出範囲として選定する（第 3-1-14 図及び第 3-1-15 図）。



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



第 3-1-15 図 高浜発電所 津波遡上範囲

b. 漂流物となる可能性のある施設・設備等の抽出

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

① 構内配置図による抽出

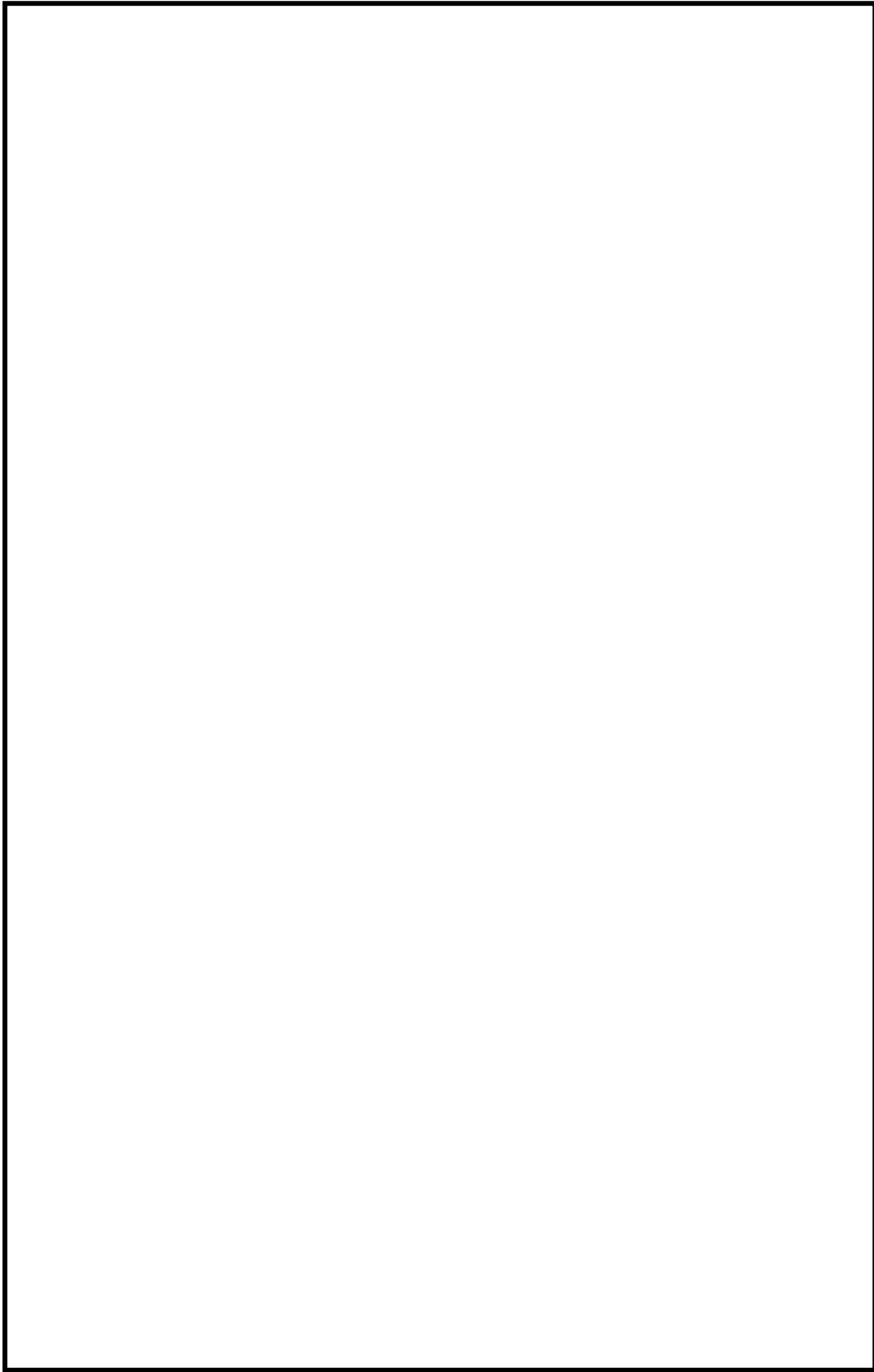
津波遡上範囲について、構内配置図に赤枠で示した漂流物となる可能性のある施設・設備等を抽出した。

② 現場ウォークダウンによる抽出

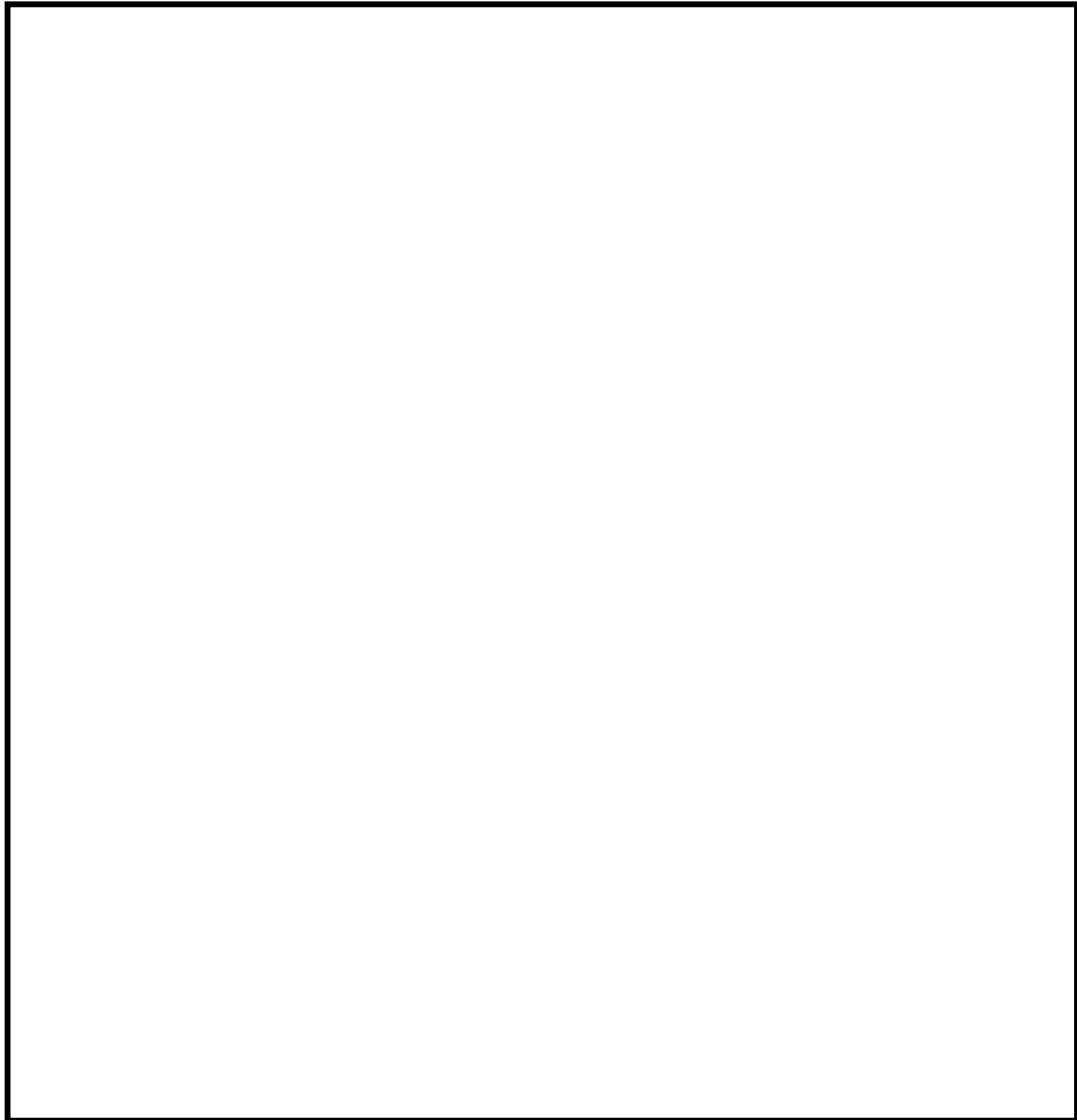
現場ウォークダウンにより、①にて抽出した施設・設備等について現場確認を行うと共に、構内配置図上では確認できない漂流物となる可能性のある施設・設備等を抽出した。

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

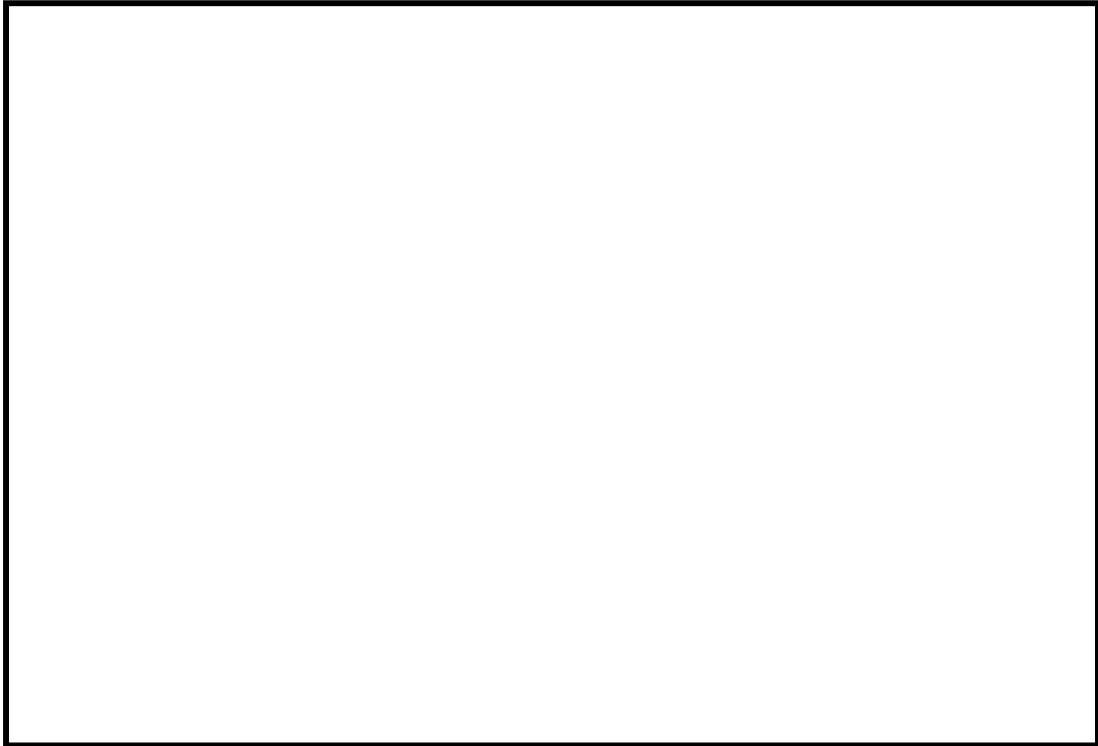




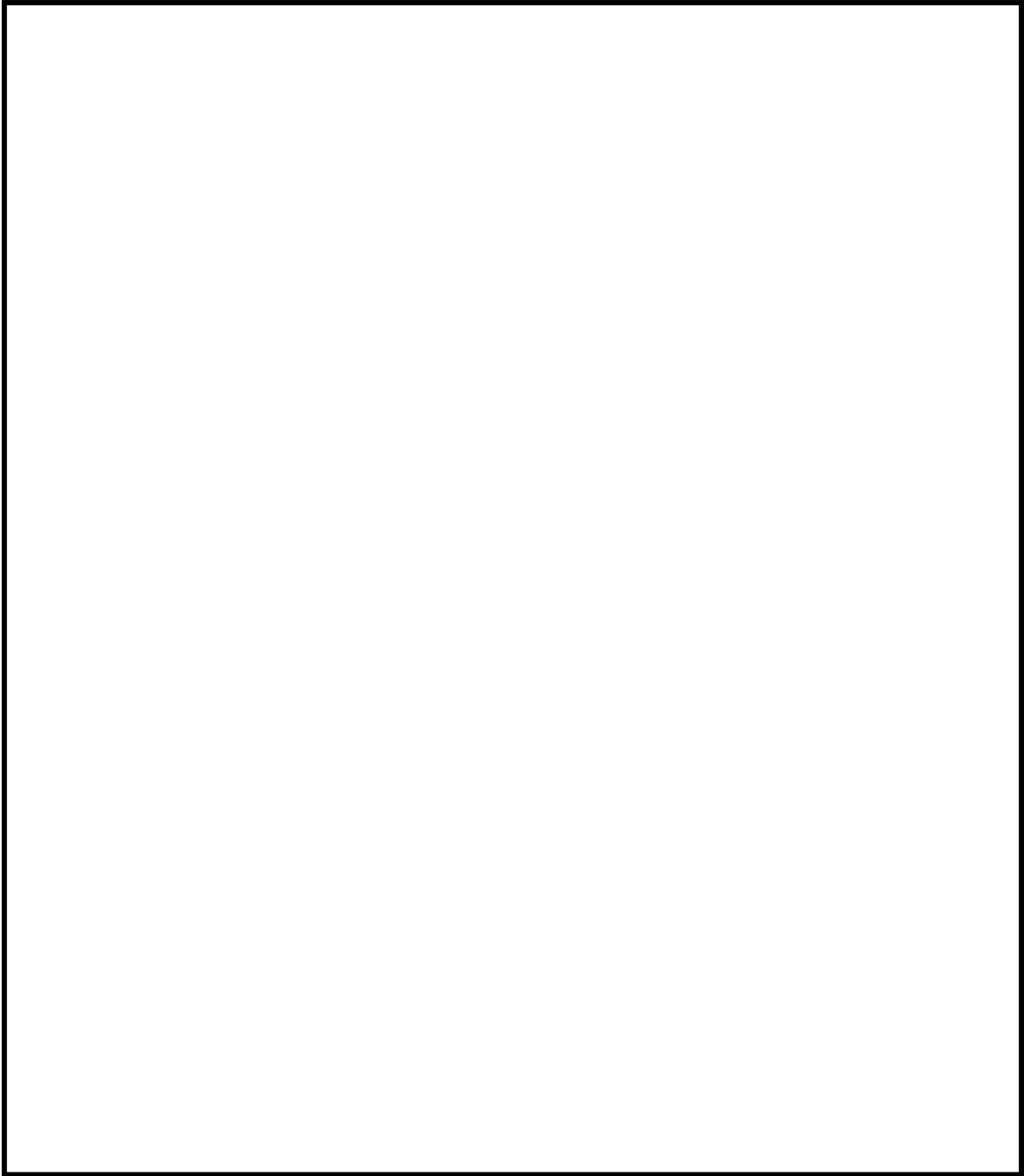
第 3-1-16 図 放水口側（物揚岸壁付近）の協力会社事務所等構築物



第 3-1-17 図 放水口側（物揚岸壁付近）の協力会社事務所等構築物



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



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

- c. 発電所構内における漂流物となる可能性のある施設・設備等の抽出結果の集約  
抽出結果を以下の通り集約した(第 3-1-5 表)。

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

--

(5) 漂流物となる可能性のある施設・設備等の評価

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

a. 施設・設備等の漂流物となる可能性の評価

重量物であり沈降するか、または漂流物となるかの評価を実施した。

① 発電所構外における評価（第 3-1-6 表）

①-1 船舶（漁船、輸送船）

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

①-2 木造建屋

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

①-3 鉄筋コンクリート造建屋

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

①-4 防波堤

地震により仮に破損したとしても、重量物であり漂流物とはならない。

①-5 車両

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

①-6 その他（浮き筏）

比較的軽量の漁具等については、漂流物となる可能性は否定できない。

② 発電所構内における評価（第 3-1-7 表）

②-1 船舶（燃料等輸送船）

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

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

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

②-3 鉄筋コンクリート造建屋

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

②-4 鉄骨造建屋

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

②-5 車両（60t クレーン、25t クレーン、100t クレーン、高所作業車、橋梁点検車、軽自動車、乗用車、トラック、ユニック、仮設資材、燃料輸送車両、LLW 輸送車両、LLW 輸送車両（輸送容器含む））  
軽自動車、乗用車、トラック及び仮設資材は、内部に空気層があるため、浮遊を考慮した場合、漂流物となる可能性は否定できない。

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

60t クレーン、25t クレーン、100t クレーン、高所作業車、橋梁点検車及びユニックは、重量物であり、漂流物としない。また、高所作業車、橋梁点検車及びユニックは漂流物としないものの津波が到達しない場所へ退避する方針とする。（詳細は後述の「(8) 車両（燃料輸送車両及び LLW 輸送車両以外の車両）に係る評価」に示す。）

②-6 定置網等

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

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

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

植林は、海水より比重が小さいことから漂流物となる可能性は否定できない。

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



第 3-1-6 表 施設・設備等の漂流物となる可能性の評価結果(発電所構外)

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

第3-1-7表 施設・設備等の漂流物となる可能性の評価結果(発電所構内)

--

※1：輸送車両に積載されている場合は、輸送車両退避の方針に準ずる、※2：漂流物とならないものの、可能な範囲で敷地内の津波が到達しない場所へ避難する方針、※3：漂流物とならないものの、敷地内の津波が到達しない場所へ避難する方針

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

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

① 発電所構外における評価

①-1 船舶（漁船）

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

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

(a) (震後53分)：取水庭内の最大水位は、震後53.05分に

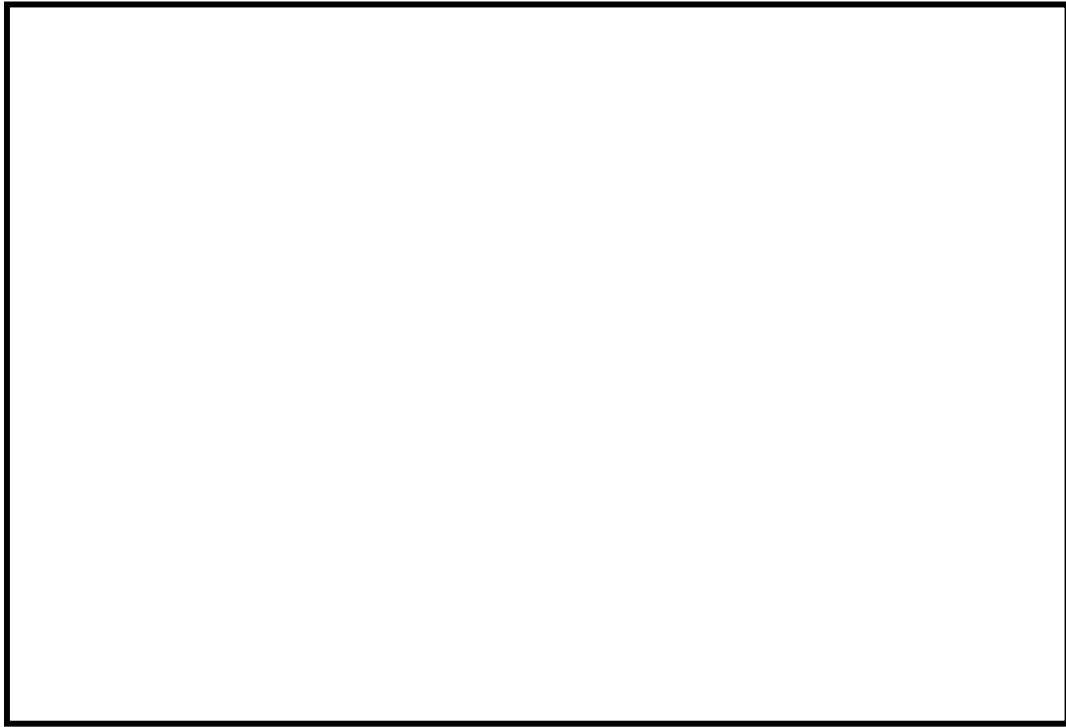
T.P. [ ]m程度となり、更に高潮との重畳([ ]m)を考慮すると、漂流物（漁船喫水1.9m）は、取水口ケーソン天端（T.P. [ ]m）を越えて取水路内に浸入する可能性があり、取水路に沿って取水路防潮ゲートに向かう。

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

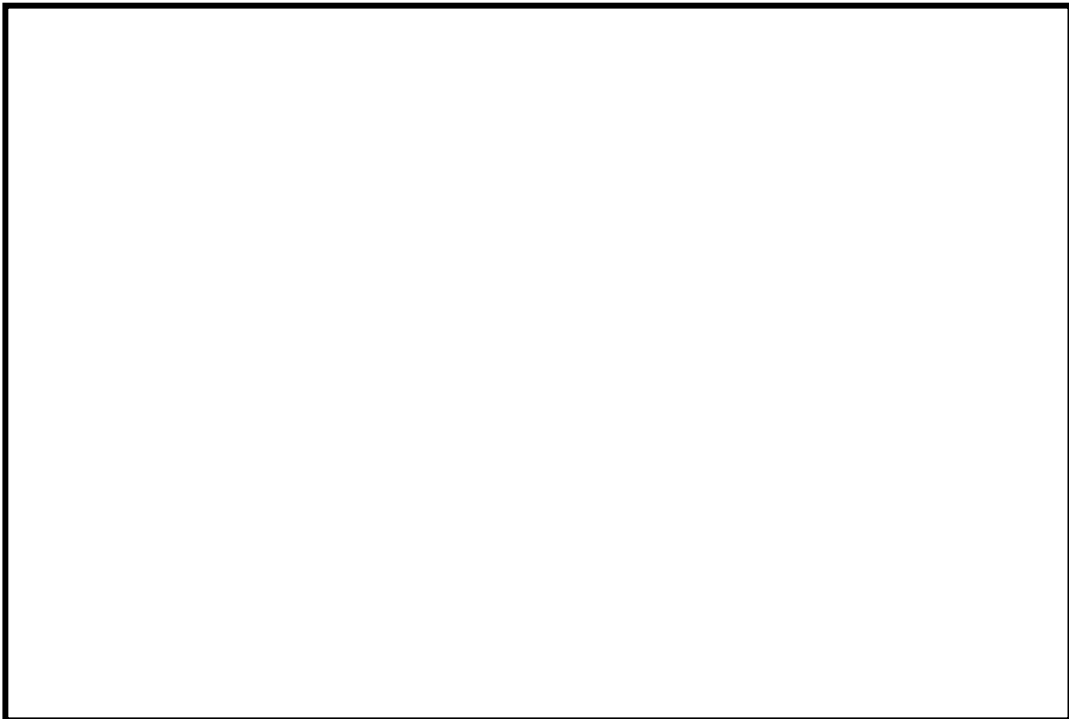
(c) (震後58分)：取水庭内の最低水位は震後58.20分にT.P. [ ]mとなるが、非常用海水路呑み口前の水深はT.P. [ ]mであることから、漁船（喫水1.9m）は座礁する可能性はなく、非常用海水路呑み口前に留まることはない。

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

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



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



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

#### ①-2 船舶（輸送船）

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

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

#### ①-3 木造建屋

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

#### ①-4 車両

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

#### ①-5 その他（浮き筏）

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

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

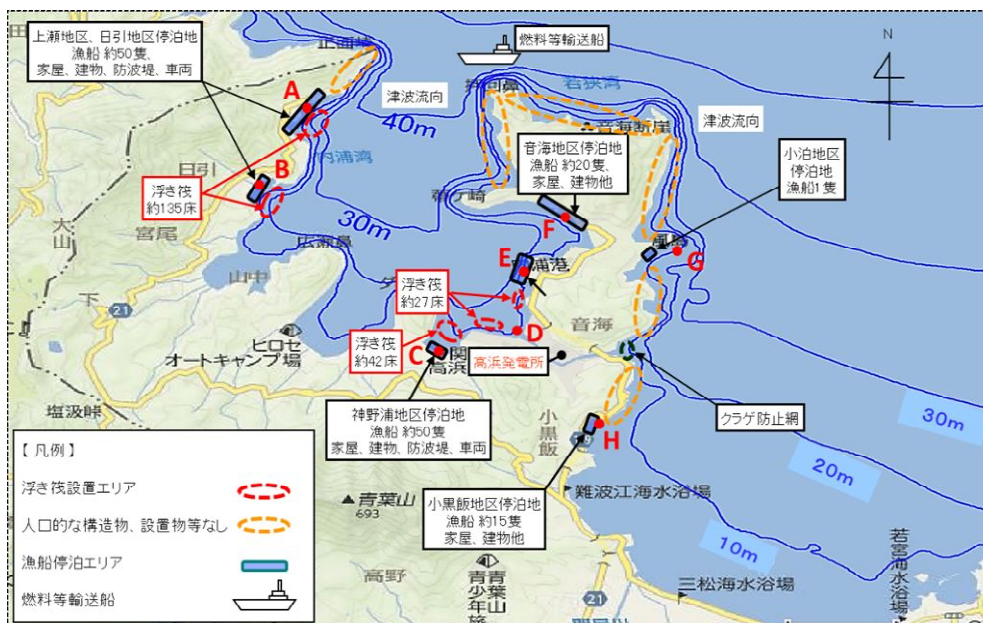
高浜発電所周辺に停泊中の漁船・家屋・建物等が漂流物となった  
場合を想定し、津波襲来時における挙動をシミュレーションした。  
波源及び計算条件を第 3-1-8 表に、想定した漂流物の初期位置を第  
3-1-22 図、津波襲来時における挙動の軌跡を第 3-1-23 図に示す。

漂流物の挙動は、水粒子の軌跡と完全に一致するものではないが、  
水粒子の軌跡のほうが漂流物の挙動と比較して敏感であり、漂流物  
の発電所への影響を評価する上で重要な項目である流向については、  
十分に把握できると考えられる。また、第 3-1-23 図に示す通り、水  
粒子の軌跡は押し波・引き波を交互に受けて、ある一定の範囲内を  
移動する挙動を示しており、移動の方向についても発電所に向かう  
ような傾向を示していないことから、漂流物に作用する慣性力の影

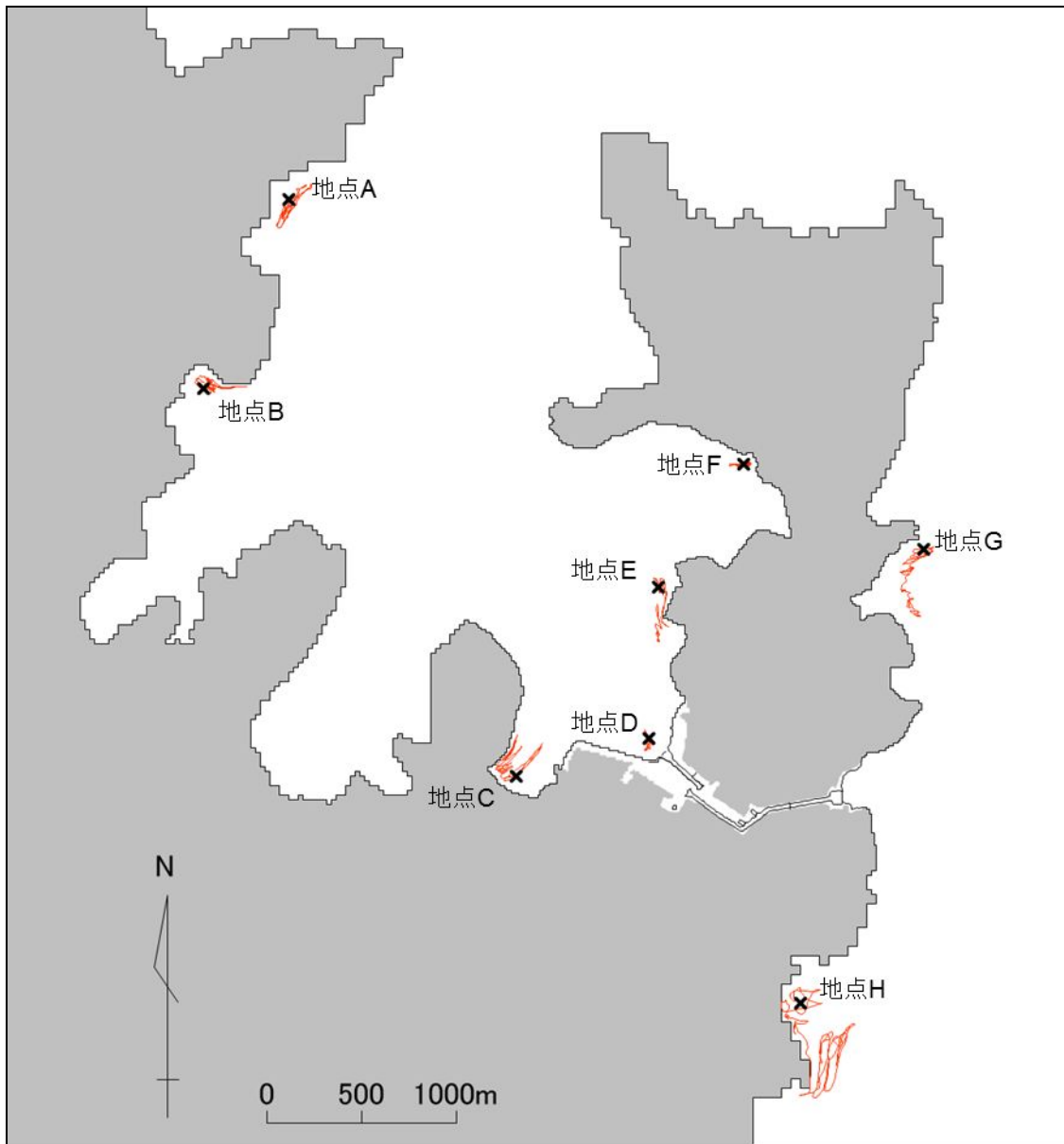
響を考慮したとしても、漂流物が発電所に影響を及ぼすような挙動を示す恐れはない。

第 3-1-8 表 漂流物軌跡解析の波源及び計算条件

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



第 3-1-22 図 想定した漂流物の初期位置



第 3-1-23 図 基準津波による漂流物の軌跡

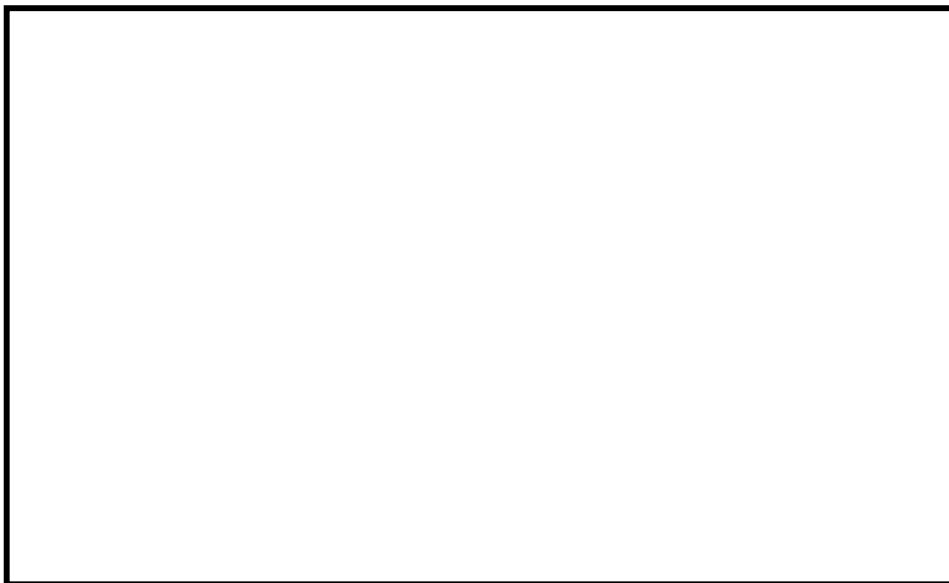
② 発電所構内における評価

②-1 船舶（燃料等輸送船）

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

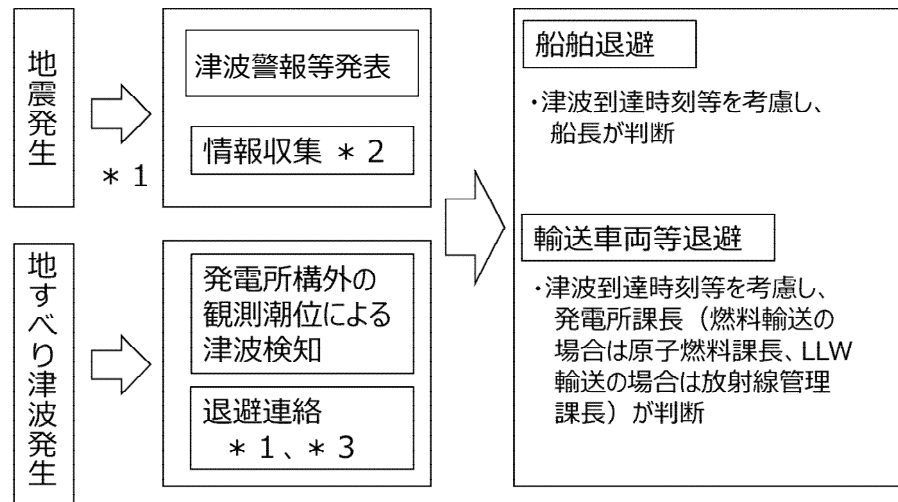
- ・ 津波流向、発電所周辺地形から取水路への漂流が考えにくい経路

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



第 3-1-24 図 津波流向と発電所の位置関係





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

第 3-1-25 図 緊急退避フロー図

・燃料等輸送船の緊急退避

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

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

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

3-1-26 図及び第 3-1-27 図)。

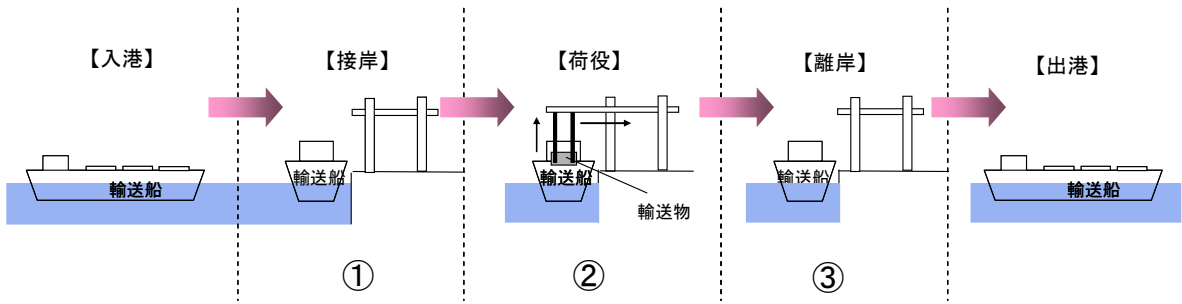
ただし、津波警報等が発表されず、かつ、荷役中に発電所構外にて津波と想定される潮位の変動を観測した場合は、燃料等輸送船は緊急退避せず、係留強化することとする。荷役中でなければ、輸送船は数分で離岸できるため、緊急退避を行う。(第 3-1-28 図)

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

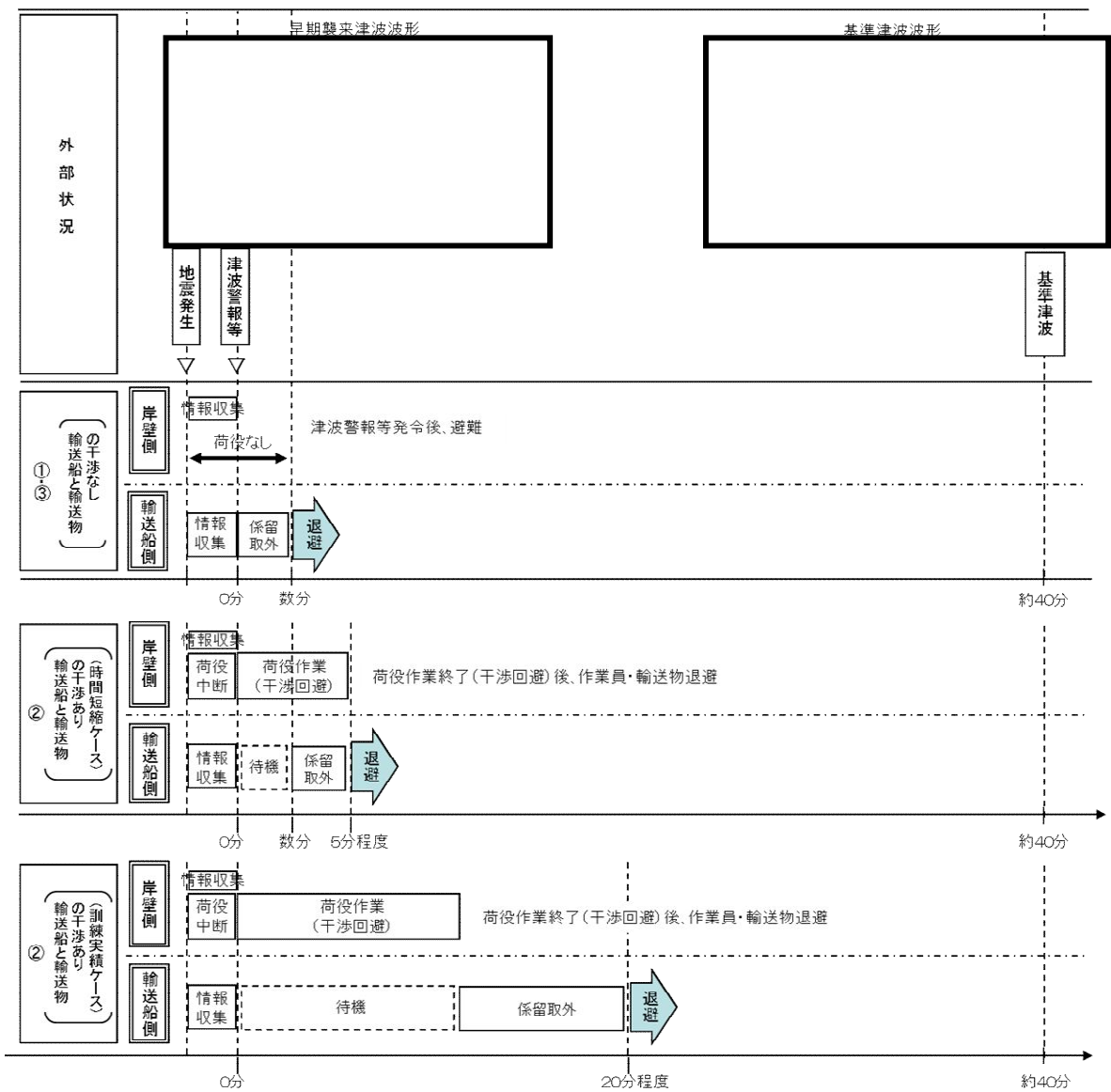
- ・輸送船は岸壁に係留されている
- ・津波高さと喫水高さの関係から輸送船は岸壁を越えず留まる
- ・岸壁には防げん材が設置されており、かつ輸送船は法令（危険物船舶運送及び貯蔵規則）に基づく二重船殻構造等十分な船体強度を有する

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

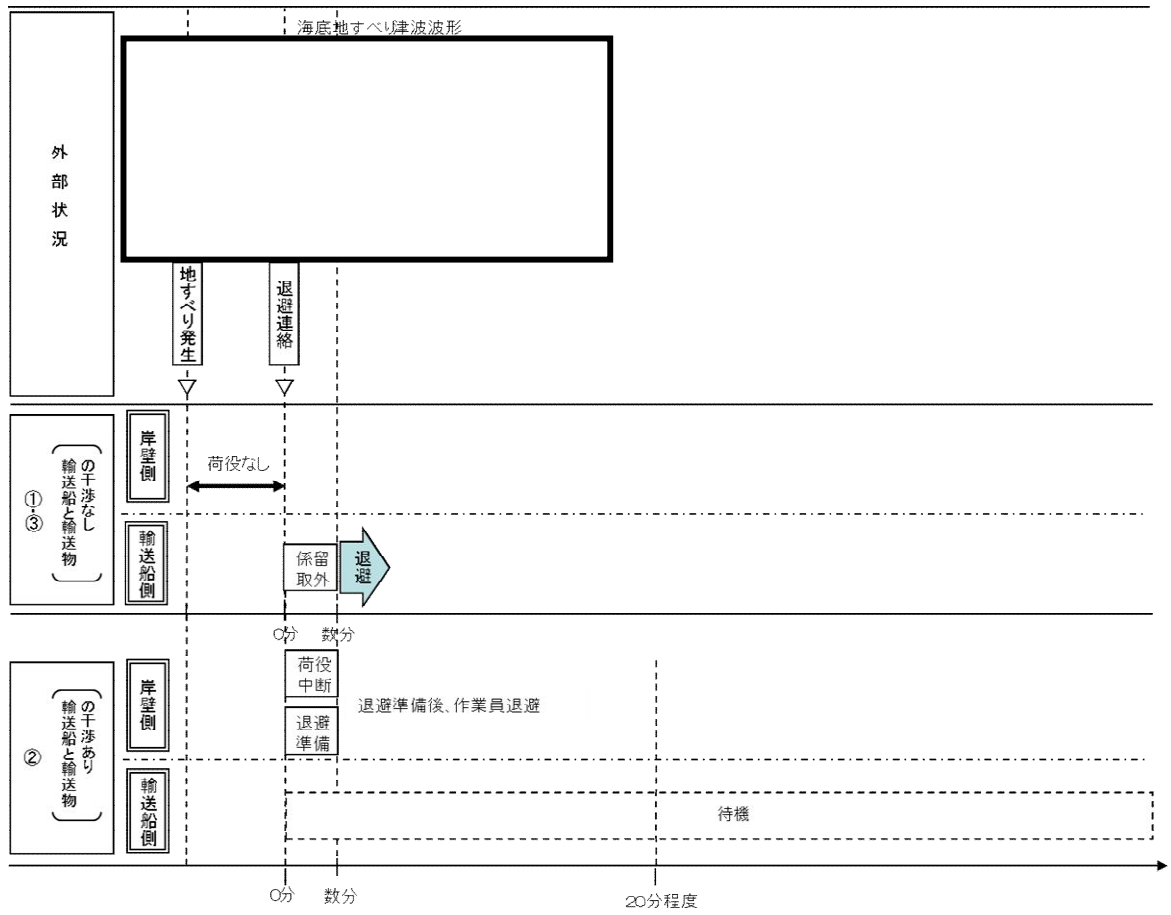
- ・岸壁付近での輸送船が着底した場合においても転覆に至ることはない
- ・岸壁には防げん材が設置されており、かつ輸送船は法令（危険物船舶運送及び貯蔵規則）に基づく二重船殻構造等十分な船体強度を有する
- ・輸送船は津波の最大流速に対して十分な性能を有する



第 3-1-26 図 輸送行程・緊急退避のイメージ



第 3-1-27 図 津波襲来と緊急退避時間イメージ

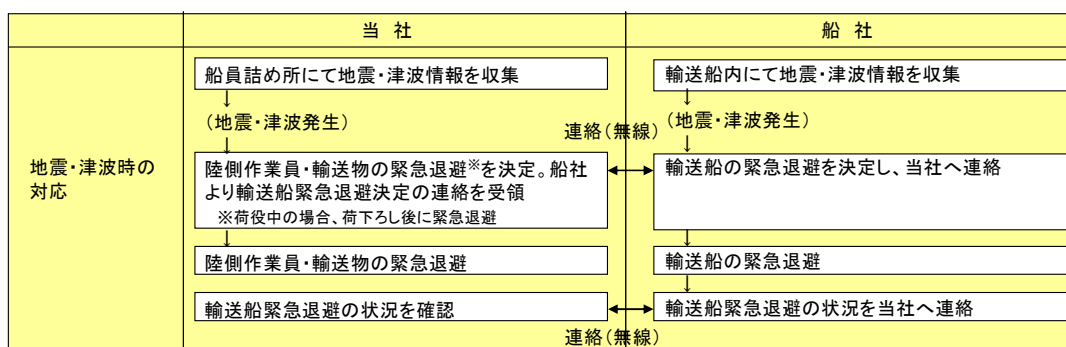


第 3-1-28 図 津波襲来と緊急退避時間イメージ  
 (発電所構外において、津波と想定される潮位の変動を観測した場合)

・燃料等輸送船の緊急退避への当社の関わり

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

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



第3-1-29図 輸送船緊急退避時の当社と船社の運用の関係性

②-2 鉄骨造建屋

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

②-3 車両（軽自動車、乗用車、トラック及び仮設資材）

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

軽自動車、乗用車及びトラックについては、漂流物となる可能性が否定できないため、大津波警報発表時もしくは、発電所構外において津波と想定される潮位の変動を観測した場合に、津波の影響を受けない場所へ退避することし、以下の基本方針に基づき管理することから津波防護施設、取水機能を有する安全設備等に対する漂流物とならない。（詳細は後述の「(8) 車両（燃料輸送車両及びLLW輸送車両以外の車両）に係る評価」に示す。）

【津波遡上範囲の車両に対する基本方針】

放水口側防潮堤及び取水路防潮ゲートより外側の津波遡上範

囲は、原則駐車禁止とする。ただし、当該エリアに作業で入域する等の発電所運営上必要な場合は停車可とし、この場合においても、運転手が車両付近に常駐<sup>\*</sup>(荷役などの車両を用いた作業との兼務は可とする。)し、直ちに車両を移動させることが可能な体制とする。

また、当該エリアでの車両を用いた作業は、事前許可制とし、放水口側防潮堤の外側及び取水路防潮ゲートの外側それぞれにおいて、退避する作業車両が10台以下となるよう管理する。

(※：車両を離れる場合は、別の者を運転手に指定する。)

#### ②-4 定置網等

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

#### ②-5 その他(外灯、ポール、PPフェンス、PPゲート、植林)

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

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

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

第 3-1-10 表 当該施設・設備等の津波防護施設、取水機能を有する安全設備等  
に対する漂流物となる可能性の評価結果（発電所構内）

--



c. 津波防護施設、取水機能を有する安全設備等の取水性への影響評価

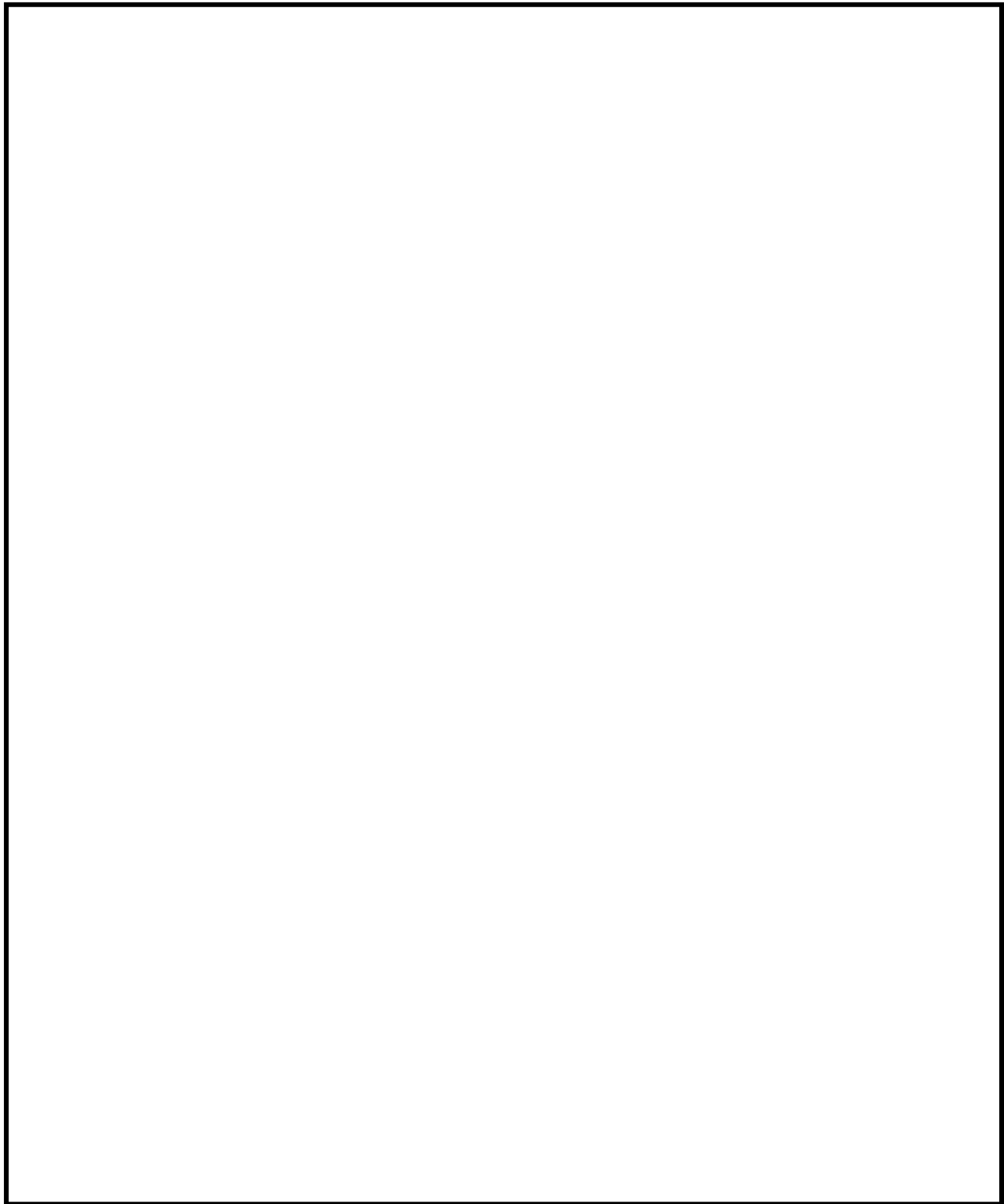
津波防護施設への影響については、「3. 施設・設備の設計・評価の方針及び条件」にて、b. により漂流物となる可能性が否定できないと評価されたもののうち、最大級の漂流物である総トン数 [ ] 級（排水トン数 [ ]）の小型漁船の衝突荷重に対して津波防護施設の機能が十分保持できるよう設計していることから、漂流物による津波防護施設への影響はない。

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

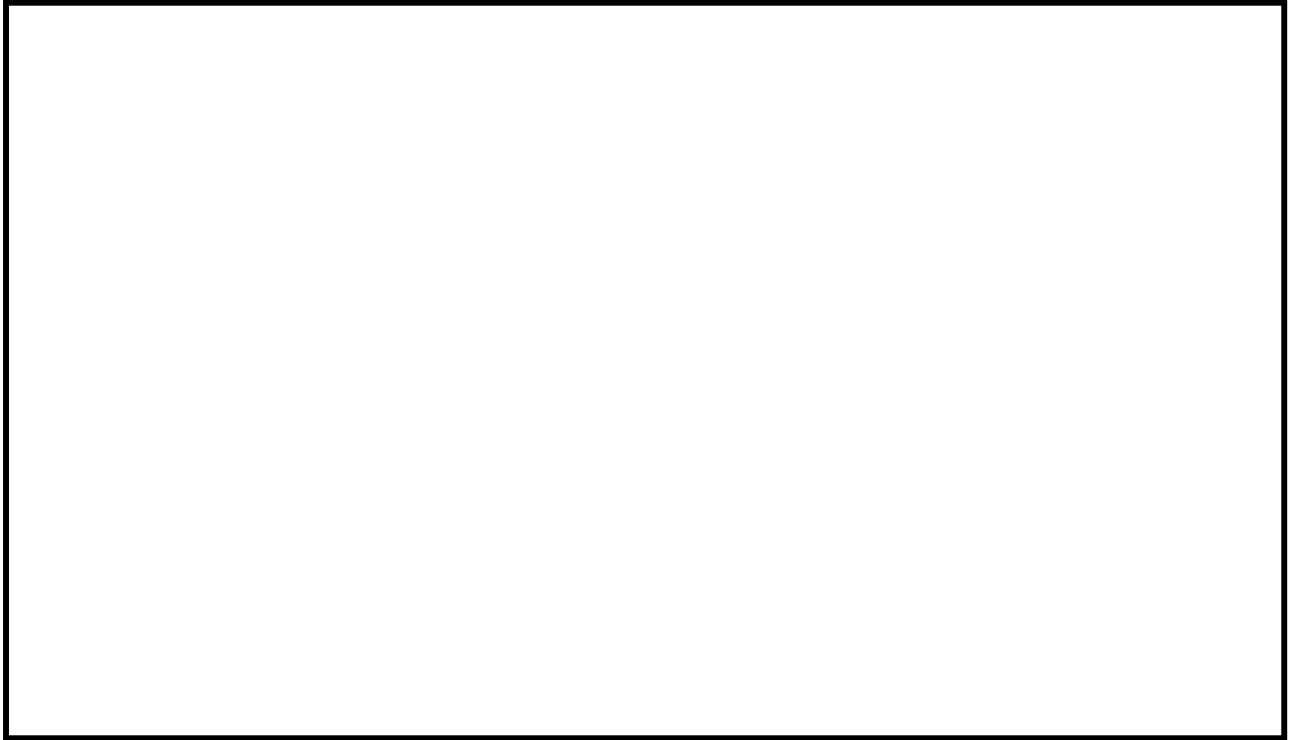
① 発電所構外における評価

①-1 船舶（漁船）

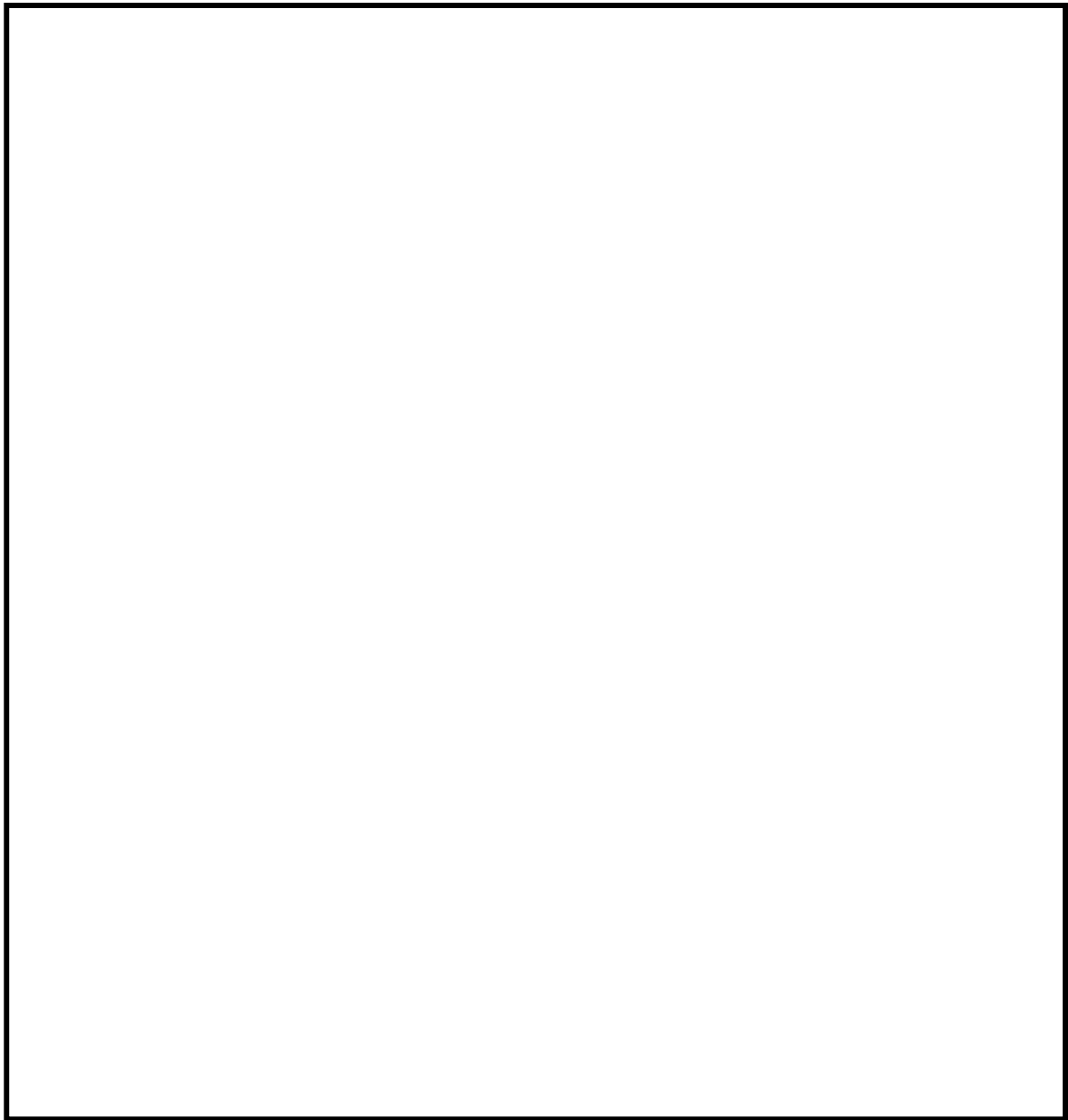
航行中に発電所取水口近傍で万一航行不能となり漂流する場合、津波の流向及び地形により漂流した場合においても、高さ T.P. [ ] の放水口側防潮堤、防潮扉並びに T.P. [ ] の取水路防潮ゲートにより防護されるため、取水性への影響はない。また、非常用海水路呑み口前面及び海水取水トンネル前面に閉塞防止措置を設置することから、漂流物により非常用海水路呑み口及び海水取水トンネル呑み口が閉塞することはない（第 3-1-30 図～第 3-1-32 図）。なお、閉塞防止措置については、非常用海水路の通水機能に影響のない設計とすることとし、総トン数 [ ] 級（排水トン数 [ ]）の小型漁船の衝突力、津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



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



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



第 3-1-32 図 漂流物による閉塞防止措置

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

<非常用海水路>

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

$$hf = hf_1 + hf_2$$

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

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

ここに、 $v_1$ ：閉塞防止措置を通り抜ける時の流速

$v_2$ ：非常用海水路呑み口を通り抜ける時の流速

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

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

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

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

ここに、 $A_0$ ：常用取水路通水断面積で約 [ ]

$$hf = hf_1 + hf_2$$

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

$$= [ ]$$

→ [ ] 以下と非常に軽微であり、非常用海水路の通水性に影響はない。

#### <海水取水トンネル>

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

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

ここに、 $v$ ：鋼製杭をすり抜ける時の流速で海水ポンプの取水能力 [ ]

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

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

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

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

ここに、 $A_0$ ：常用取水路通水断面積で約 [ ]

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

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

### ①-2 浮き筏

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

## ② 発電所構内における評価

### ②-1 鉄骨造建屋

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

### ②-2 仮設資材

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

### ②-3 定置網等

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

### ②-4 その他 (外灯、ポール、PP フェンス、PP ゲート、植林)

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

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

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

第 3-1-12 表 津波防護施設、取水機能を有する安全設備等の取水性への  
影響評価結果（発電所構内）

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

d. 取水スクリーンの破損による取水性への影響評価

海水中の海藻等塵芥物を除去するために設置されている除塵装置のロータリースクリーン（第 3-1-33 図～第 3-1-36 図）については、異物の混入を防止する効果が期待できるが、津波時には破損して、それ自体が漂流物となる可能性があることから、津波に対する強度を確認した。結果、塵芥装置のロータリースクリーンは、基準津波の津波流速に対し、十分な強度を有していることから、漂流物とはならず、取水性に影響を及ぼすものでないことを確認した。（第 3-1-13 表及び第 3-1-14 表）。

①1 号機及び 2 号機

【確認条件】

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

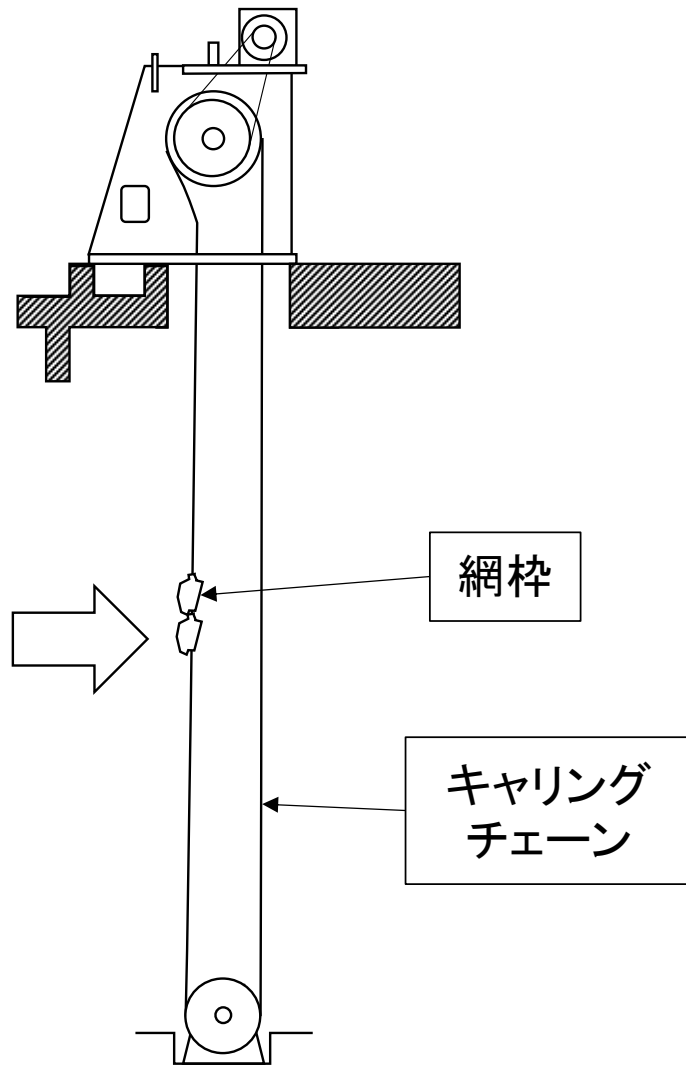


第 3-1-33 図 除塵装置概略図



第 3-1-13 表 除塵装置の取水性影響確認結果

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



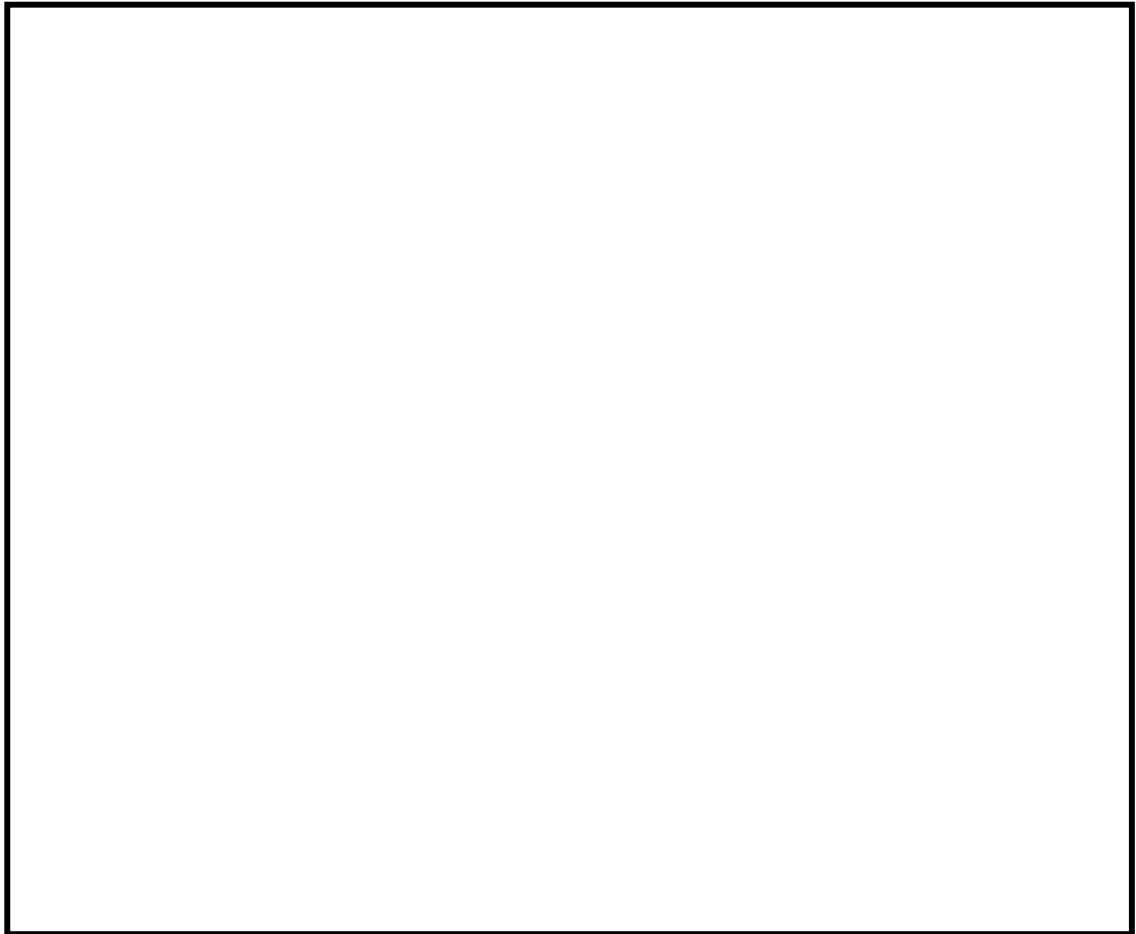
ロータリースクリーン

第 3-1-34 図 除塵装置の評価対象部位

② 3号機及び4号機

【確認条件】

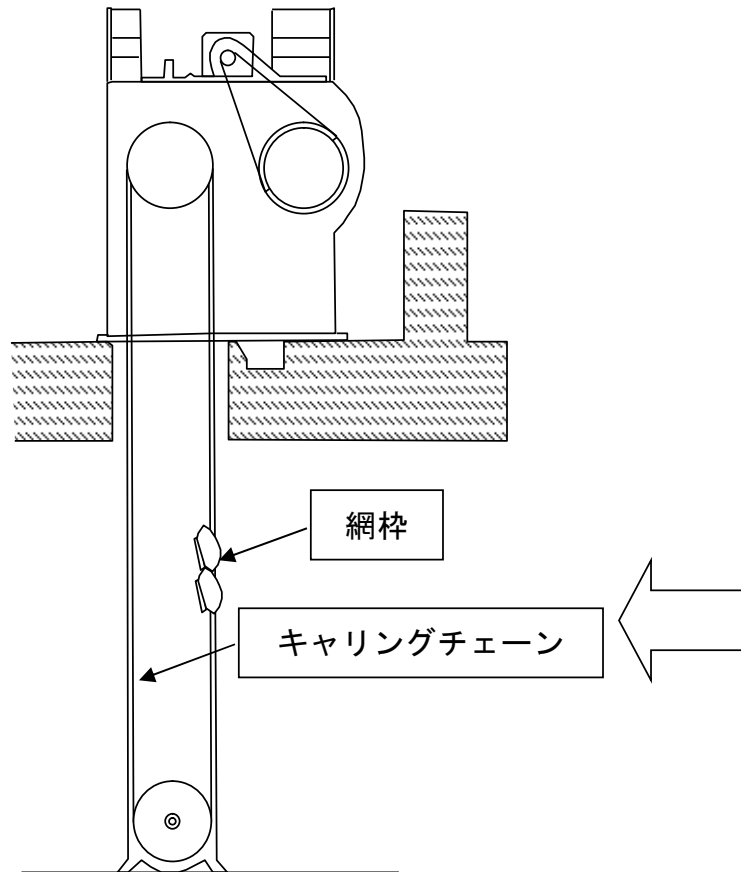
- ・ 津波流速：0.4m/s（3,4号機海水ポンプ室前面の流速分布0.4m/s未満）
- ・ 対象設備：ロータリースクリーン
- ・ 確認方法：設計時に各部材応力を算出し許容値との比較を行っていることから、スクリーン前後の設計水位差 $\square$ に対し、基準津波の津波流速0.4m/sで生じる水位差が設計水位差以下であることを確認する。



第3-1-35 図 除塵装置概略図

第 3-1-14 表 除塵装置の取水性影響確認結果

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



第 3-1-36 図 除塵装置の評価対象部位

e. 漂流物に対するまとめ

基準津波により漂流物となる可能性がある施設・設備等が取水機能を有する安全設備の取水性確保に影響を及ぼさないことを、発電所構外と発電所構内で分けして整理した。(第 3-1-15 表及び第 3-1-16 表)

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

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

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

第 3-1-16 表 漂流物となる可能性のある施設・設備等の評価結果（発電所構内）

--

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

(6) 燃料等輸送車両に係る評価

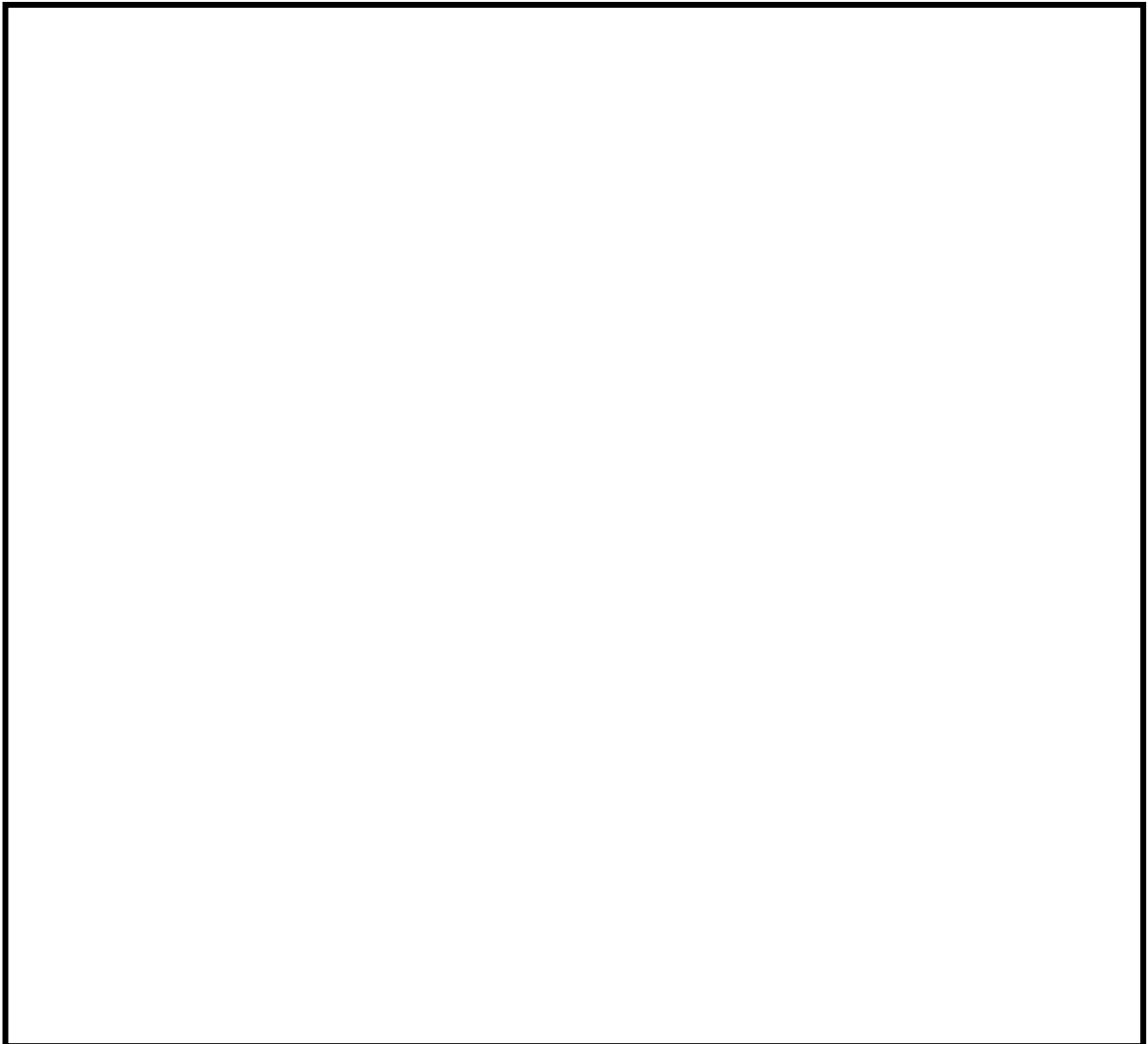
燃料等輸送船による輸送時の、陸側にある輸送物及び輸送車両の漂流物評価について以下の通り示す。

a. 浮力に対する評価

(a) 燃料輸送

① 使用済燃料輸送容器

高浜発電所において使用する使用済燃料輸送容器である N F T - 1 4 P 型を評価対象とし、第 3-1-37 図のように寸法を設定した。第 3-1-17 表に輸送容器総重量を示す。



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

第 3-1-37 図 体積計算に用いた使用済燃料輸送容器の模式図

第 3-1-17 表 輸送容器総重量

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

【評価結果】

・重量

第 3-1-17 表の輸送容器総重量 (101.2 tf) より、保守的に 100 tf と設定。

・体積

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

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

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

・浮力

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

※：海水の比重を 1.03 t/m<sup>3</sup> とした

重量 > 浮力より、使用済燃料輸送容器は、漂流物とはならない。



②使用済燃料輸送車両

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



第 3-1-38 図 体積計算に用いた使用済燃料輸送車両の模式図

【評価結果】

・重量

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

・体積



※小数点第 4 位切り上げ

・浮力

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

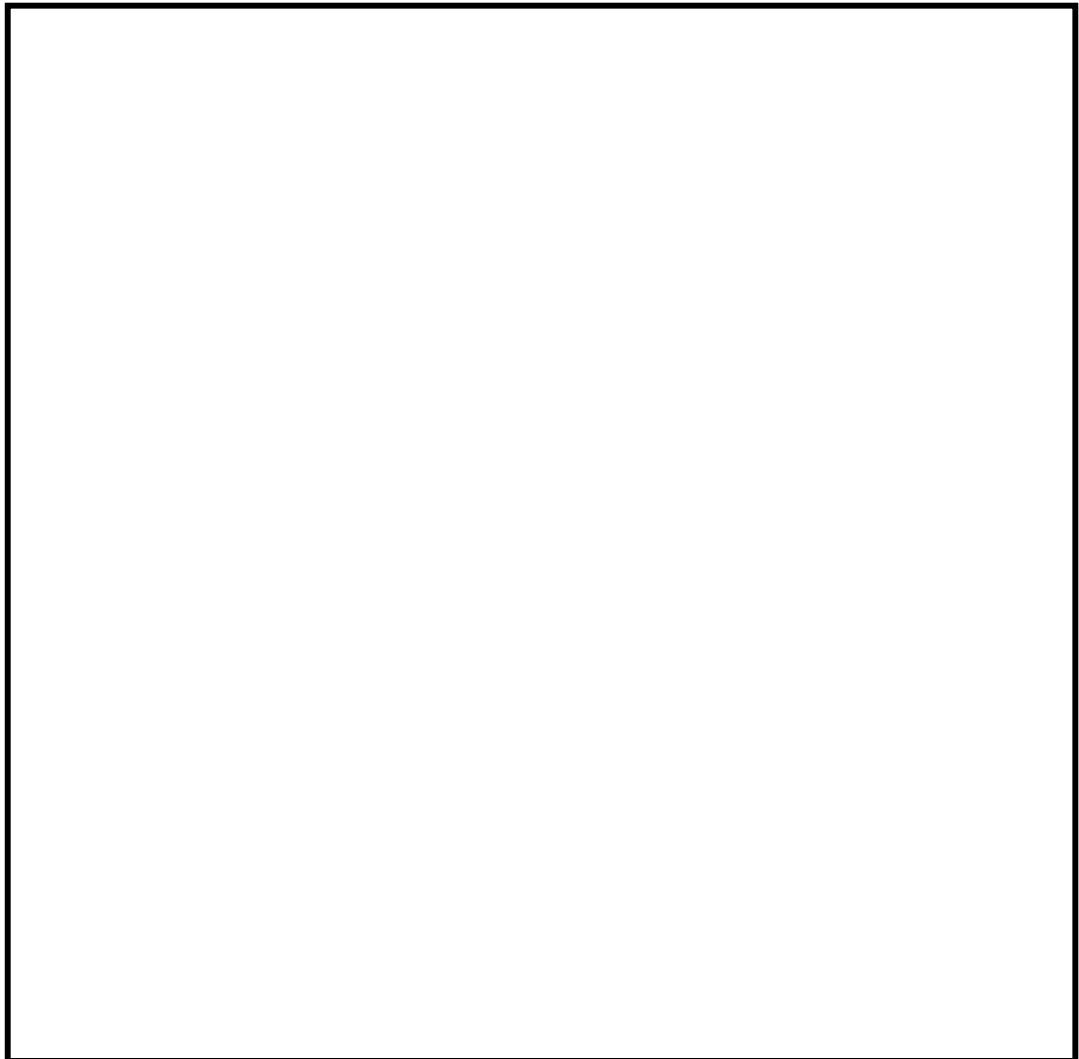
※：海水の比重を 1.03 t/m<sup>3</sup> とした

重量 > 浮力より、使用済燃料輸送車両は、漂流物とはならない。

(b) LLW 輸送

①LLW 輸送容器

LLW 輸送に使用する LLW-2 型輸送容器を評価対象とし、第 3-1-39 図のように上部隅金具、下部隅金具を含めた最大寸法にて寸法を設定した。第 3-1-18 表に輸送容器重量を示す。



第 3-1-39 図 体積計算に用いた LLW 輸送容器の模式図

第 3-1-18 表 LLW 輸送容器質量及び寸法



【評価結果】

・重量

表 2 より、1.2 tf と設定。

・体積

$$V = \boxed{\phantom{000000}} \\ = 5.632 \text{ [m}^3\text{]}$$

・浮力

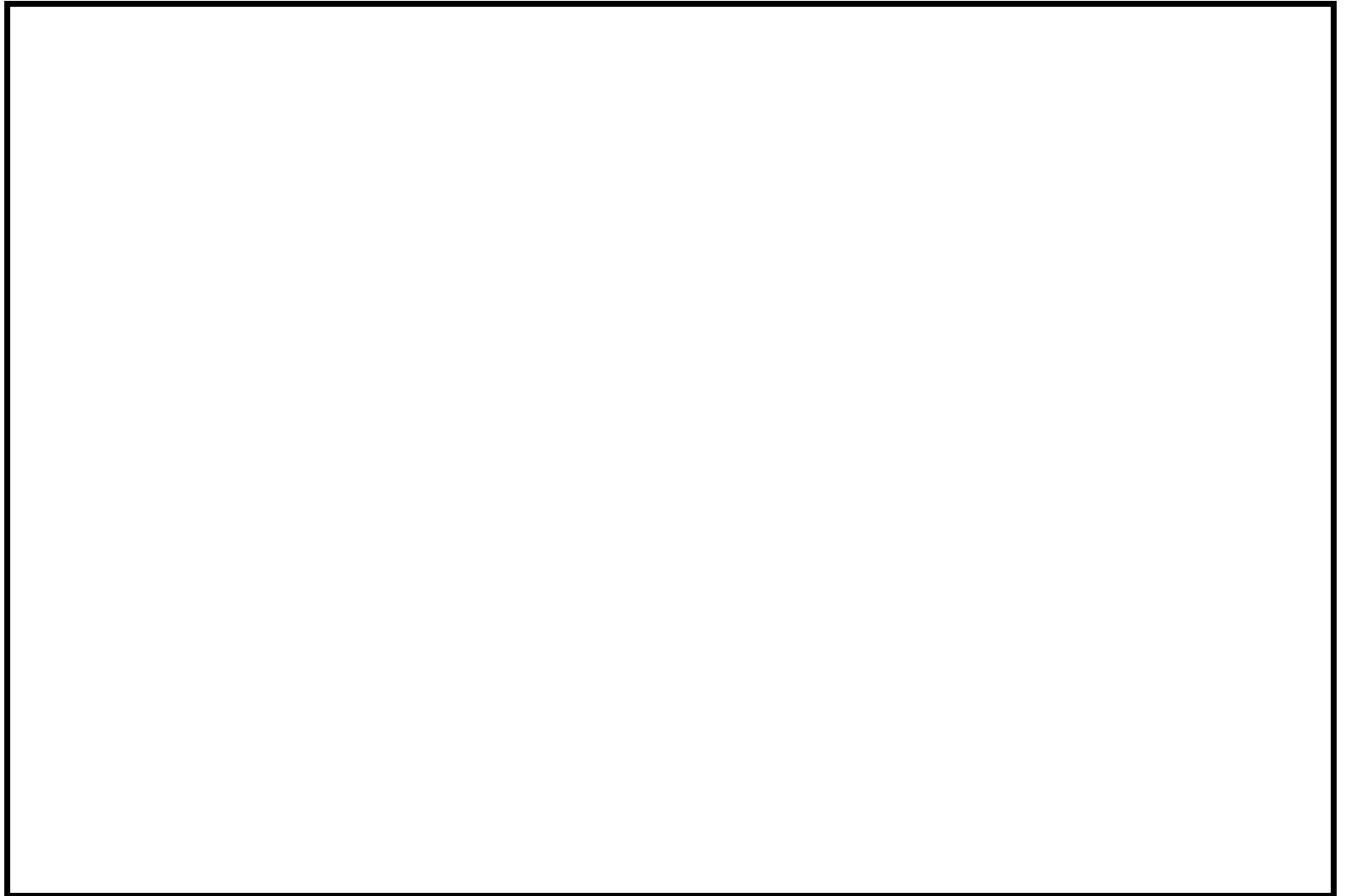
$$\rho \cdot V = 1.03^{*} \times 5.632 = 5.9 \text{ [tf]} \text{ (小数点第 2 位切り上げ)}$$

※：海水の比重を 1.03 t/m<sup>3</sup> とした

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

②LLW 輸送車両

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



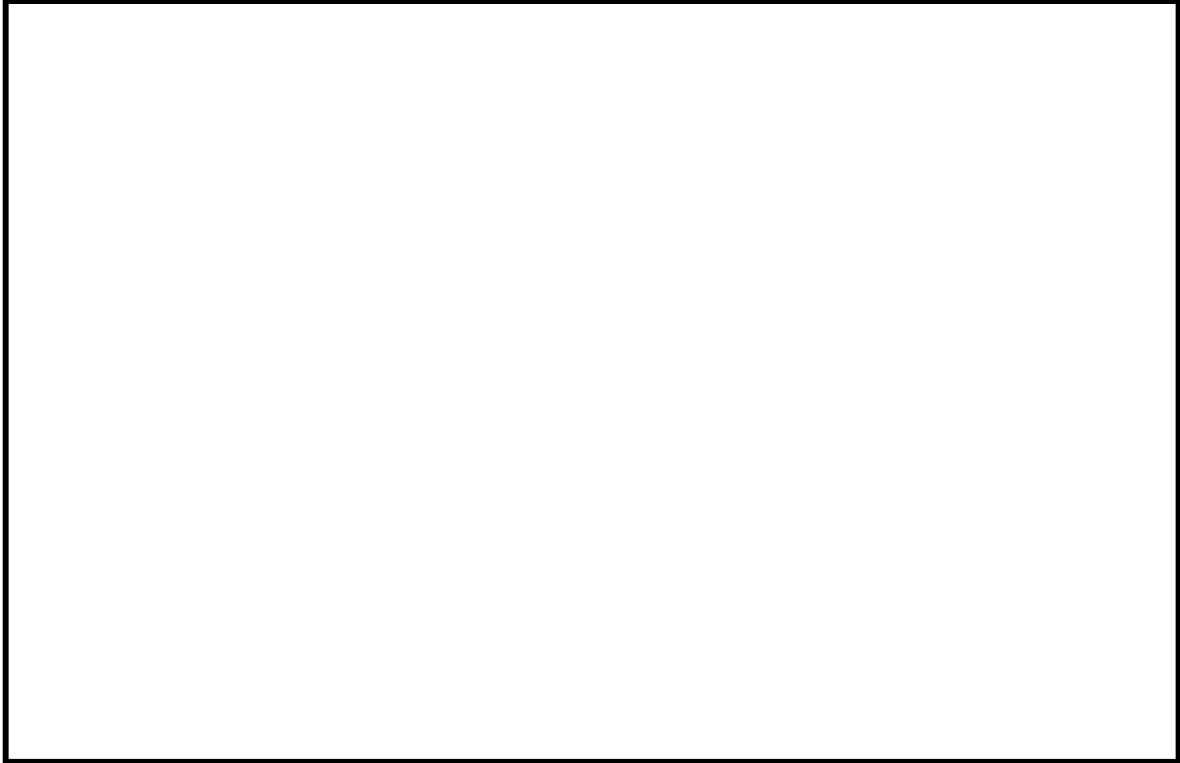
第 3-1-40 図 体積計算に用いた L L W 輸送車両の模式図

【評価結果】

・重量

車両重量：10.8 tf（使用する車両の諸元値を使用）

・体積



※小数点第4位切り上げ

・浮力

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

※：海水の比重を 1.03 t/m<sup>3</sup> とした

重量 > 浮力より、LLW 輸送車両は、漂流物とはならない。

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

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

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

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

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



第 3-1-41 図 LLW 輸送容器等の積載・固縛方法

## b. 滑動に対する評価

### (a) 評価内容

燃料等輸送容器及び車両については、「a. 浮力に対する評価」のとおり重量物であり漂流物とはならないが、発電所敷地内の設備であることから、滑動影響の検討を行った。

津波による滑動は、津波襲来直後の波力（衝撃力）による滑動と、その後の定常的な流速に対する滑動を評価する。波力による滑動は、ある程度発生する可能性はあるが、第 3-1-42 図に示すとおり津波防護施設との離隔や高低差が十分あるため、津波防護施設への衝突に至ることはない。

また、定常的な流速に対する滑動の評価にあたっては、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会、平成 19 年 7 月）」に記載のイスバッシュ式を準用した。この式は米国の海岸工学研究センターが潮流による洗堀を防止するための捨て石質量として示したものであり、水に対する被覆材の安定質量を求めるものであることから、津波襲来時における対象物の滑動可能性評価に適用可能であると考え。イスバッシュ式の定数はマウンド被覆材が露出した状態に相当する 0.86 とする。

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

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

$M_d$  捨て石等の安定質量(t)

$\rho_r$  捨て石等の密度(t/m<sup>3</sup>)

$U_d$  捨て石等の上面における水の流れの速度  
(m/s)

$g$  重力加速度(m/s<sup>2</sup>)

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

$S_r$  捨て石等の水に対する比重

$\theta$  水路床の軸方向の斜面の勾配(°)

イスバッシュ式をもとに、対象物が水の流れによって動かない最大流速（以下、「安定流速」という。）を算出し、津波シミュレーションによる流速（基準津波 3 及び基準津波 4 における放水口前面の最大流速 1.1m/s）が安定流速以下であることを確認する。

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

$M$  輸送車両等の質量(t)

$U_{ds}$  安定流速(m/s)

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

	単位	燃料 輸送容器	燃料 輸送車両	LLW 輸送車両*	備考
$M$	t	100	33	10.8	質量
$\rho_r$	t/m <sup>3</sup>	3.18	1.16	1.26	密度
$g$	m/s <sup>2</sup>	9.80665	9.80665	9.80665	機械工学便覧参照
$y_d$	—	0.86	0.86	0.86	露出した石のパラメータを使用
$S_r$	—	3.09	1.12	1.23	$\rho_r$ /海水の密度：1.03t/m <sup>3</sup>
$\theta$	°	0	0	0	平坦若しくはのぼり勾配であることから保守的に0°とする。
$U_{ds}$	m/s	10.8	2.6	2.8	

※LLW 輸送容器は輸送車両に固縛するため、滑動しない。

## (2) 結論

輸送物及び輸送車両の滑動による影響は以下の通りとなる。

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





第 3-1-42 図 物揚岸壁から津波防護施設までの距離

c. 基準津波 3 及び基準津波 4 における輸送物及び輸送車両の退避に対する評価

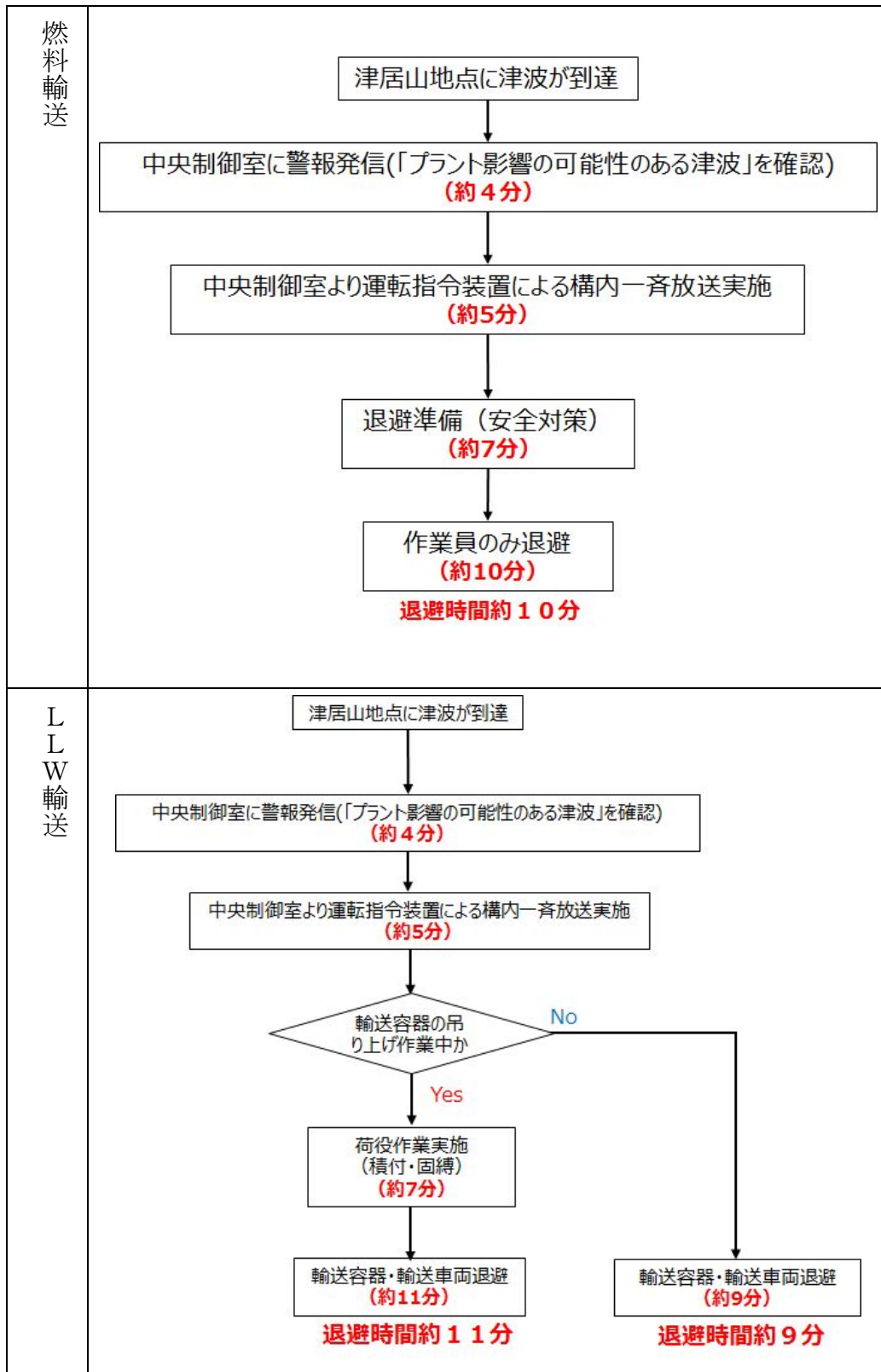
燃料等輸送船による輸送時においては、「a. 浮力による評価」及び「b. 滑動に対する評価」のとおり、燃料輸送容器及び車両並びに LLW 輸送容器及び車両は、漂流物とならず滑動もしないが、可能な限り当社敷地内の津波が到達しない場所へ退避する。第 3-1-43 図に津波警報等が発表されない津波襲来時の陸側にある輸送物の退避フローを、第 3-1-44 図に燃料輸送車両等の退避時間を示す。

発電所構外において津波と想定される潮位の変動（津居山地点においては、10 分以内に 0.45 m の上昇（もしくは下降））を観測した場合に、中央制御室において警報が発信する。この時点で中央制御室から運転指令装置による構内一斉放送を行う。原子燃料課長（燃料輸送の場合）又は放射線管理課長（LLW 輸送の場合）は、直ちに陸側作業員へ退避連絡を行う。

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

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

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



第 3-1-43 図 陸側にある輸送物の退避の考え方

燃料輸送	時系列	
	輸送車両	
退避ルート		

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

第 3-1-44 図(1/2) 津波襲来と退避時間 (輸送車両等)

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

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

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

第 3-1-44 図(2/2) 津波襲来と退避時間 (輸送車両等)

(7) 燃料等輸送船に係る評価

a. 燃料等輸送船の係留索の耐力について

(a) 概要

燃料等輸送船（以下、「輸送船」という。）は、津波警報等発表時、原則、緊急退避を行うが、輸送船が荷役中の場合は退避準備に 20 分要するため、その間は緊急退避できない可能性がある。このため、この 20 分間に襲来する早期襲来津波に対して輸送船への影響評価を実施する。また、津波警報等が発表されない可能性がある津波（海底地すべり津波）が発生した場合は、より安全性を高めるため、輸送船は緊急退避する運用としており、発電所構外において津波と想定される潮位の変動（津居山地点においては、10 分以内に 0.45m の上昇（もしくは下降））を観測した場合は中央制御室からの運転指令装置による構内一斉放送を受け緊急退避を行うが、前述と同様に輸送船が荷役中の場合は緊急退避できない可能性があることや発電所構外の観測潮位が欠測時には退避しない運用としていることから中央制御室からの連絡後 20 分以降に到達する津波も含み影響評価を行い、係留状態が維持できることを確認する。

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

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

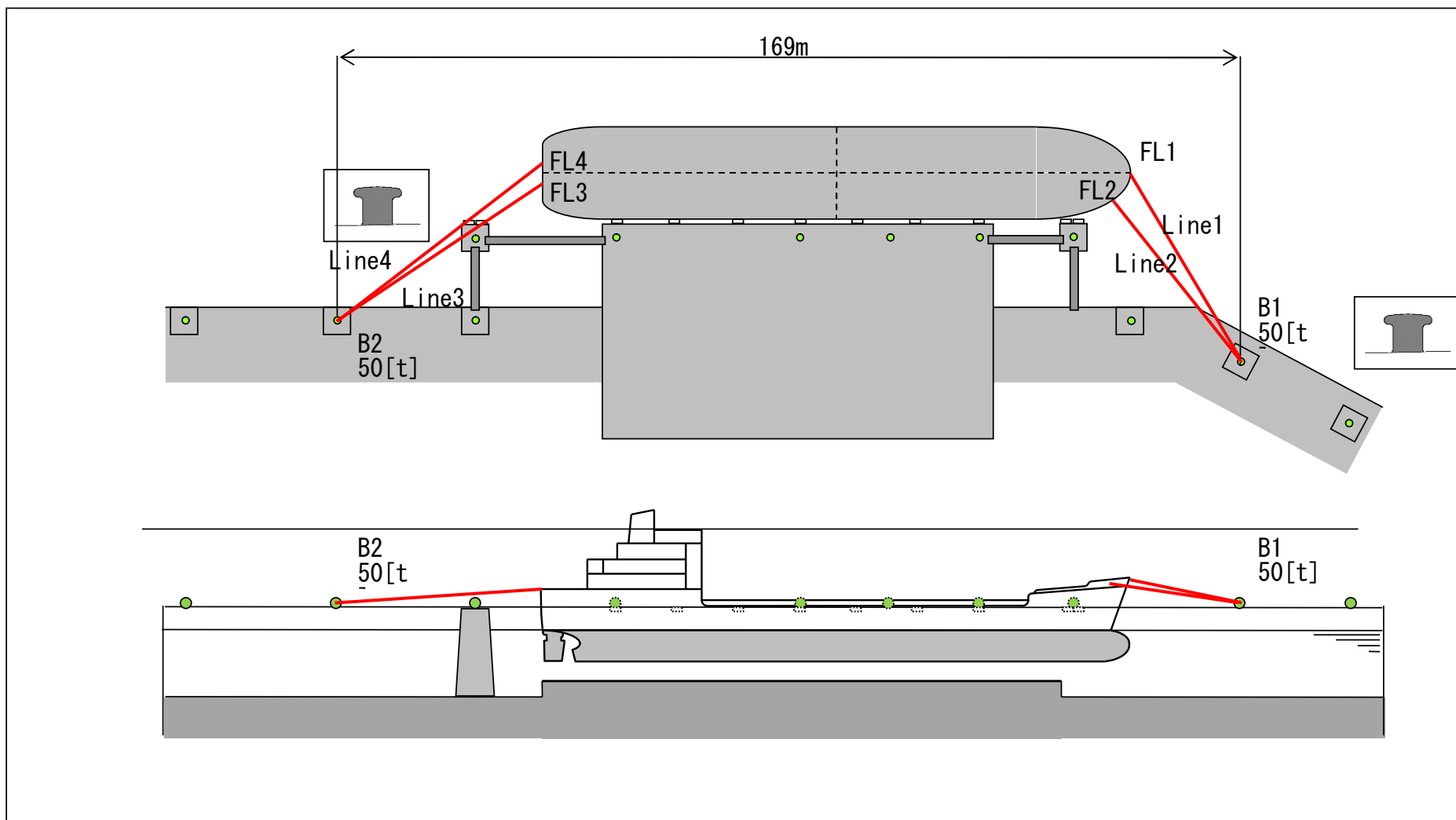
(b) 海底地すべり津波の評価

イ. 輸送船、係留索、係船柱

輸送船、係留索、係船柱の仕様を第 3-1-19 表に、配置を第 3-1-45 図に示す。

第 3-1-19 表 輸送船、係留索、係船柱の仕様

--

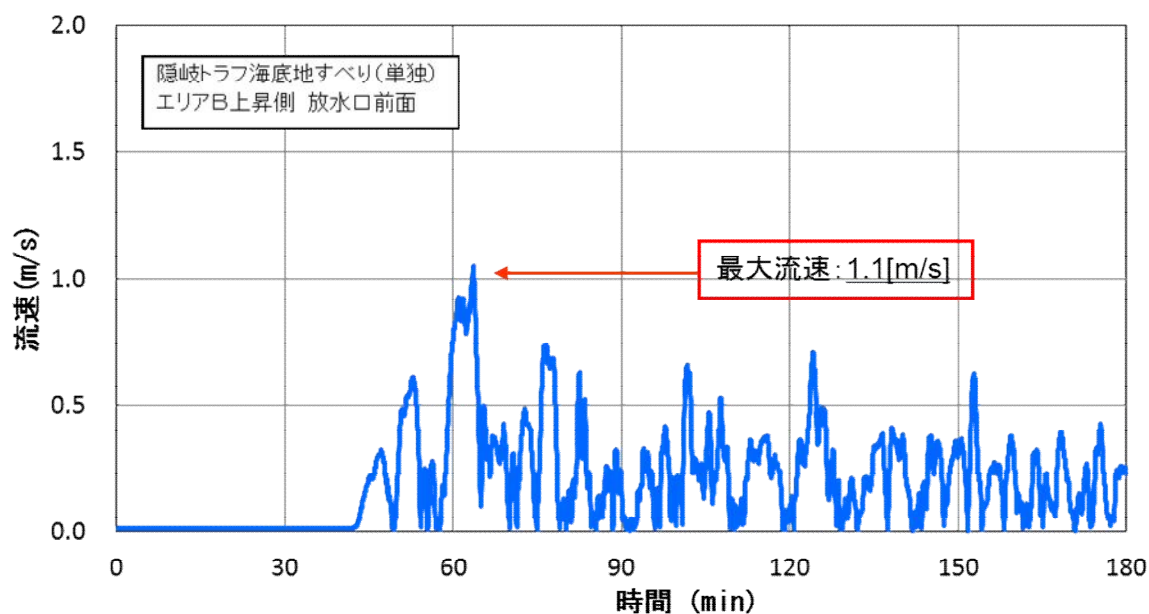


第3-1-45 図 輸送船、係留索、係船柱の配置\*イメージ

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

ロ. 最大流速の波源モデルによる波形

基準津波 3 及び基準津波 4 における放水口前面の最大流速は 1.1m/s である。第 3-1-46 図に基準津波 3 の放水口前面における流速の時刻歴波形を示す。また、第 3-1-47 図に津波流向 (イメージ) を示す。



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



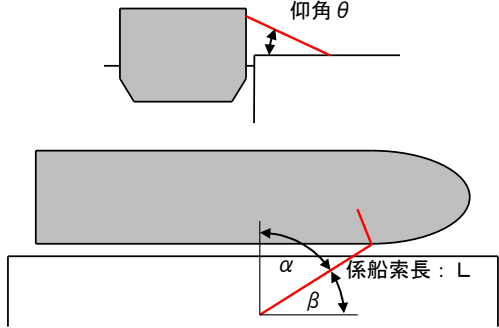
第 3-1-47 図 津波流向 (イメージ)



ハ. 係留力

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

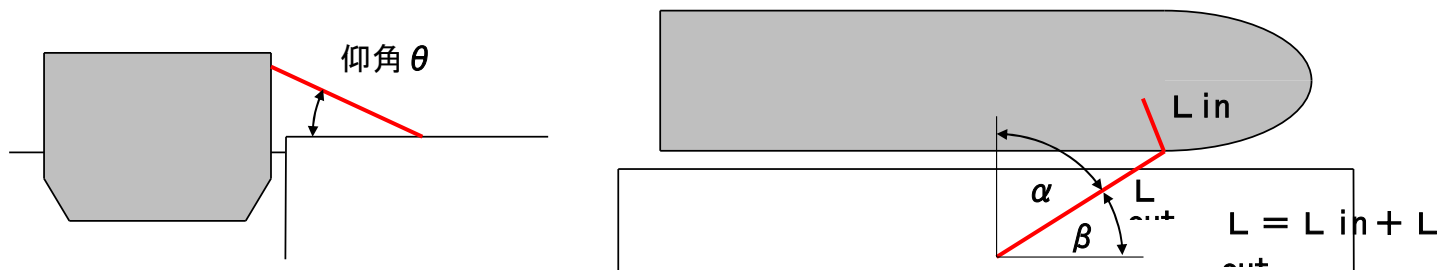
第 3-1-20 表 係留力の計算方法

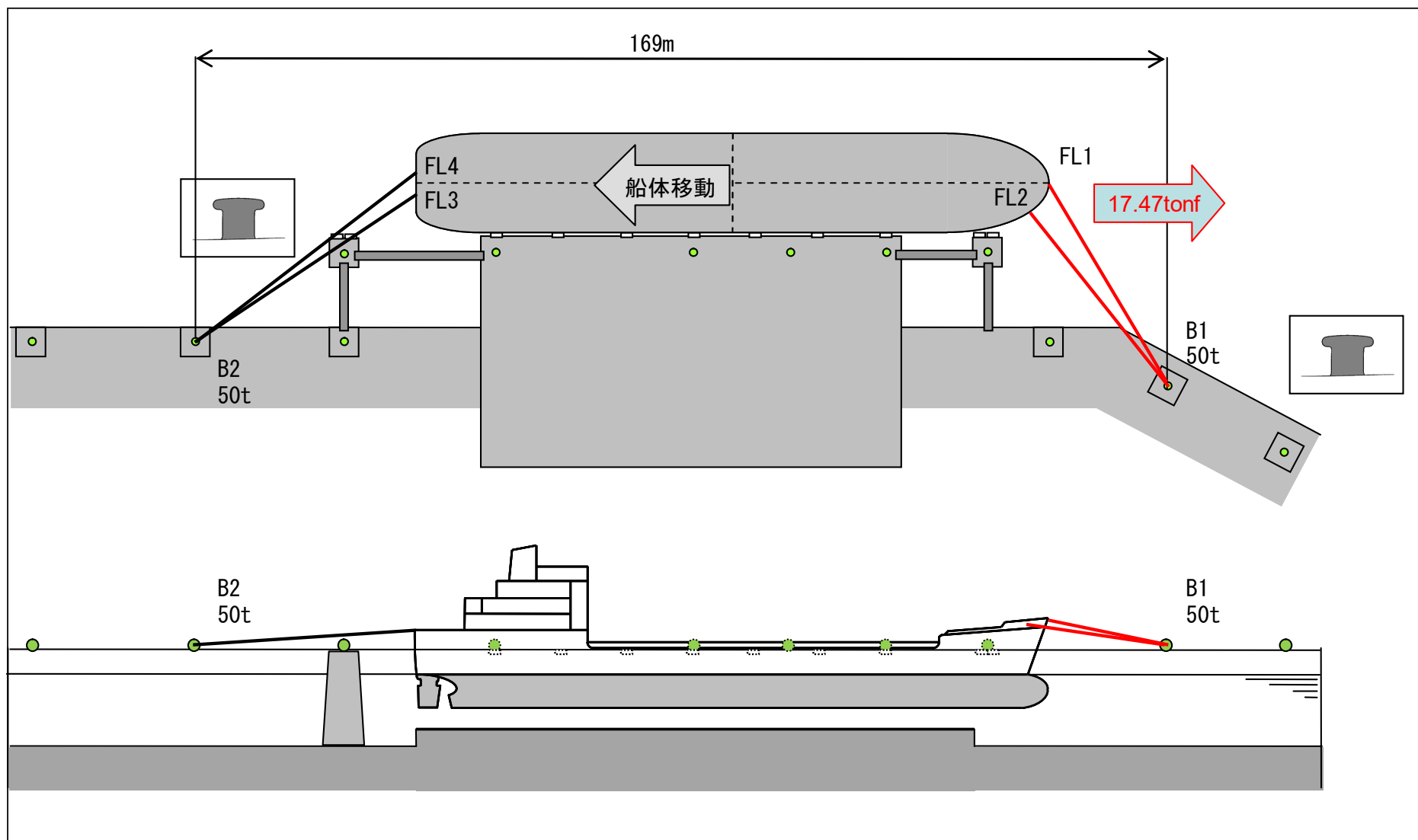
<p>【各索の係留力計算式】</p> $R_X = T \times \left( \frac{\cos^2 \beta \times \cos^2 \theta}{L} \right) \times \left( \frac{L_C}{\cos \beta_C \times \cos \theta_C} \right)$	
<p>R X : 前後係留力 [tonf] (前方は添字 f、後方は添字 a)  T : 係留索 1 本に掛けることができる最大張力 [tonf]  beta : 係留索水平角 (岸壁平行線となす角度) [deg]  theta : 係留索の仰角 [deg]  L : 係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

(出典：係留設備に関する指針 OCIMF 刊行)

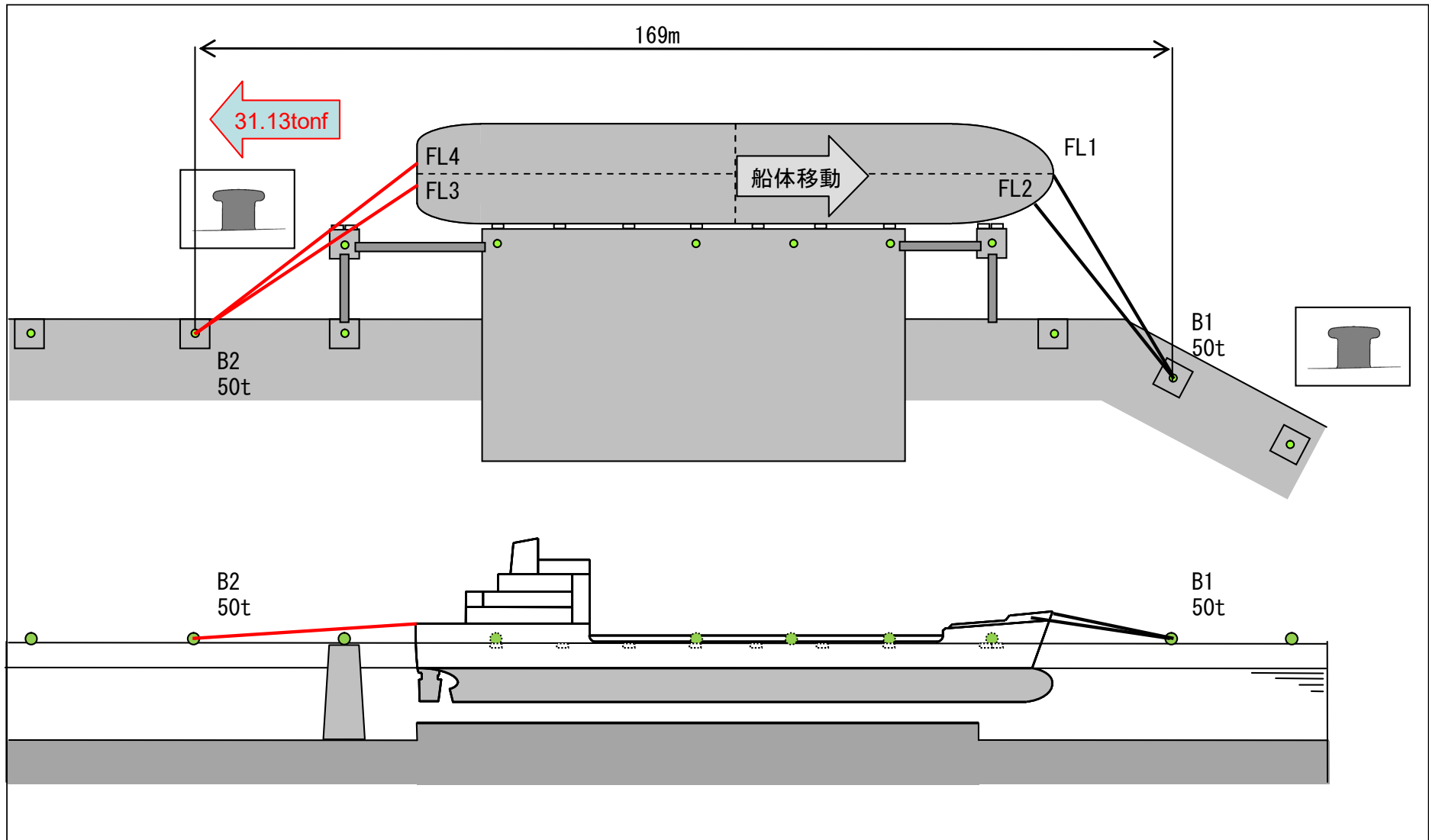
第3-1-21表 係留力（第3-1-45図）の計算結果

フェア リーダ	索種類		ビット	係船索長さ [m]		係留角[deg]		索張力 T [tonf]	係留力 前 後 [tonf]	Bitt Performance [tonf]		
				船外	$\theta$	$\beta$	Bitt Load			合計	係船柱強 度	
FL1	Line1	ヘッド ライン	B1	36.7	14.2	-61.7	20.0	-5.98	16.92	$\Sigma 36.92$	50	
FL2	Line2		B1	34.6	15.1	-53.5	20.0	-11.49	20.0			
								-17.47				
FL3	Line3	スタン ライン	B2	41.9	11.2	31.3	20.0	16.76	20.0	$\Sigma 39.60$	50	
FL4	Line4		B2	44.4	10.6	36.4	20.0	14.37	19.60			
									31.13			
									前後(+) 計 31.13			
									前後(-) 計 -17.47			





第 3-1-48 図 船尾方向への移動に対する船首方向係留力



第 3-1-49 図 船首方向への移動に対する船尾方向係留力

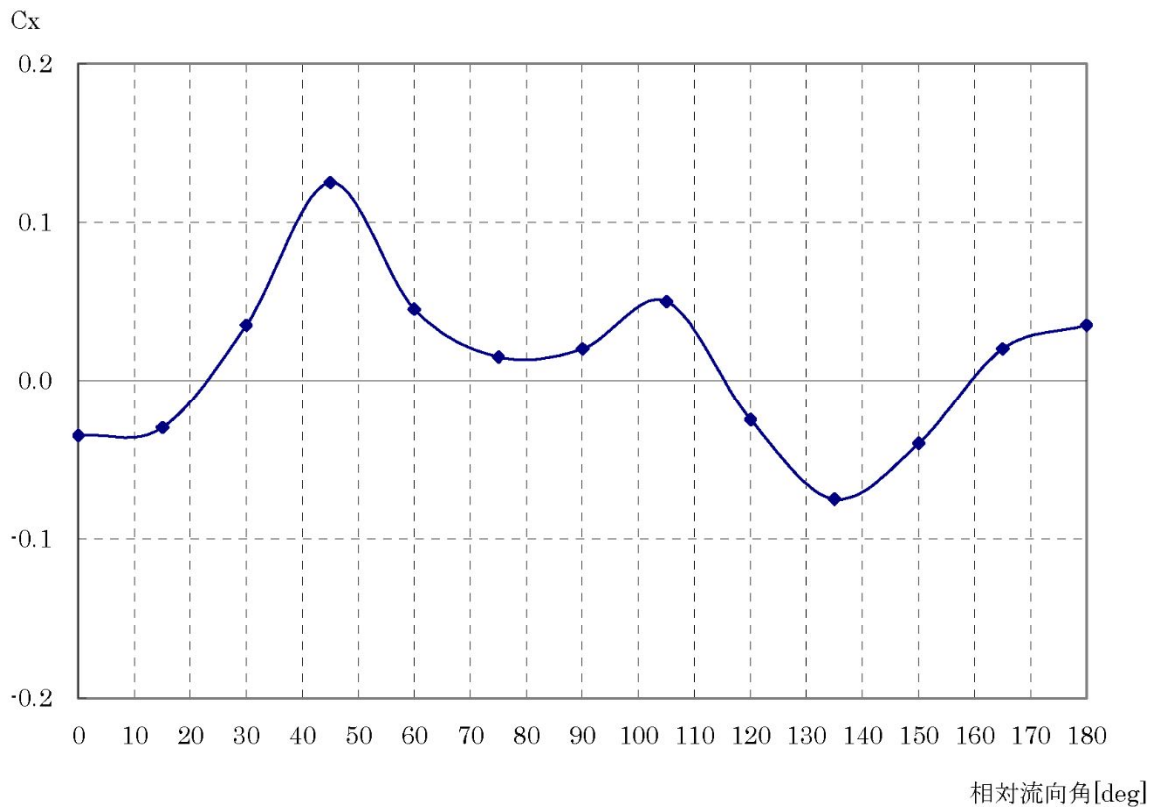
## ニ. 流圧力

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

第 3-1-22 表 流圧力の計算方法

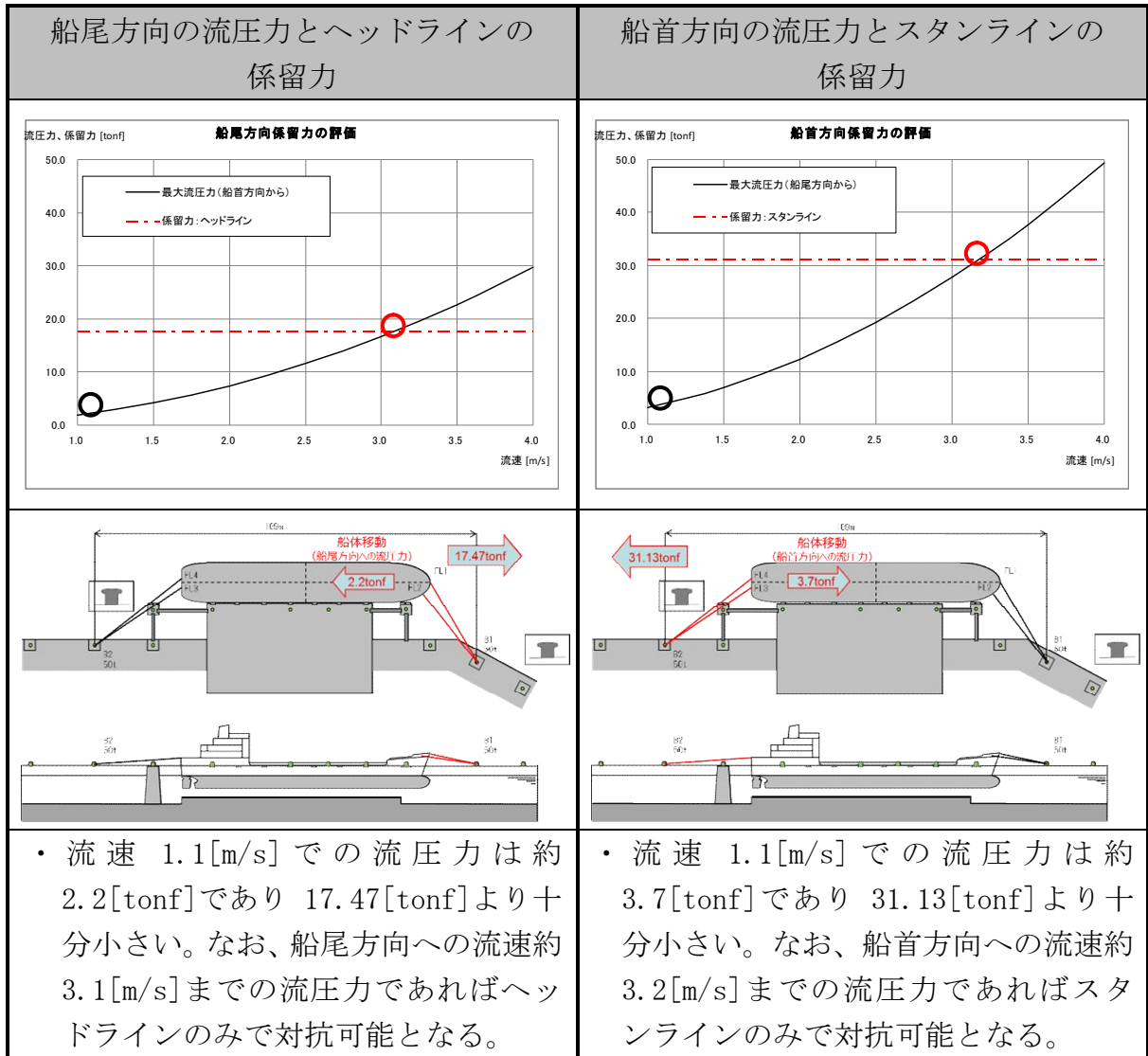
<p>【流圧力計算式】</p> $F_{Xc} = \frac{1}{2} \times C_{Xc} \times \rho_C \times V_C^2 \times L_{PP} \times d$	<p><math>F_{Xc}</math> : 縦方向流圧力 [kgf]  <math>C_{Xc}</math> : 縦方向流圧力係数  <math>V_C</math> : 流速 [m/s]  <math>L_{PP}</math> : 垂線間長 [m]  <math>d</math> : 喫水 [m]  <math>\rho_C</math> : 水密度 [kg・sec<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>]  (=104.5kg・sec<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>)</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

(出典：係留設備に関する指針 OCIMF 刊行)



(出典：VLCC における風圧及び流圧の予測 OCIMF 刊行)

縦方向流圧力係数[ $C_x$ ]



第 3-1-50 図 流圧力と係留力の比較

(c) まとめ

基準津波 3 及び基準津波 4 における最大流速（流速 1.1[m/s]：第 3-1-46 図参照）による流圧力（約 2.2～3.7[tonf]：第 3-1-50 図参照）に対し、係留力（約 17～31[tonf]：第 3-1-21 表参照）が上回ることを確認した。

したがって、輸送船係留時に基準津波 3 及び基準津波 4 が襲来した場合でも、係留状態を維持することは可能である。

(参考)

荷役中に基準津波 3 及び基準津波 4 が襲来した場合に輸送船が退避できない理由

第 3-1-51 図のとおり、基準津波 3 及び基準津波 4 は退避連絡後 20 分未満で最高水位に到達することがある。荷役中であった場合、輸送物の干渉回避後に係留索を取り外す必要があるが、津波水位が岸壁高さを大きく上回っている場合は、岸壁での係留索取り外しができないため、緊急退避できない可能性がある。

参考として、第 3-1-23 表に既認可の早期襲来津波と基準津波 3 との比較を示す。また、第 3-1-52 図に緊急退避準備 20 分の内容と各作業の概要を示す。

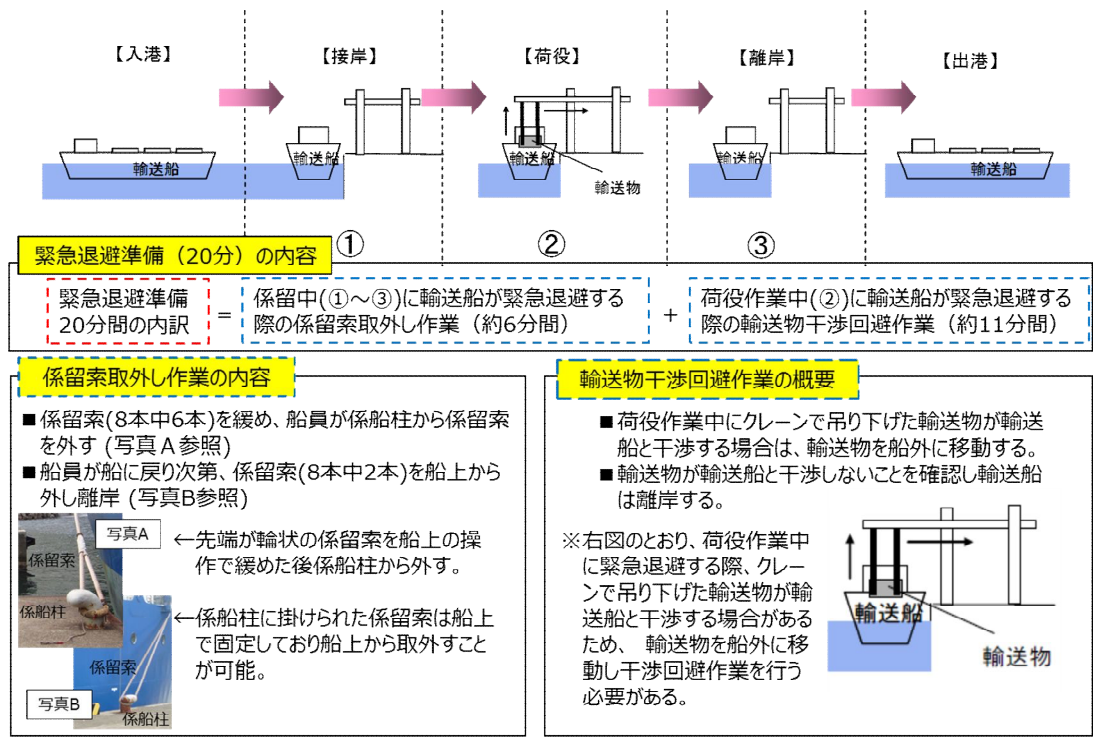


第 3-1-51 図 基準津波 3 の時刻歴波形

第 3-1-23 表 既許可の早期襲来津波と海底地すべり津波との比較

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





なお、係船柱等の係留設備が損傷している場合は、輸送船は発電所港に入港しない

第 3-1-52 図 緊急退避準備 20 分の内容と各作業の概要

b. 燃料等輸送船の喫水と津波高さの関係について

(a) 概要

燃料等輸送船（以下、「輸送船」という。）は、津波警報等発表時、原則、緊急退避を行うが、輸送船が荷役中の場合は退避準備に 20 分要するため、その間は緊急退避できない可能性がある。このため、この 20 分間に襲来する早期襲来津波に対して輸送船への影響評価を実施する。また、津波警報等が発表されない可能性がある津波（海底地すべり津波）が発生した場合は、より安全性を高めるため、輸送船は緊急退避する運用としており、発電所構外において津波と想定される潮位の変動（津居山地点においては、10 分以内に 0.45m の上昇（もしくは下降））を観測した場合は中央制御室からの運転指令装置による構内一斉放送を受け緊急退避を行うが、前述と同様に輸送船が荷役中の場合は緊急退避できない可能性があることや発電所構外の観測潮位が欠測時には退避しない運用としていることから中央制御室からの連絡後 20 分以降に到達する津波も含み影響評価を行い、岸壁に乗り上がらないことや航行不能となり漂流物にならないことを確認する。

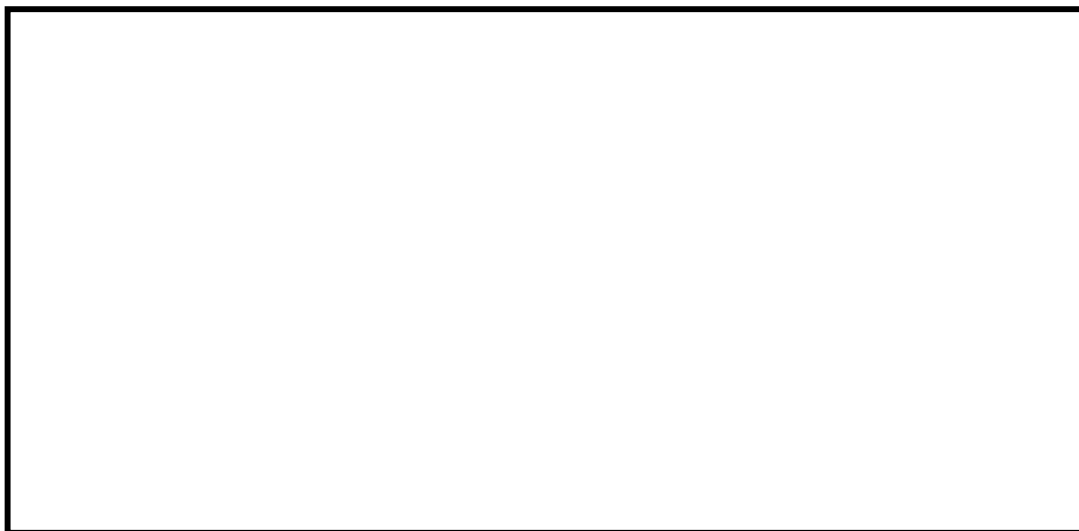
(b) 海底地すべり津波の評価

イ. 基準津波 3 及び基準津波 4 の津波水位と波形

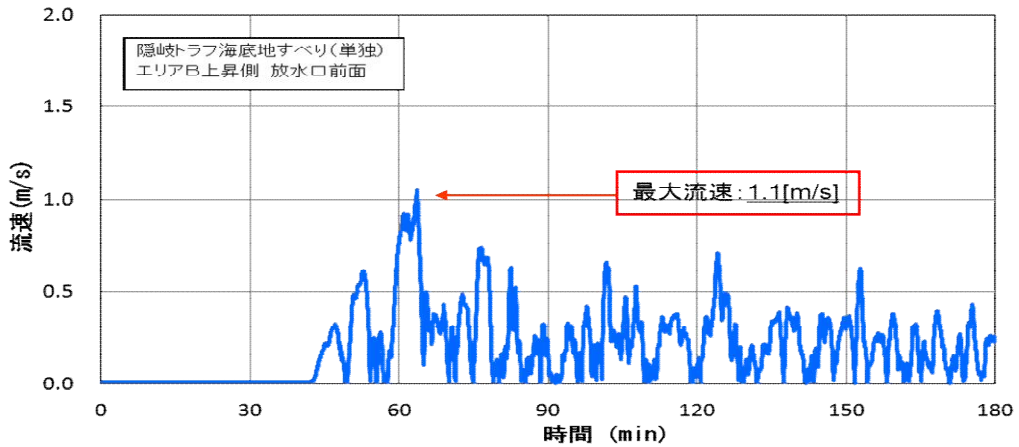
基準津波 3 及び基準津波 4 における放水口前面の最高水位及び最低水位はそれぞれ T.P. +3.85m (朔望平均満潮位及び潮位のばらつきを含む) 及び T.P. -5.57m (朔望平均満潮位及び潮位のばらつきを含む) である。第 3-1-53 図～第 3-1-55 図に波源モデルによる最高水位、最低水位および最大流速を示す。



第 3-1-53 図 基準津波 3 の水位上昇側の津波水位  
—放水口前面—



第 3-1-54 図 基準津波 3 の水位下降側の津波水位  
—放水口前面—



第 3-1-55 図 基準津波 3 の水位上昇側の流速（絶対値）  
—放水口前面—

ロ. 係留時の輸送船評価

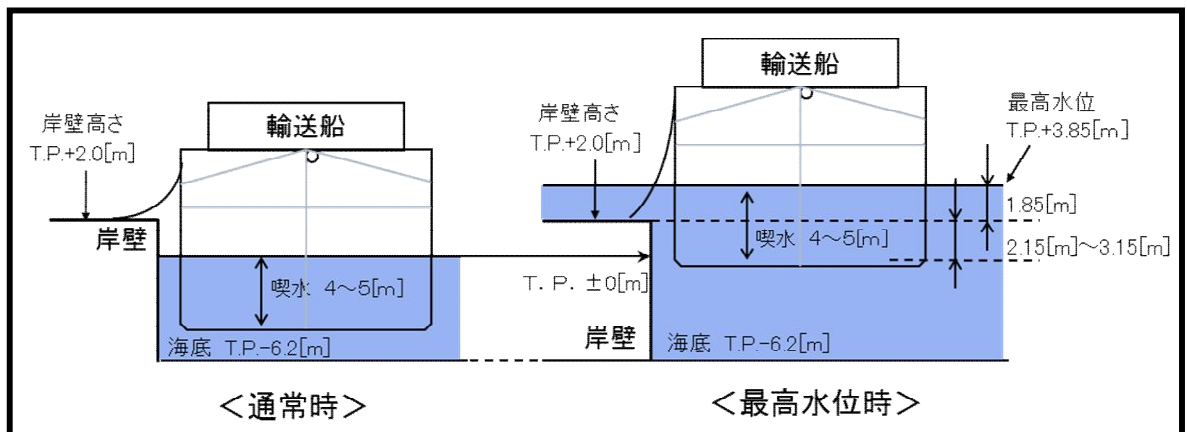
①最高水位における輸送船の評価（係留時）

最高水位と輸送船の喫水高さの関係を第 3-1-56 図に示す。

評価は、岸壁係留中に津波が最高水位 T.P.  [m]（第 3-1-53 図参照）となった状態を前提とする。

$$\left( \begin{array}{l} \cdot \text{最高水位解析値} : \text{T.P. } \boxed{\phantom{00}} \text{ [m]}^* \\ \cdot \text{潮位のばらつき} : \boxed{\phantom{00}} \text{ [m]} \\ \hline \text{評価用の最高水位} : \text{T.P. } \boxed{\phantom{00}} \text{ [m]} \end{array} \right)$$

※ 朔望平均満潮位 T.P.  [m] を考慮



第 3-1-56 図 係留時における最高水位と輸送船の喫水高さ

【評価】

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

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

②最低水位における輸送船の評価（係留時）

最低水位と輸送船の喫水高さの関係を第 3-1-57 図に示す。

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

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

※ 朔望平均干潮位 T. P. [ ]m を考慮



第 3-1-57 図 係留時における最低水位と輸送船の喫水高さ

【評価】

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

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

ハ. 係留時以外の輸送船評価

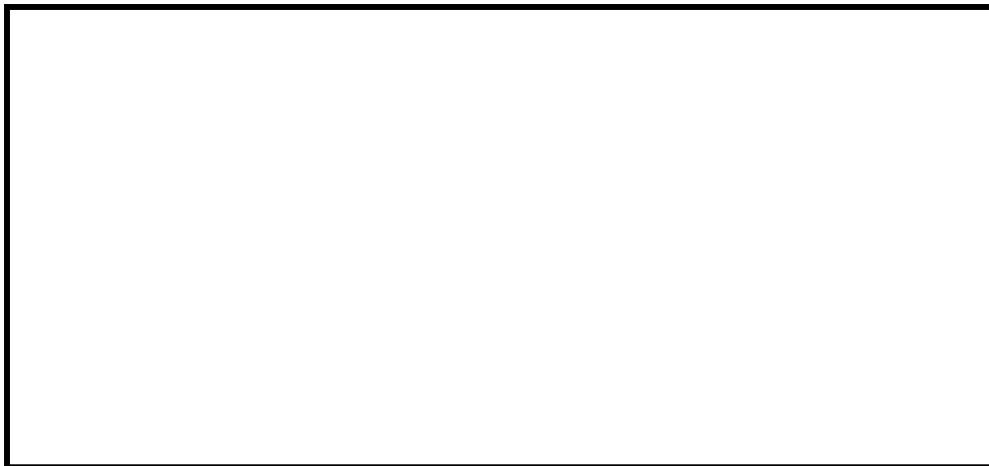
①最低水位における輸送船の評価（係留時以外）

最低水位と輸送船の喫水高さの関係を第 3-1-58 図に示す。

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

・最低水位解析値	: T.P.	<input type="text"/>	[m]※
・潮位のばらつき	:	<input type="text"/>	[m]
評価用の最低水位 : T.P.		<input type="text"/>	[m]

※ 朔望平均干潮位 T.P.  [m] を考慮



第 3-1-58 図 係留時以外における最低水位と輸送船の喫水高さ

【評価】

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

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

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

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

(c) まとめ

基準津波 3 及び基準津波 4 が襲来した場合でも、津波高さと輸送船の喫水高さの関係から、岸壁に乗り上がることはなく、引き波により船底が海底に着底しても十分な船体強度を有していること等から航行不能となることはない。また、輸送船は水位回復後退避可能であること、輸送船の性能は、津波の最大流速 1.1[m/s]（第 3-1-55 図参照）を上回っているため、緊急退避する場合においても適切な操船で退避可能であり、漂流物となることはない。

(参考)

### 燃料等輸送船の着底時の転覆の可能性について

a. 概要

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

b. 評価条件

(a) 輸送船の仕様・形状

輸送船の仕様を第 3-1-24 表に、外形図を第 3-1-59 図に示す。

第 3-1-24 表 輸送船の仕様

--





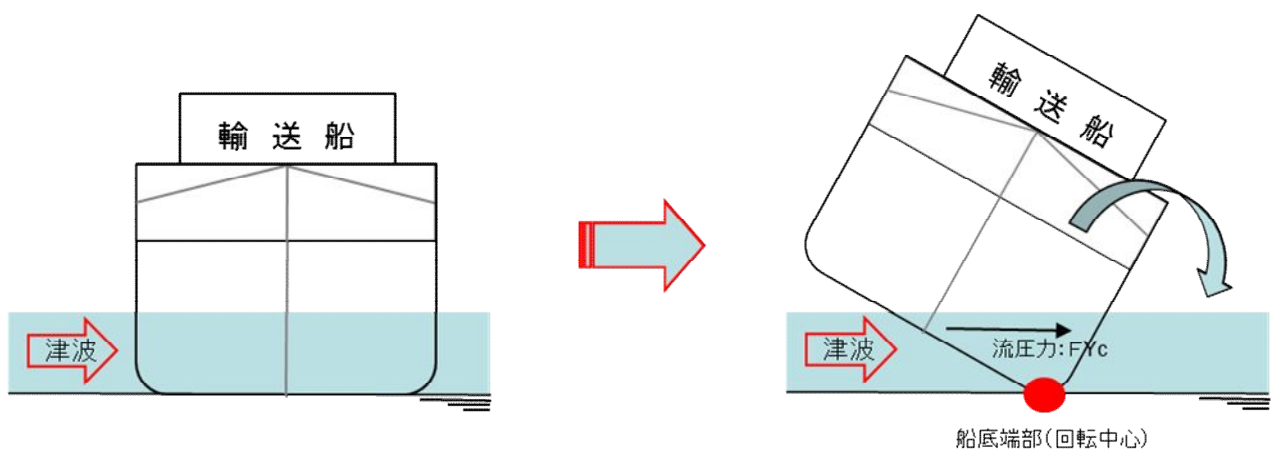
(側面・上面)

(正面)

第 3-1-59 図 輸送船外形図

(b) 転覆モード

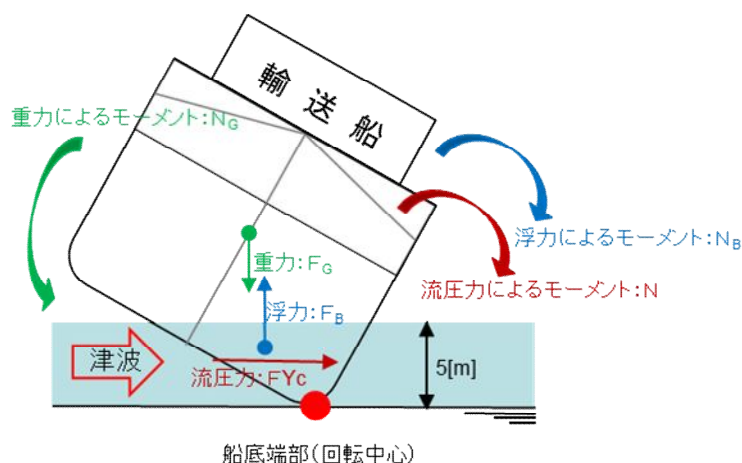
一般の船舶の場合、丸型やV型の船底を有しているものがあるが、輸送船は第 3-1-59 図に示すとおり、断面形状が扁平であり船底が平底型である。このため、引き波により着底した場合にも傾くことなく安定していると考えられるが、ここでは保守的に、第 3-1-60 図に示すように輸送船が津波を受けた際に船底の端部が海底に引っ掛かり、船底端部周りに回転する状況を想定し、転覆可能性の評価を行うものとする。



第 3-1-60 図 想定転覆モード

(c) 転覆評価

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



第 3-1-61 図 輸送船に働く力とモーメント

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

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

重力によるモーメント  $N_G$  は次式のとおりとなる。

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

$N_G$  : 重力によるモーメント [tonf $\cdot$ m]

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

X (GR) : 重心と回転中心の水平方向距離[m] (≒ 4.5)

次に流圧力によるモーメントNは次式にて計算できる。

$$\begin{aligned} N &= F_{YC} \times W \div 2 \\ &= F_{YC} \times d \div 2 \end{aligned}$$

N : 流圧力によるモーメント [tonf・m]

F<sub>YC</sub> : 流圧力 [tonf]

W : 水位 [m]

d : 喫水 [m] (= 5)

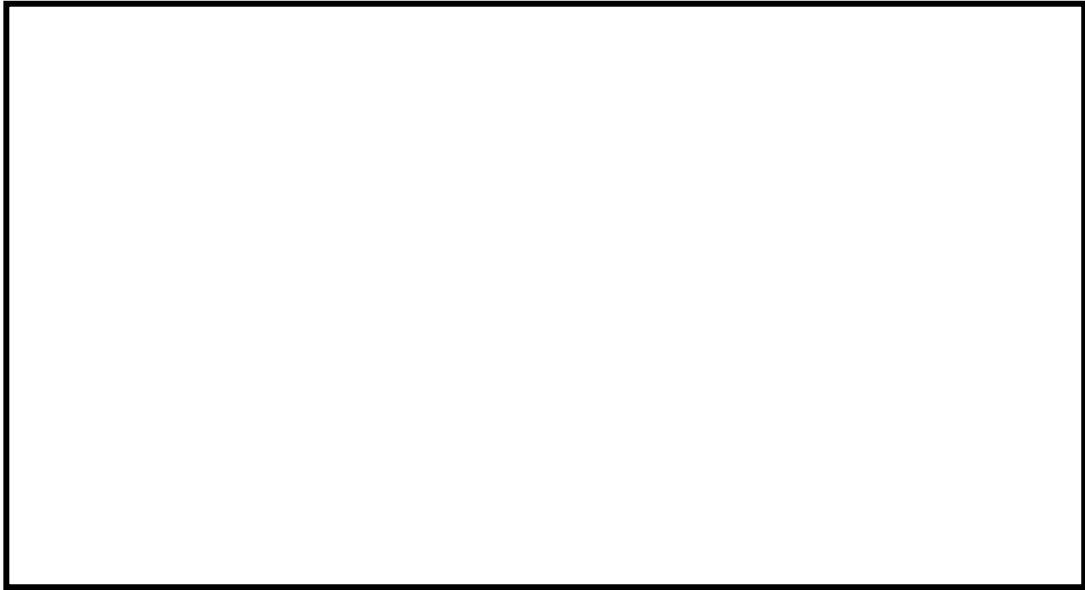
ここで、流圧力は受圧面積が最大の際に最も大きくなり、且つ、流圧力によるモーメントは流圧力の作用点と回転中心との距離が最大の際に最も大きくなるため、本評価における水位は喫水と同等とした。また、横方向の流圧力F<sub>YC</sub>を第3-1-25表に示す方法で計算する。

第3-1-25表 横方向流圧力の計算方法

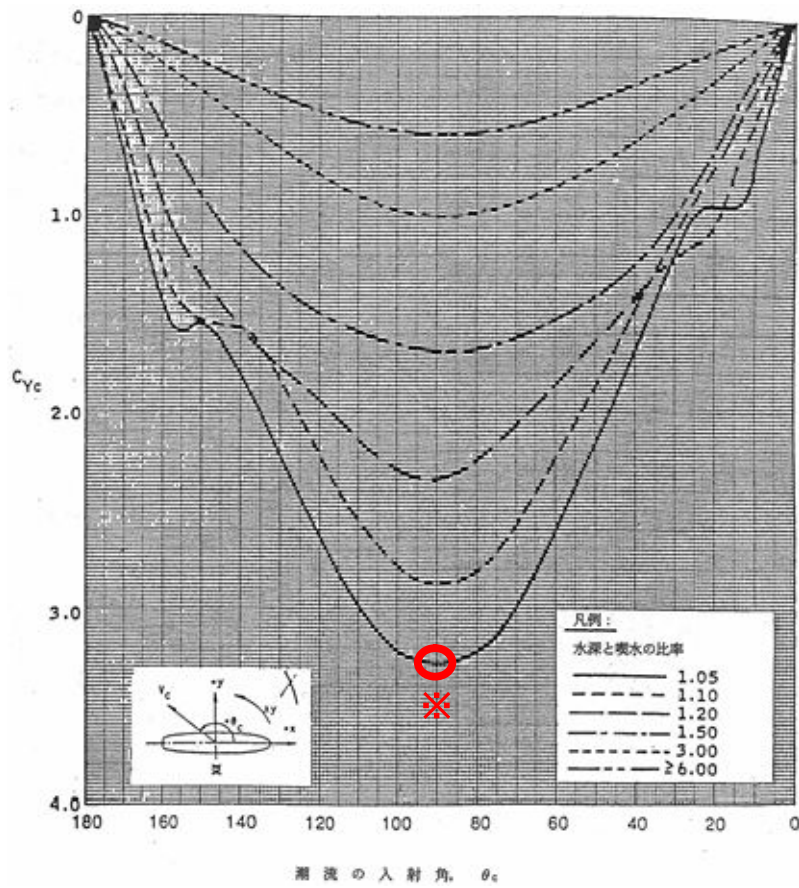
<p>【流圧力計算式】</p> $F_{YC} = \frac{1}{2} \times C_{YC} \times \rho_c \times V_c^2 \times L_{PP} \times d$	<p>F<sub>YC</sub> : 横方向流圧力 [kgf] C<sub>YC</sub> : 横方向流圧力係数 V<sub>c</sub> : 流速 [m/s] L<sub>PP</sub> : 垂線間長 [m] d : 喫水 [m] ρ<sub>c</sub> : 水密度 [kg・sec<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>] (=104.5kg・sec<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>)</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

(出典：係留設備に関する指針 OCIMF 刊行)

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



第 3-1-61 図 最大流速



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

第3-1-25表により $F_{YC}$ は以下のとおりとなる。

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

したがって、流圧力によるモーメント $N$ は以下のとおりとなる。

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

最後に浮力によるモーメント $N_B$ は次式にて評価する。

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

$N_B$  : 浮力によるモーメント [tonf·m]

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

$X \text{ (BR)}$  : 浮心と回転中心の水平方向距離 [m] ( $\doteq 3.0$ )

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

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

c. まとめ

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

(8) 車両（燃料輸送車両及び LLW 輸送車両以外の車両）に係る評価

a. はじめに

放水口側防潮堤より外側の津波遡上範囲に位置する物揚岸壁においては、燃料等輸送作業時に燃料輸送車両及び LLW 輸送車両が存在する。これに対して、津波時に「漂流物とならないこと」、「津波波力及び滑動により津波防護施設へ衝突しないこと」を確認しているが、発電所構外において津波と想定される潮位の変動を観測した場合は、より安全性を高めるために可能な範囲で津波が到達しない場所へ退避する方針としている。これにならい、放水口側防潮堤及び取水路防潮ゲートより外側の津波遡上範囲に存在する燃料輸送車両及び LLW 輸送車両以外の車両について、基準津波 3 及び基準津波 4 襲来時における漂流物の津波防護施設への影響を低減することを目的に、燃料輸送車両及び LLW 輸送車両と同様に退避することとしており、以降にて、その成立性及び運用の詳細について検討を行った。

b. 退避運用の成立性について

(a) 基本方針

放水口側防潮堤及び取水路防潮ゲートより外側の津波遡上範囲（第 3-1-63 図の灰色部）は、原則駐車禁止とする。ただし、当該エリアに作業で入域する等の発電所運営上必要な場合は停車可とし、この場合においても、運転手が車両付近に常駐<sup>\*</sup>（荷役などの車両を用いた作業との兼務は可とする。）し、直ちに車両を移動させることが可能な体制とする。また、当該エリアでの車両を用いた作業は、事前許可制とし、放水口側防潮堤の外側及び取水路防潮ゲートの外側それぞれにおいて、退避する作業車両が 10 台以下となるよう管理する。具体的には、後述の「ハ. 津波遡上範囲に停車する車両への対応」にて「①車両退避」と分類した作業車両が 10 台以下となるよう管理する。（※：車両を離れる場合は、別の者を運転手に指定する。）



第 3-1-63 図 津波遡上範囲（灰色部）

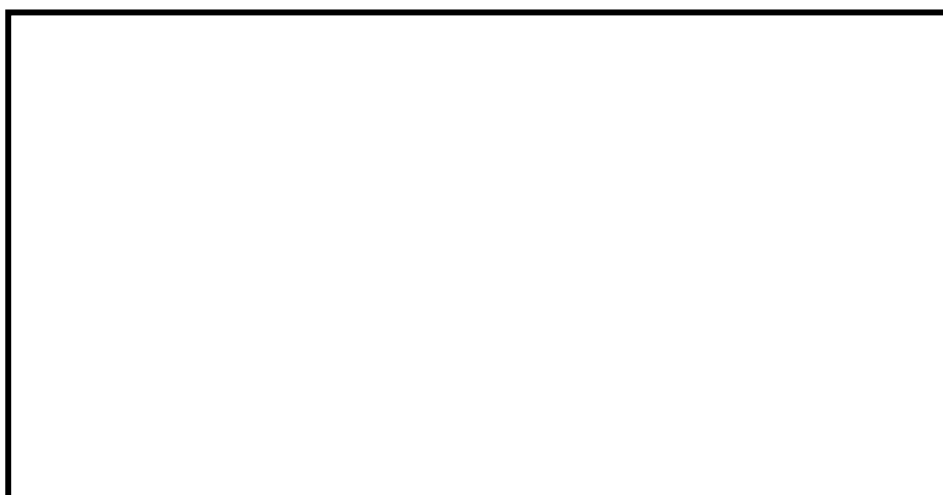
(b) 基本方針を踏まえた退避運用の成立性について

イ. 退避場所

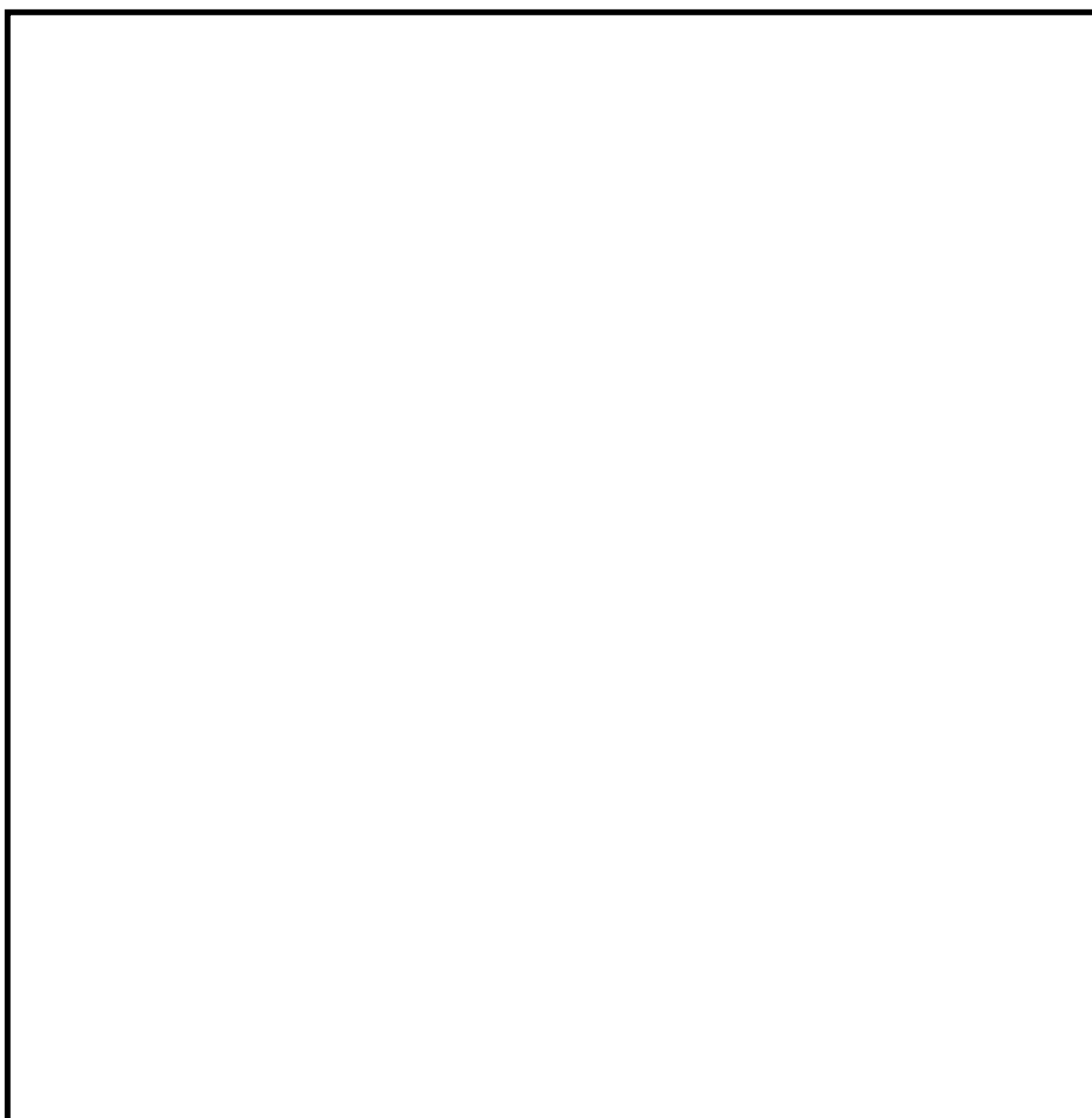
津波遡上範囲は、原則駐車禁止とするが、発電所運営上必要な場合は除くため、これらの車両に対する退避場所を以下の第 3-1-64 図のとおり選定する。放水口側防潮堤より外側の津波遡上範囲は、大きく図 2 の A～C のエリアとなるため、これらのエリアから最寄りの津波の影響を受けない場所を退避場所として選定し、エリア A に停車・通行している場合は①（高台）に、エリア B に停車・通行している場合は②（放水口側防潮堤の内側）に、エリア C に停車・通行している場合は③（高台）もしくは④（高台）へ退避することとする。また、取水路防潮ゲートより外側の津波遡上範囲は、図 2 の D のエリアとなるため、⑤（取水路防潮ゲートの内側）へ退避することとする。また、退避ルートの矢視図を第 3-1-65 図、矢視に該当する現場写真を第 3-1-66 図に示す。退避ルートの道路幅は 5 ～ 10 m 程度、傾斜は 3 ～ 10 % 程度である。



第 3-1-64 図 車両退避場所

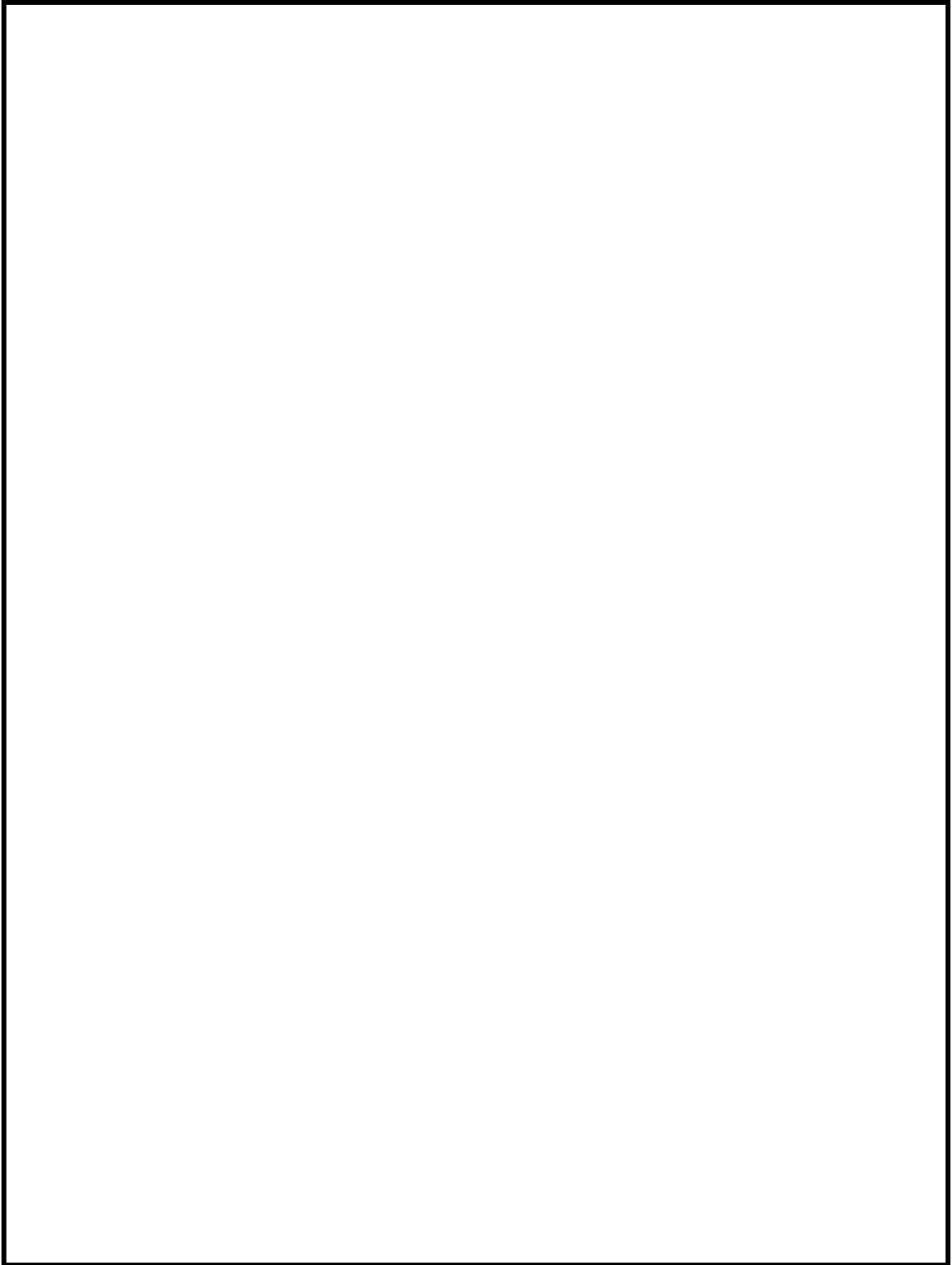


第 3-1-65 図 退避ルート矢視図

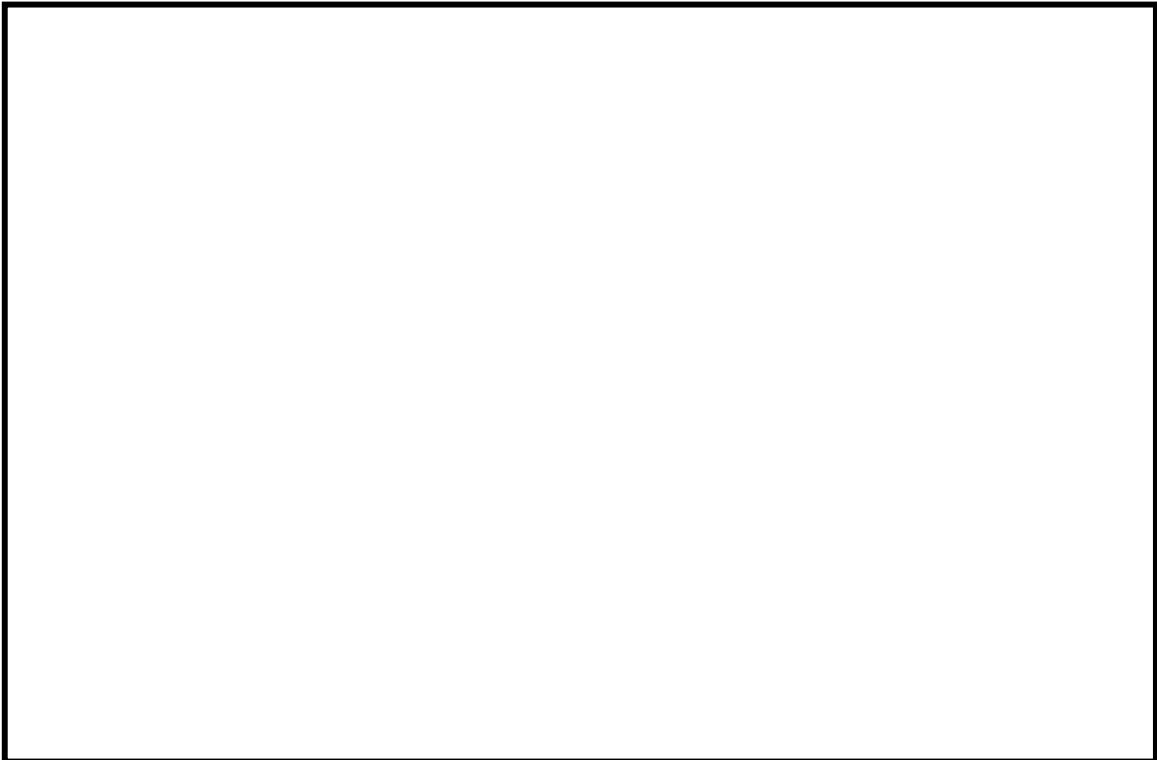


第 3-1-66 図 現場写真(1/3)





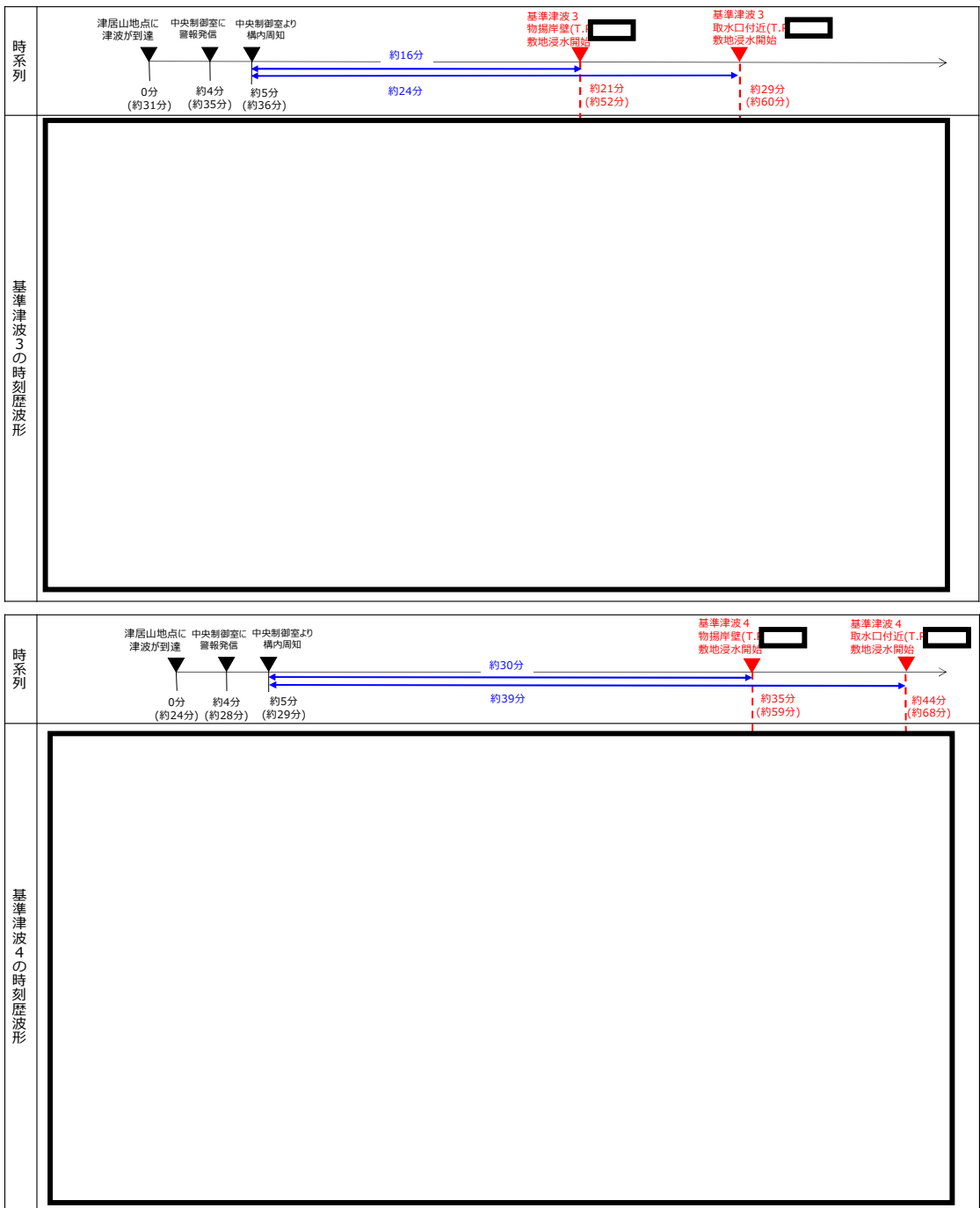
第 3-1-66 図 現場写真 (2/3)



第 3-1-66 図 現場写真 (3/3)

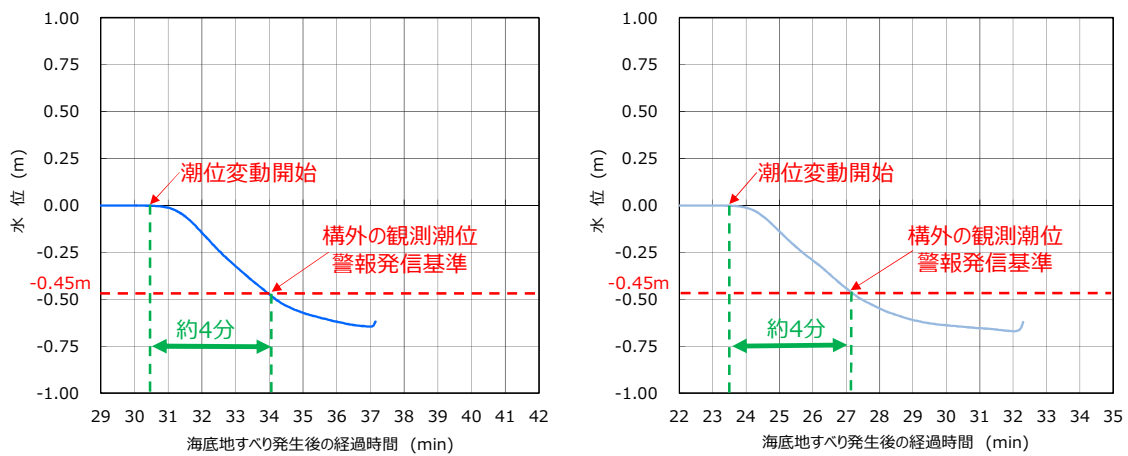
ロ. 基準津波 3 及び基準津波 4 襲来時の時系列

基準津波 3 及び基準津波 4 の放水口前面及び取水口前面の時刻歴波形及び時系列を第 3-1-67 図に示す。発電所構外の津居山地点への基準津波 3 及び基準津波 4 到達を起点 (0 分) とすると、約 4 分後に津居山地点において 0.45m の潮位変動を観測 (第 3-1-68 図参照) し、この時点で中央制御室にて警報が発信する。その約 1 分後に中央制御室から運転指令装置による構内一斉放送を行う。その約 16 分後に高浜発電所の物揚岸壁が浸水する。また、基準津波 3 の放水口前面における最高水位は、T.P.  (朔望平均満潮位及び潮位のばらつきを含む)、取水口前面における最高水位は、T.P.  (朔望平均満潮位及び潮位のばらつきを含む) となる。基準津波 4 の放水口前面における最高水位は、T.P.  (朔望平均満潮位及び潮位のばらつきを含む)、取水口前面における最高水位は、T.P.  (朔望平均満潮位及び潮位のばらつきを含む) となる。



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

第 3-1-67 図 基準津波 3 及び基準津波 4 の放水口前面及び取水口前面の時刻歴波形及び時系列



(基準津波 3)

(基準津波 4)

第 3-1-68 図 基準津波 3 及び基準津波 4 の津居山地点における時刻歴波形

ハ. 津波遡上範囲に停車する車両への対応

基準津波 3 及び基準津波 4 襲来時においては、中央制御室からの周知後、最短約 16 分で敷地が浸水する。作業状況によっては、16 分以内に退避できない可能性が想定されるため、車種に応じ、車両退避するのか、作業員のみ退避するのかを分類する。作業員のみ退避する場合は、作業エリアの敷地高さと基準津波 3 及び基準津波 4 の最高水位の差の浸水高さにより、車両が漂流物化及び滑動しないことを確認する。

津波遡上範囲に停車する車両について抽出し、第 3-1-69 図に示すフローにより、「①車両退避」するのか、「②作業員のみ退避」するのかに分類する。分類結果（車種ごとの代表例）を第 3-1-27 表に示す。（漂流物化及び滑動有無の詳細は参考 1 参照）

「②作業員のみ退避」とした場合に、車両が漂流物化しないかの評価については、放水口側の作業エリアにおける敷地高さが放水口付近 (T.P. [ ] エリア)、放水口付近 (T.P. [ ] エリア) 及び物揚岸壁 (T.P. [ ] エリア) に対し、津波高さ T.P. [ ] であることから、放水口付近で [ ]、物揚岸壁で [ ] の浸水を想定し、車両重量がこの浸水における浮力を上回り、漂流物とならないことを確認する。なお、想定した浸水高さにおいて、車両重量が浮力を上回ることが確認できない場合においては、保守的に車両全体が浸水することを想定した密度評価を実施し、車両密度が海水密度 (1.03t/m<sup>3</sup>) を上回ることを確認する。

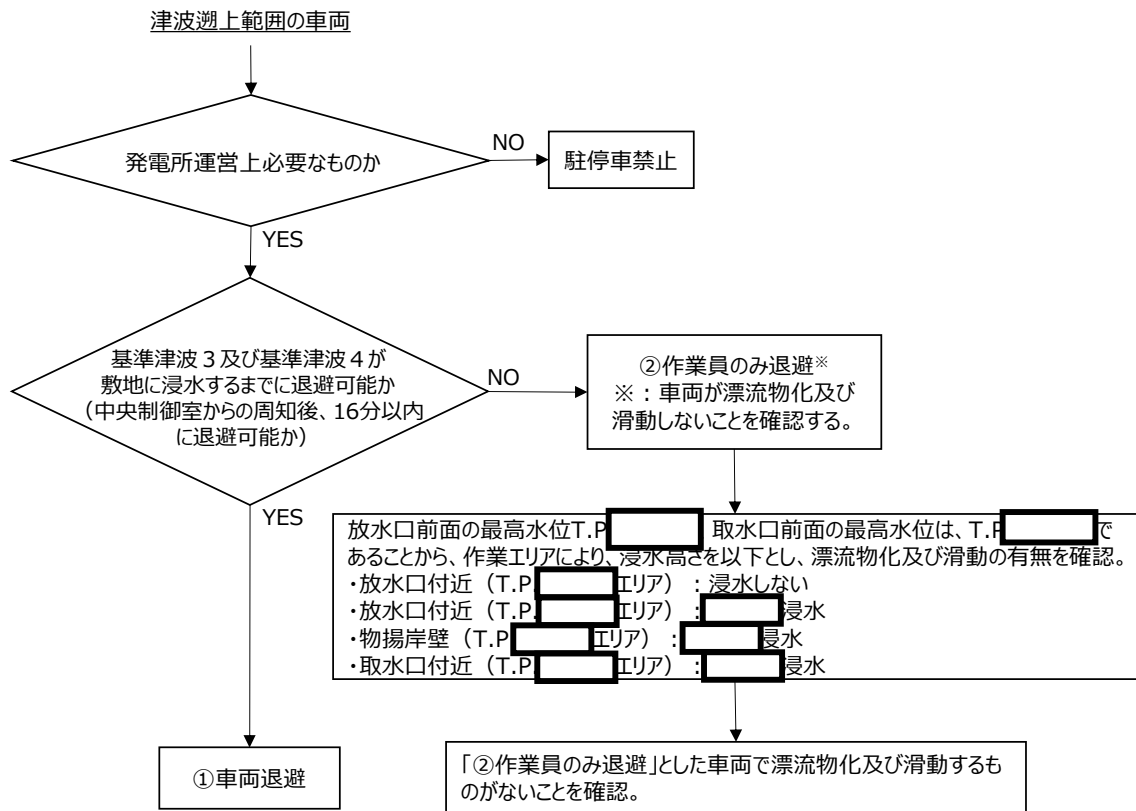
また、イスバッシュ式※を準用し評価した対象物が水の流れによって動かない最大流速（以下、「安定流速」という。）が放水口前面の最大流速 1.1m/s を上回り、滑動しないことを確認する。

取水口側については作業エリアにおける敷地高さが取水口付近（T.P.  エリア）に対し、津波高さが T.P.  であることから、 の浸水を想定し、車両重量がこの浸水における浮力を上回り、漂流物とならないことを確認する。なお、想定した浸水高さにおいて、車両重量が浮力を上回ることが確認できない場合においては、保守的に車両全体が浸水することを想定した密度評価を実施し、車両密度が海水密度（1.03t/m<sup>3</sup>）を上回ることを確認する。

また、イスバッシュ式※を準用し評価した安定流速が取水口前面の最大流速 2.7m/s を上回り、滑動しないことを確認する。各作業エリアの敷地高さを第 3-1-70 図に示す。

第 3-1-27 表より、高所作業車、橋梁点検車、軽自動車、乗用車、トラック及びユニックは基準津波 3 及び基準津波 4 が敷地に浸水する 16 分以内に退避可能であることから、車両退避することとし、その他の車両については、作業状況によっては基準津波 3 及び基準津波 4 が敷地に浸水する 16 分以内に退避できない可能性があることから、作業員のみ退避することとするが、車両が漂流物化及び滑動しないことを確認した。

※：「港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会、平成 19 年 7 月）」参照



第 3-1-69 図 津波遡上範囲の車両の分類フロー



第 3-1-70 図 各作業エリアの敷地高さ

第 3-1-26 表 津波遡上範囲に停車する車両の分類結果（車種ごとの代表例）

車種	作業エリア	用途	分類	浸水部におけるパラメータ				浮力(tf)	重量(tf)	車両密度 <sup>※3</sup> (t/m <sup>3</sup> )	漂流物化 有無 <sup>※4</sup>	安定流速 (m/s)	滑動 有無
				長さ(m)	幅(m)	高さ(m)	体積(m <sup>3</sup> )						
60tクレーン	放水口付近(T.P.+4.5mエリア)	放水口点検	②作業員のみ退避	-	-	7.810	2.170	-	-	無(浸水しない)	-	-	
	取水口付近(T.P.+3.0mエリア)	・くらげ防網定期修繕 ・取水路ロータリーキー定期修繕 ・構型クレーン点検		9.475	3.000			39.635	-	無	8.11	無	
25tクレーン	取水口付近(T.P.+3.0mエリア)	・海水取水トンネル点検 ・非常用海水路点検 ・くらげ防止網定期修繕 ・取水路ロータリーキー定期修繕	②作業員のみ退避	7.810	2.620	25.595	-	無	6.83	無			
100tクレーン	取水口付近(T.P.+3.0mエリア)	・くらげ防止網定期修繕 ・取水路ロータリーキー定期修繕	②作業員のみ退避	10.780	2.780	39.800	-	無	7.85	無			
高所作業車	放水口付近(T.P.+3.5mエリア)	橋梁点検	①車両退避	7.960	2.170	7.830	-	無	-	-			
	放水口付近(T.P.+3.0mエリア)	橋梁点検		5.700	2.180	7.810	-	無	-	-			
軽自動車	放水口付近(T.P.+3.5mエリア)	人員/資機材運搬	①車両退避	3.400	1.480	0.600	-	有	-	-			
	取水口付近(T.P.+3.0mエリア)			3.400	1.480	0.600	-	有	-	-			
	物揚岸壁(T.P.+2.0mエリア)			3.400	1.480	0.600	-	有	-	-			
	放水口付近(T.P.+4.5mエリア)			-	-	-	-	無(浸水しない)	-	-			
乗用車	放水口付近(T.P.+3.5mエリア)	人員/資機材運搬	①車両退避	4.480	1.745	1.300	-	有	-	-			
	取水口付近(T.P.+3.0mエリア)			4.480	1.745	1.300	-	有	-	-			
	物揚岸壁(T.P.+2.0mエリア)			4.480	1.745	1.300	-	有	-	-			
	放水口付近(T.P.+4.5mエリア)			-	-	-	-	無(浸水しない)	-	-			
トラック	放水口付近(T.P.+3.5mエリア)	資機材運搬	①車両退避	4.700	1.700	2.060	-	無	-	-			
	取水口付近(T.P.+3.0mエリア)			4.700	1.700	2.060	0.79	有	-	-			
	物揚岸壁(T.P.+2.0mエリア)			4.700	1.700	2.060	0.79	有	-	-			
	放水口付近(T.P.+4.5mエリア)			-	-	-	-	無(浸水しない)	-	-			
ユニック	放水口付近(T.P.+3.5mエリア)	設備吊り上げ	①車両退避	5.990	1.890	3.460	1.120	無 <sup>※5</sup>	-	-			
	取水口付近(T.P.+3.0mエリア)			5.990	1.890	3.460	1.120	無 <sup>※5</sup>	-	-			
	物揚岸壁(T.P.+2.0mエリア)			5.990	1.890	3.460	1.120	無 <sup>※5</sup>	-	-			
	放水口付近(T.P.+4.5mエリア)			-	-	-	-	無(浸水しない)	-	-			

※1: 地表から車両までの空間等を考慮せず、保守的に評価している。

※2: 詳細評価(地表から車両までの空間等を考慮した場合)の結果

※3: 詳細評価(車両密度評価)の結果

※4: 「①車両退避」と分類した車両の漂流物化有無については、参考として記載

※5: 車両密度が海水密度(1.03t/m<sup>3</sup>)を上回るため漂流物化しない

## 二. 退避手順及び退避運用の成立性

津波遡上範囲に停車する車両及び作業員は、以下の①～⑤の5ステップで退避を行う。また、「車両退避フロー」及び「津居山地点への津波到達を起点とした場合の各ステップ完了までに要する時間」を第 3-1-71 図に、津居山地点への津波到達からの基準津波 3 が敷地に浸水するまでの時系列を第 3-1-72 図に示す。

以下の評価結果より、津居山地点に津波が到達後、約 2 1 分で高浜発電所の敷地(物揚岸壁)が浸水し始めるが、車両退避は、津居山地点に津波が到達後約 1 4 分、作業員は、津居山地点に津波が到達後約 1 0 分で退避可能であり、退避運用は成立することを確認した。また、模擬訓練を実施し、下記の評価時間内に収まることを確認した。模擬訓練の結果を参考 2 に示す。なお、「大雪及び路面凍結の下記の評価時間への影響は、融雪装置の設置や除雪運用等により軽微であること」、「夜間及び悪天候(霧、吹雪等)時における退避の下記の評価時間への影響は、構内の主要箇所には街灯を設置していること、退避場所を示す案内板を設置すること等により軽微であること」を確認しており、その詳細は参考 3 に示す。

### 【車両退避に係る退避手順】

- ① 発電所構外において津波と想定される潮位の変動(津居山地点においては、1 0 分以内に 0. 4 5 m の上昇(もしくは下

降))を観測した場合に、中央制御室において警報が発信する。

(津居山地点の津波到達を起点とすると、約4分後)

- ②この時点で中央制御室から運転指令装置による構内一斉放送(異常時であることが分かるようサイレン音が鳴る仕様とし、退避開始の遅れを防ぐこととする。)を行い、津波遡上範囲にいるクレーン以外の車両に対し、退避場所への退避及び津波遡上範囲以外の場所にいる車両に対し、津波遡上範囲への進入禁止を周知する。また、この時点で作業員は退避を開始する。(津居山地点の津波到達を起点とすると、約5分後)

(時間根拠):構内一斉放送に要する時間は40秒程度であるが、余裕を持たせ、約1分と算定

- ③中央制御室からの周知によりクレーン以外の車両が退避準備を実施する。(津居山地点の津波到達を起点とすると、約8分後)

(時間根拠):保守的な想定として、ユニックの荷揚中を想定した場合、荷下ろし、フック巻取り、ブーム格納、アウトリガ格納、乗車までに要する時間は2分程度(実測)であるが、余裕を持たせ、約3分と算定。

- ④作業員の退避が完了する。(津居山地点の津波到達を起点とすると、約10分後)

(時間根拠):津波の到達しない場所(図2の黒点線)から最も遠い場所からの退避を想定した場合、距離は500m程度であり、速度100m/minとすると、約5分で退避可能

- ⑤車両が退避完了する。(津居山地点の津波到達を起点とすると、約14分後)

(時間根拠):「(a)基本方針」の管理を行うことから、保守的な想定として、退避場所(第3-1-73図の赤点線)から最も遠い場所を起点として10台<sup>\*1</sup>の作業車両が順次、退避する場合を想定する(第3-1-73図参照)。まず、10台の車両が10秒おき<sup>\*2</sup>に出発したとすると、全車両の出発までに2分程度要する。また、最も遠いところからの退避を想定した場合、距離は1km程度<sup>\*3</sup>かつ最大勾配が6.5%程度であり、これを考慮した車両走行速度を15km/h(250m/min)<sup>\*4</sup>とすると、車両の退避に4分程度要する。したがって、最後に出発した車両の退避に要する時間を約6分と算定。

なお、参考4にA~Dの各エリアで最も時間を要するルー



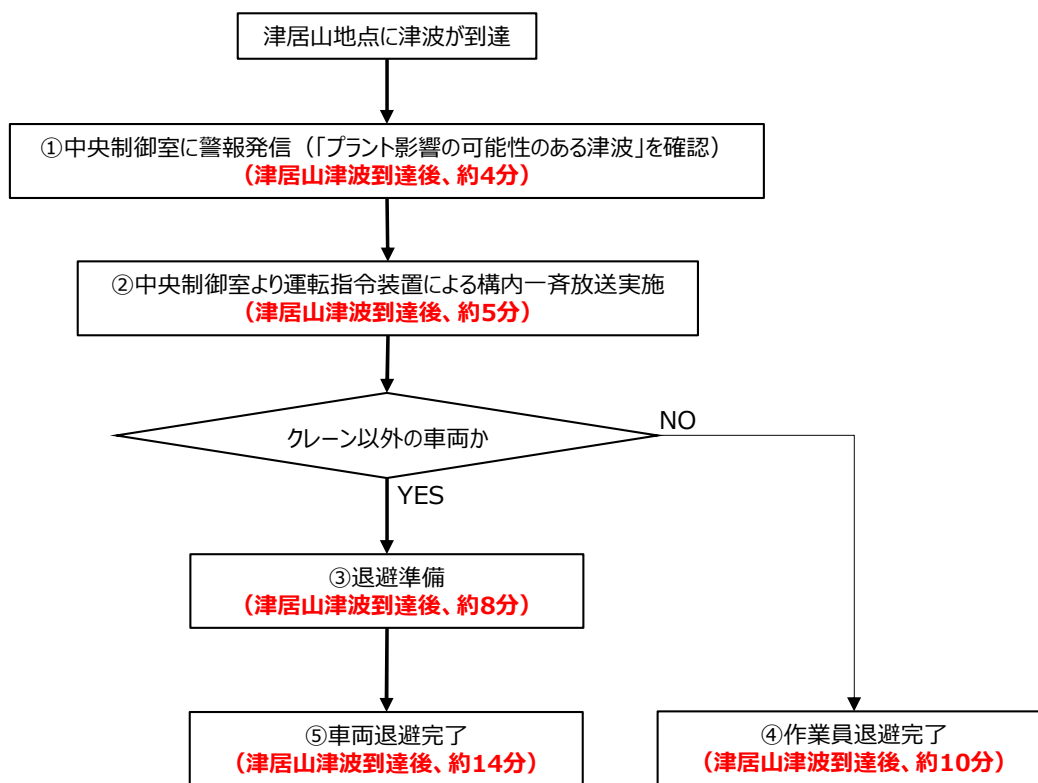
トの退避時間の算定結果を示す。

※1：当該箇所は道路幅 6 m 程度であり、10 台の作業車両が同一箇所で作業することはないが、保守的に同一箇所での作業を想定。

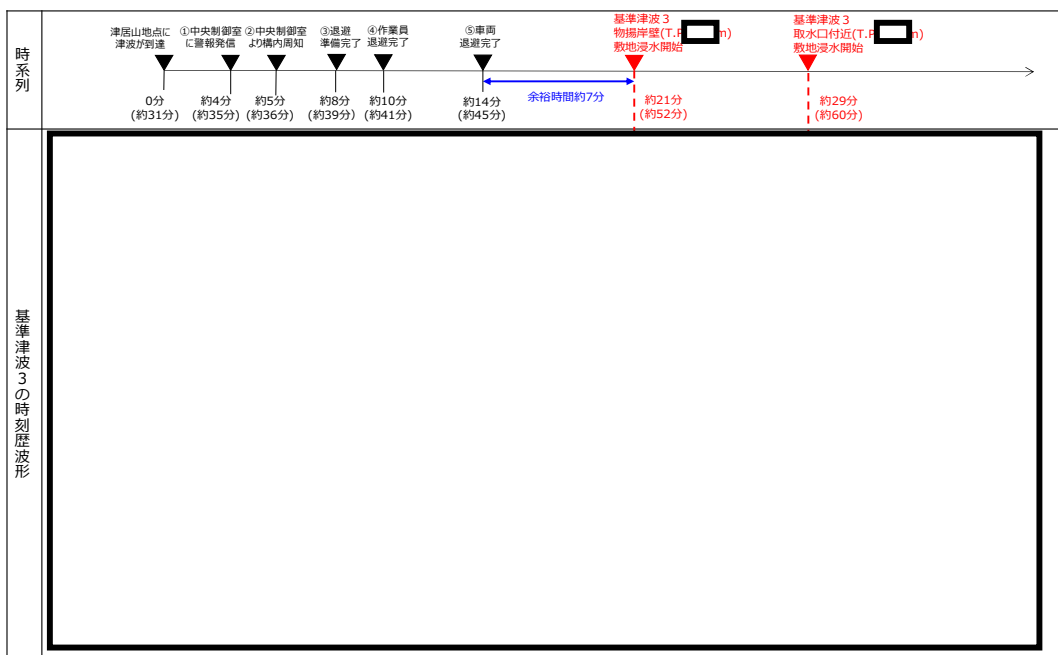
※2：一般的に車間距離 40 m 以下（1 km あたりの車両台数が 25 台程度）になった際に渋滞が発生しやすいことから、車間距離 40 m 以上確保可能な 10 秒おきの出発を想定。

※3：津波が到達しない高さまでの距離は 500 m 程度であるが、保守的に退避場所までの距離 1 km にて評価。

※4：構内速度制限 30km/h より保守的に設定）



第 3-1-71 図 車両退避フロー



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

第 3-1-72 図 津居山地点への津波到達からの基準津波 3 が敷地に浸水するまでの時系列



第 3-1-73 図 車両退避ルートのうち、最も時間の要するルートについて

c. 退避手順及び退避場所に係る教育及び訓練について

新規入構者に対しては、入所時教育において、退避手順及び退避場所の教育を実施する。また、実際に津波遡上範囲に入域する作業等がある



津波遡上範囲に停車する車両（車種ごとの代表例）に係る漂流物化及び滑動有無の詳細

前述の第 3-1-27 表に示した津波遡上範囲に停車する車両（車種ごとの代表例）に係る浮力計算の詳細を以下に示す。

【60t クレーン (TADANO GR-600N-1)】

単位:mm



<浮力計算式>

$$(\text{浮力}) = 9.475 [\text{m}] \times 3.000 [\text{m}] \times \boxed{\phantom{000}} [\text{m}] \times 1.03 [\text{t}/\text{m}^3] * = 16.10 [\text{tf}]$$

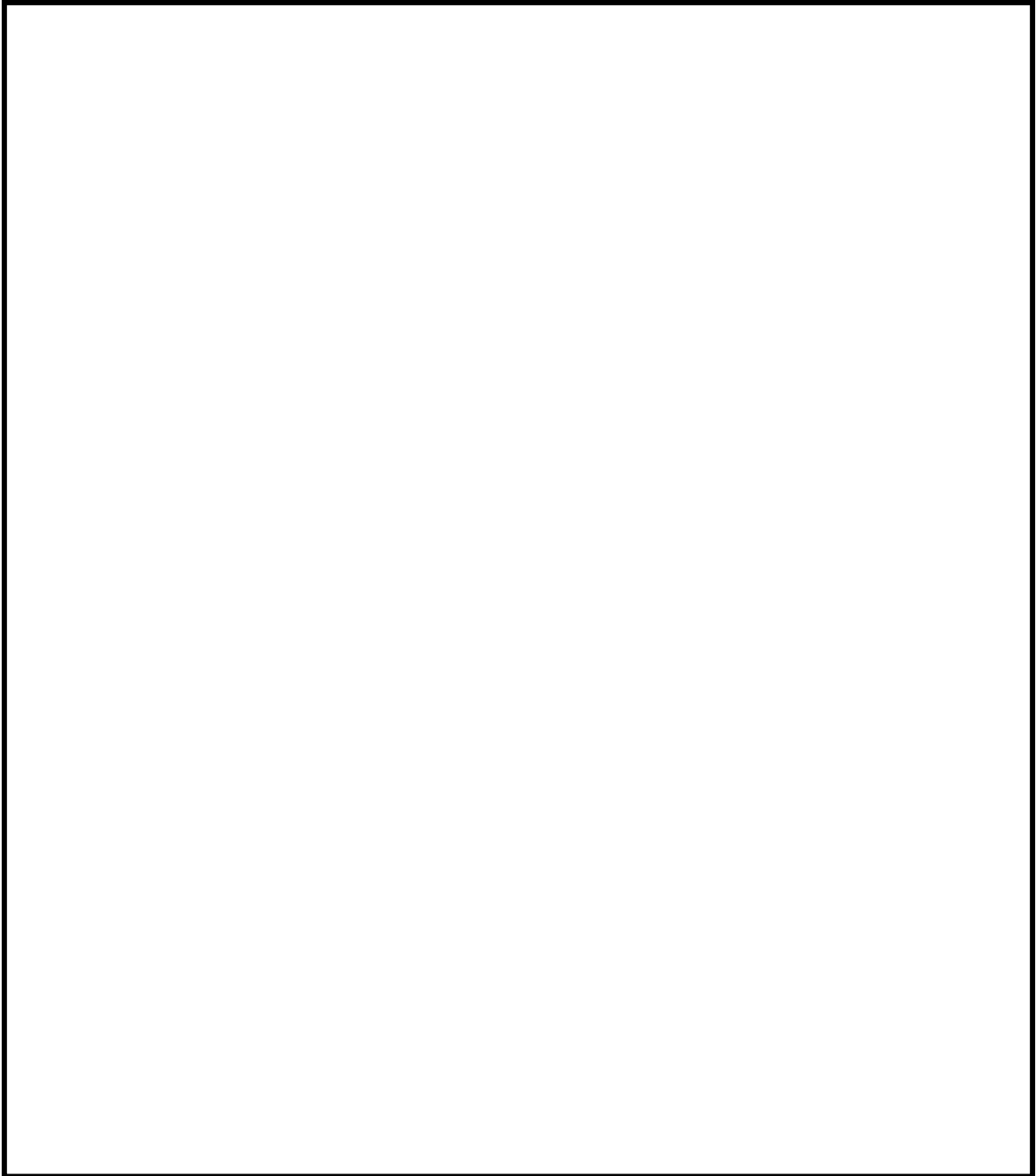
※：海水の比重

$$(\text{重量}) = 39.635 [\text{tf}]$$

(重量) > (浮力) より漂流物とならない。

【25t クレーン(TADANO GR-250N(Ⅲ))】

単位:mm



<浮力計算式>

$$(\text{浮力}) = 7.810[\text{m}] \times 2.620[\text{m}] \times \boxed{\phantom{000}}[\text{m}] \times 1.03[\text{t}/\text{m}^3] \quad * = 11.59[\text{tf}]$$

※：海水の比重

$$(\text{重量}) = 25.595[\text{tf}]$$

(重量) > (浮力) より漂流物とならない。

【100t クレーン(TADANO ATF-100G4(J))】

単位:mm



<浮力計算式>

$$(\text{浮力}) = 10.780[\text{m}] \times 2.780[\text{m}] \times \boxed{\phantom{000}}[\text{m}] \times 1.03[\text{t}/\text{m}^3] * = 16.98[\text{tf}]$$

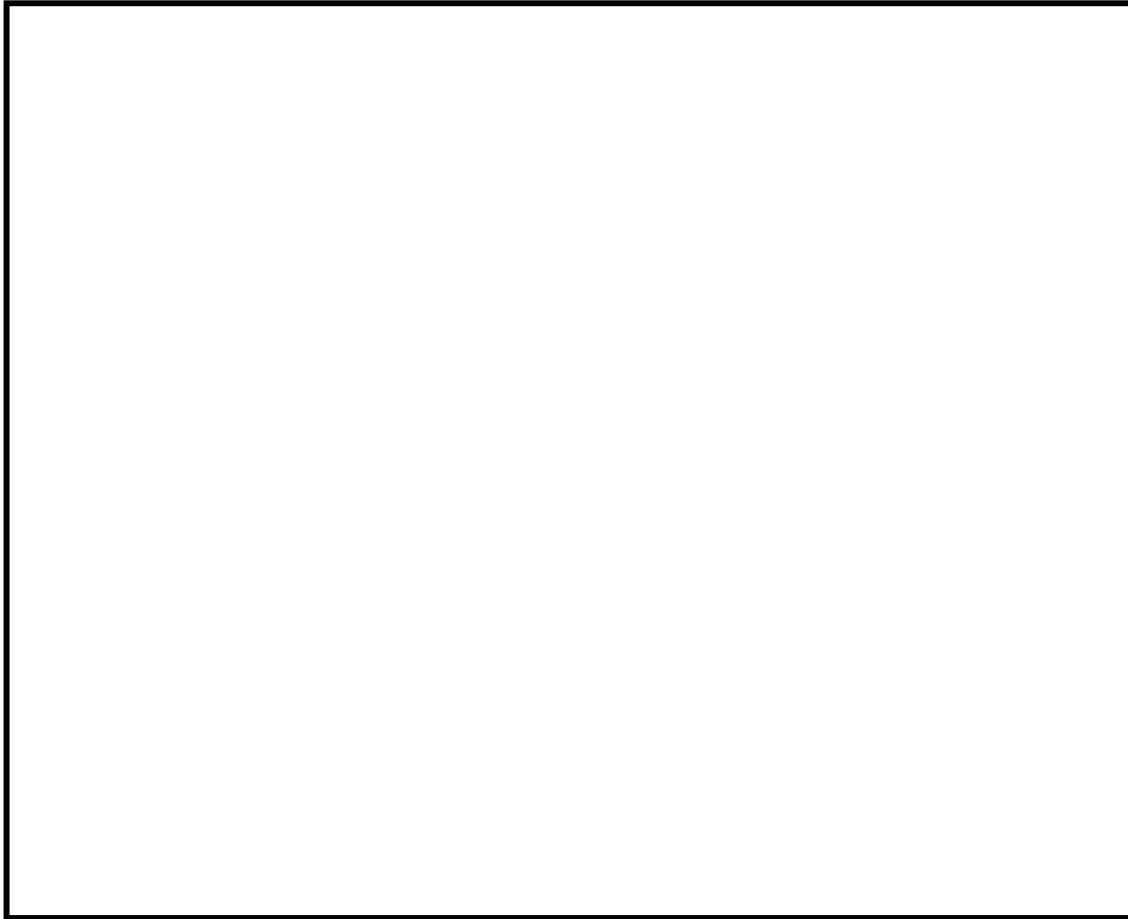
※：海水の比重

$$(\text{重量}) = 39.800[\text{tf}]$$

(重量) > (浮力) より漂流物とならない。

【高所作業車(TADANO AT-255CG)】

単位:mm



<浮力計算式>

$$(\text{浮力}) = 7.960 [\text{m}] \times 2.170 [\text{m}] \times \boxed{\phantom{00}} [\text{m}] \times 1.03 [\text{t}/\text{m}^3] * = 6.23 [\text{tf}]$$

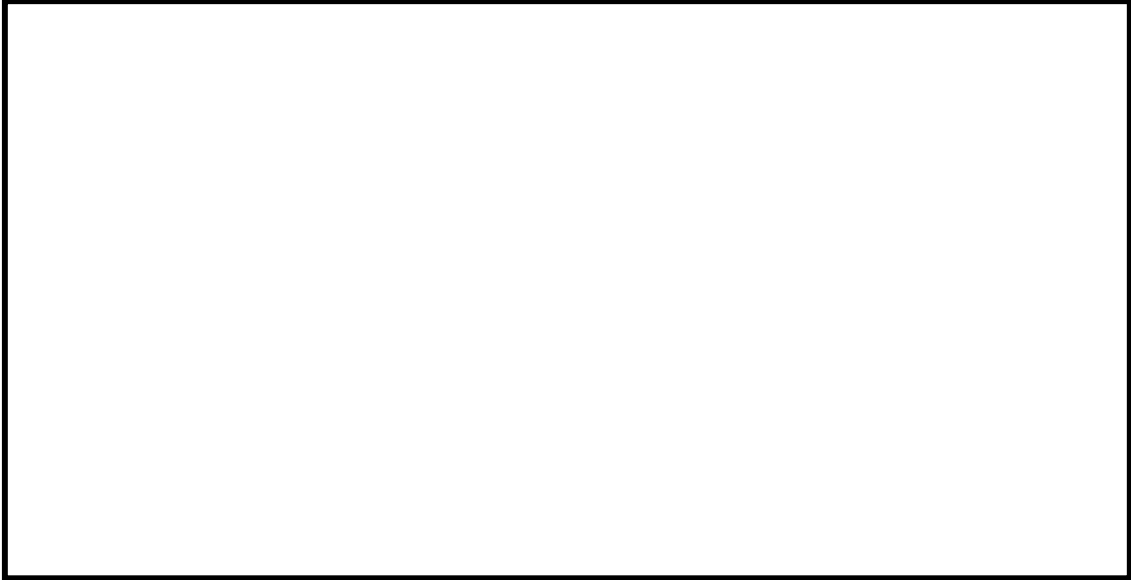
※：海水の比重

$$(\text{重量}) = 7.830 [\text{tf}]$$

(重量) > (浮力) より漂流物とならない。

【橋梁点検車(TADANO BT-110)】

単位:mm



<浮力計算式>

$$(\text{浮力}) = 5.700[\text{m}] \times 2.180[\text{m}] \times \boxed{\phantom{00}}[\text{m}] \times 1.03[\text{t}/\text{m}^3] * = 7.04[\text{tf}]$$

\*: 海水の比重

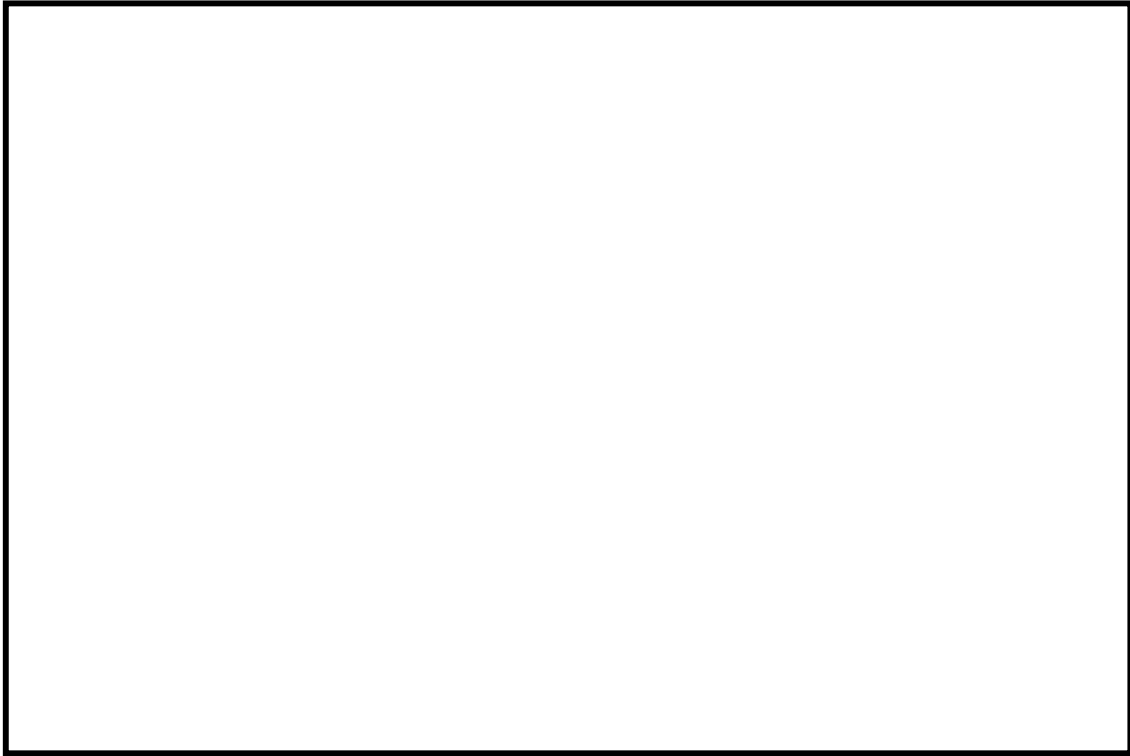
$$(\text{重量}) = 7.810[\text{tf}]$$

(重量) > (浮力) より漂流物とならない。



【乗用車(一般的なセダンタイプとしてプリウスを想定)】

単位:mm



<浮力計算式>

$$(\text{浮力}) = 4.480 [\text{m}] \times 1.745 [\text{m}] \times \boxed{\phantom{000}} [\text{m}] \times 1.03 [\text{t}/\text{m}^3]^* = 12.00 [\text{tf}]$$

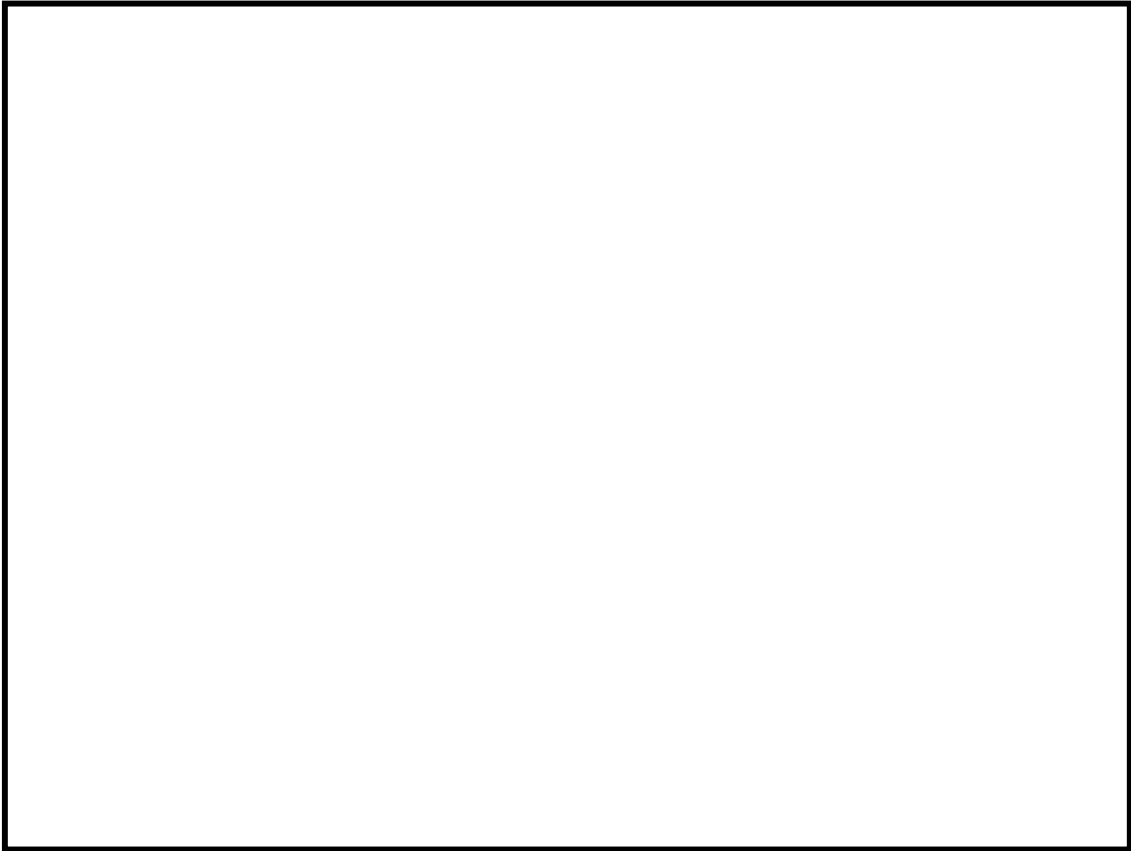
※:海水の比重

$$(\text{重量}) = 1.3 [\text{tf}]$$

(浮力) > (重量) より漂流物となる。

【トラック】

単位:mm



<浮力計算式>

$$(\text{浮力}) = 4.700[\text{m}] \times 1.700[\text{m}] \times \boxed{\phantom{000}}[\text{m}] \times 1.03[\text{t}/\text{m}^3] \text{ ※} = 15.22[\text{tf}]$$

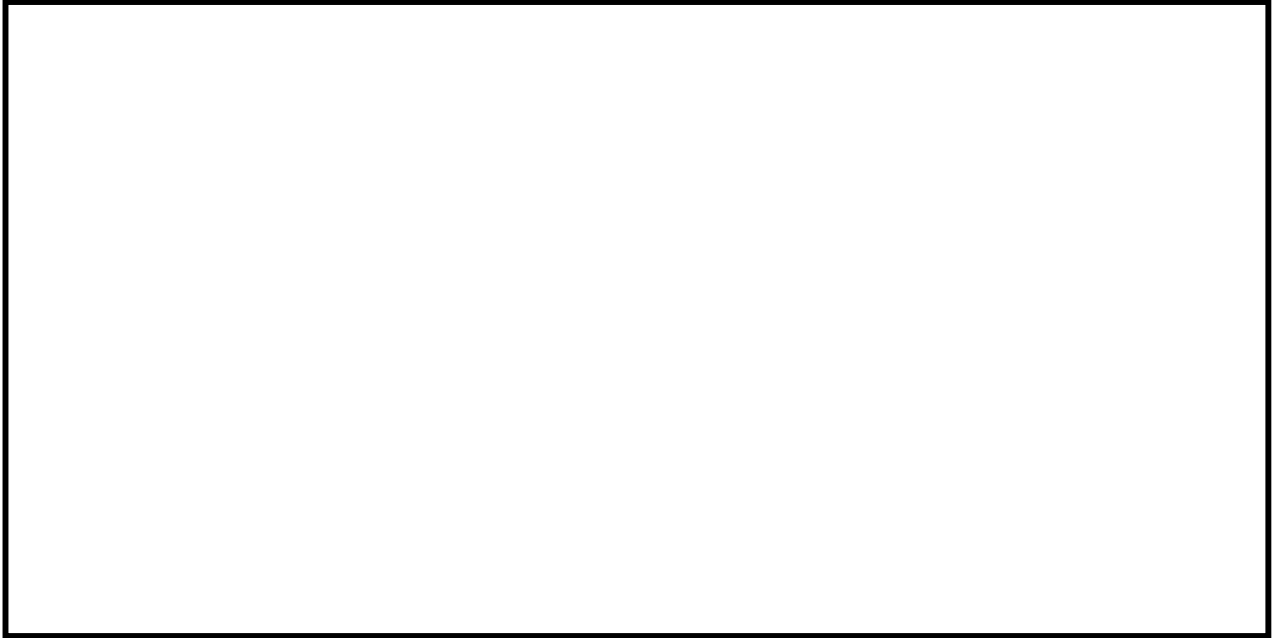
※：海水の比重

$$(\text{重量}) = 2.06[\text{tf}]$$

(浮力) > (重量) より漂流物となる。

<詳細評価（地表から車両までの空間等を考慮した場合）>

単位:mm



<浮力計算式（放水口付近（T.P.+3.5m エリア）の場合）>

（浮力） $=((4.700-0.65) [m] \times 1.700 [m] \times (\square - 0.15) [m] + 0.22 [m^3])$ （タイヤ体積） $\times 1.03 [t/m^3]$   $\ast = 1.65 [tf]$        $\ast$ : 海水の比重

（重量） $= 2.06 [tf]$

（重量） $>$ （浮力）より漂流物とならない。

<浮力計算式（取水口付近（T.P.+3.0m エリア）の場合）>

（浮力） $=((4.700-0.65) [m] \times 1.700 [m] \times (\square - 0.15) [m] + 0.22 [m^3])$ （タイヤ体積） $\times 1.03 [t/m^3]$   $\ast = 3.07 [tf]$        $\ast$ : 海水の比重

（重量） $= 2.06 [tf]$

（浮力） $>$ （重量）より漂流物となる。

< 詳細評価（車両密度評価） >

単位:mm



④車両重量[t]	⑤部材密度[t/m <sup>3</sup> ]	⑥体積[m <sup>3</sup> ]	⑦除外体積[m <sup>3</sup> ]	車両密度[t/m <sup>3</sup> ]
2.08（車検証等）	7.85×0.65	①+②+③+④÷⑤	なし	④÷⑥

分類	部位番号	部位	体積算定方法
気相部 <sup>※1</sup>	①	キャビン（室内空間：ハッチング範囲）	図面測定値から計算
	②	タイヤ	仕様書等より
	③	燃料タンク	仕様書等より
固相部 <sup>※2</sup>	—	シャシ, パワートレイン, 架装等	(車両重量) ÷ (鉄の密度×0.65)

< 密度算定<sup>※3</sup> >

体積[m <sup>3</sup> ]						車両密度 [t/m <sup>3</sup> ]
①	②	③	④÷⑤	⑥	⑦	
1.75	0.44	0.07	2.08 ÷ (7.85 × 0.65)	2.67	—	0.77

※1：気相部体積は、運転席、タイヤ、燃料タンク等について、ある程度の密閉性があり、車両が水没した状態であってもしばらくの間気相部を維持すると考えられることから、気相部としてその体積を考慮する。体積の算定方法としては、仕様書（カタログデータ）等に容量の記載があるものについては当該容量を体積として設定する。上記データがないものについては、図面測定を実施し、体積を算出する。

※2：固相部体積は、車両重量が既知であるため、部材の密度が算出できれば部材の体積が算出できる。ここで、部材の密度については、鉄以外の構成要素が比較的多いアルミウイング付トラックの場合でも鉄の重量構成が約68%であること<sup>1)</sup>を踏まえ、鉄の密度の65%（7.85×65%=5.10[t/m<sup>3</sup>]）として設定した。

※3：車両密度は、車両重量を気相部と固相部を合計した体積で除することで算出する。

<sup>1)</sup> 山本ほか（2010）；トラックの軽量化と材料技術の動向，軽金属論文集 第60巻 第11号，P.578-584

【ユニック】

単位:mm



<浮力計算式>

$$(\text{浮力}) = 5.990[\text{m}] \times 1.890[\text{m}] \times \boxed{\phantom{000}}[\text{m}] \times 1.03[\text{t}/\text{m}^3] \text{ ※} = 21.57[\text{tf}]$$

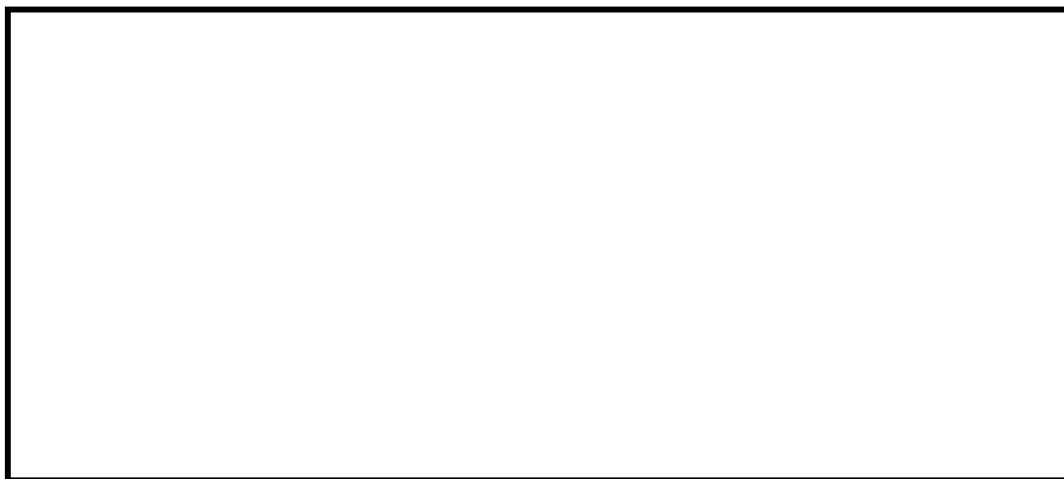
※：海水の比重

$$(\text{重量}) = 3.460[\text{tf}]$$

(浮力) > (重量) より漂流物となる。

< 詳細評価（車両密度評価） >

単位：mm



④車両重量[t]	⑤部材密度[t/m <sup>3</sup> ]	⑥体積[m <sup>3</sup> ]	⑦除外体積[m <sup>3</sup> ]	車両密度[t/m <sup>3</sup> ]
3.46（車検証等）	7.85×0.65	①+②+③+④÷⑤	なし	④÷⑥

分類	部位番号	部位	体積算定方法
気相部	①	キャビン（室内空間：ハッチング範囲）	図面測定値から計算
	②	タイヤ	仕様書等より
	③	燃料タンク	仕様書等より
固相部	—	シャシ、パワートレイン、架装等	（車両重量）÷（鉄の密度×0.65）

< 密度算定<sup>※3</sup> >

体積[m <sup>3</sup> ]						車両密度 [t/m <sup>3</sup> ]
①	②	③	④÷⑤	⑥	⑦	
1.89	0.44	0.07	3.46÷(7.85×0.65)	3.08	—	1.12

※1：気相部体積は、運転席、タイヤ、燃料タンク等について、ある程度の密閉性があり、車両が水没した状態であってもしばらくの間気相部を維持すると考えられることから、気相部としてその体積を考慮する。体積の算定方法としては、仕様書（カタログデータ）等に容量の記載があるものについては当該容量を体積として設定する。上記データがないものについては、図面測定を実施し、体積を算出する。

※2：固相部体積は、車両重量が既知であるため、部材の密度が算出できれば部材の体積が算出できる。ここで、部材の密度については、鉄以外の構成要素が比較的多いアルミウイング付トラックの場合でも鉄の重量構成が約68%であること<sup>1)</sup>を踏まえ、鉄の密度の65%（7.85×65%=5.10[t/m<sup>3</sup>]）として設定した。

※3：車両密度は、車両重量を気相部と固相部を合計した体積で除することで算出する。

<sup>1)</sup> 山本ほか（2010）；トラックの軽量化と材料技術の動向，軽金属論文集 第60巻 第11号，P.578-584

【各車両の滑動に対する評価】

第 3-1-26 表において「②作業員のみ退避」とした 60t クレーン、25t クレーン及び 100t クレーンに対し、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会、平成 19 年 7 月）」のイスバッシュ式を準用し、津波に対する滑動有無の評価を行った。

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

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

$M_d$  捨石等の安定質量(t)  
 $\rho_r$  捨石等の密度(t/m<sup>3</sup>)  
 $U_d$  捨石等の上面における水の流れる速度(m/s)  
 $g$  重力加速度(m/s<sup>2</sup>)  
 $y_d$  イスバッシュ(Isbash)の定数  
 (埋め込まれた石は 1.2、露出した石は 0.86)  
 $S_r$  捨石等の水に対する比重  
 $\theta$  水路床の軸方向の斜面の勾配(°)

イスバッシュ式をもとに、対象物が水の流れるによって動かない最大流速（以下、「安定流速」という。）を算出し、津波シミュレーションによる流速（放水口前面：1.1m/s、取水口前面 2.7m/s）が安定流速以下であることを確認する。安定流速は以下の式により算出される。

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

$M$  輸送車両等の質量(t)  
 $U_{ds}$  安定流速(m/s)

評価結果は以下のとおりである。いずれの車両も安定流速が津波流速を上回る結果となることを確認した。

	単位	60tクレーン	25tクレーン	100tクレーン	備考
M	t	39.635	25.595	39.800	質量
V	m <sup>3</sup>				体積
$\rho_r$	t/m <sup>3</sup>				質量/体積
g	m/s <sup>2</sup>	9.80655	9.80655	9.80655	機械工学便覧参照
$y_d$	-	0.86	0.86	0.86	露出した石のパラメータを使用
$S_r$	-	2.47	2.15	2.35	$\rho_r$ /海水密度(1.03t/m <sup>3</sup> )
$\theta$	°	0	0	0	平坦若しくはのぼり勾配であることから保守的に0°とする。
$U_{ds}$	m/s	8.11 <sup>*1</sup>	6.83 <sup>*1</sup>	7.85 <sup>*1</sup>	

※1: 想定した浸水高さから算出した値であり、保守的に地表から車両までの空間等を考慮せず算出している。

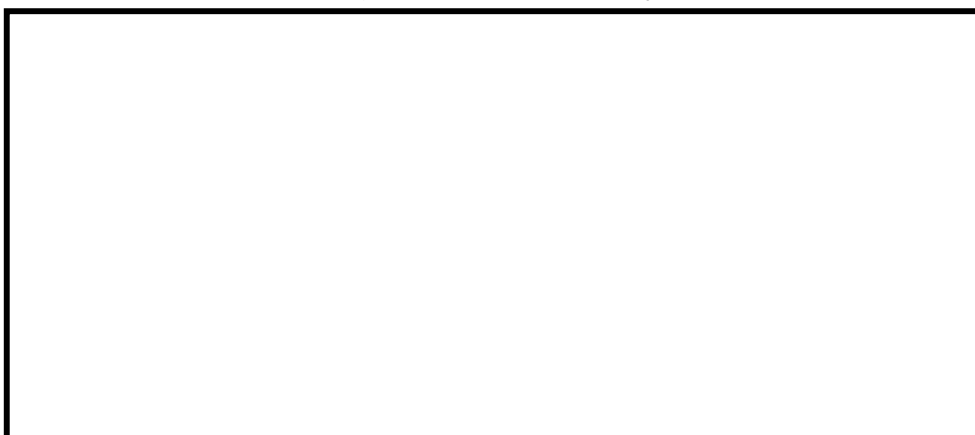
## 津波時の車両退避に係る模擬訓練について

## 【模擬訓練内容】

発電所構外の観測潮位が津波と想定される潮位(津居山地点において 10 分以内に 0.45m の上昇若しくは下降)になり、中央制御室より運転指令装置による構内一斉放送がなされたと仮定し、退避完了までの時間を以下の条件にて実測。模擬訓練は 2 回実施したが、実測の結果、いずれも机上評価に包含されることを確認した。なお、実測においては 1 台目の車両が出発し、2 台目以降の車両が間隔を置かず出発しているが、渋滞は発生しなかった。距離が 1 km 程度、車両台数が 10 台であり、渋滞が発生する環境ではないことが要因と考えられる。

## ○訓練条件

- ・退避開始地点：指定退避場所(参考第 3-1-1 図の赤点線)から最も遠い場所を退避開始地点とする。(参考第 3-1-1 図緑丸)
- ・退避ルート：退避ルートのうち、最も時間を要するルートとする。(参考第 3-1-1 図の緑ルート)
- ・退避台数：前述の評価において「①車両退避」とした作業車両を 10 台に制限することから 10 台とする。(当該箇所は道路幅 6m であり、10 台の作業車両が同一箇所で作業することはないが、保守的に同一箇所での作業を仮定)
- ・車両の配置：参考第 3-1-1 図の車両配置イメージに示すとおり、出発地点に固めて配置し、出発の順番は各車両の運転手が判断する。
- ・車両の操作：ユニックの荷揚中を想定し、ブームを伸ばした状態でスタートし、退避指示を受けて、荷物を下ろす想定として、フックを地面まで下ろした後、フック巻取り、ブーム格納、アウトリガー格納を行い、乗車して退避する。



参考第 3-1-1 図 車両退避ルートのうち、最も時間の要するルート



○訓練結果

(a) 退避準備（ブーム、アウトリガー格納等）に要する時間

1 回目は2分23秒、2 回目は1分33秒という結果であり、机上評価(約3分)に包含されることを確認した。2 回目は1 回目の訓練で操作に慣れたことにより時間短縮となっているものと考えられる。

(b) 1 台目出発から 10 台目出発までの時間

1 回目は1分10秒、2 回目は49秒という結果であり、机上評価(約2分)に包含されることを確認した。10 台の車両が間隔を置かずに出発したにもかかわらず、出発に相当の時間を要した理由として、今回の訓練では10 台の車両を固めて配置し（順番に並べていない）、また出発の順番も各運転手に委ねて実施したため、各運転手が他車両の動向を伺いながら出発を判断した結果、時間がかかったものと考えられる。

(c) 10 台目出発から 10 台目退避完了までの時間

1 回目は3分9秒、2 回目は3分16秒という結果であり、机上評価(約4分)に包含されることを確認した。仮に、構内制限速度(30km/h)で走行した場合、2分程度で退避完了となるが、本訓練においては、事前に構内制限速度(30km/h)を順守した上で走行するよう運転手に伝達していたことから、1 回目及び2 回目ともに約4分弱の時間を要したものと考えられる。

参考第 3-1-1 表 模擬訓練における実測結果

	(a)退避準備(ブーム、アウトリガー格納等)に要する時間	(b)1台目出発から10台目出発までの時間	(c)10台目出発から10台目退避完了までの時間	中央制御室からの周知後、退避完了までに要する時間((a)+(b)+(c))
模擬訓練 1 回目	2分23秒	1分10秒	3分9秒	計 6分42秒
模擬訓練 2 回目	1分33秒	49秒	3分16秒	計 5分38秒
(参考)机上評価における算定	約3分	約2分	約4分	計 約9分



参考第 3-1-2 図 模擬訓練の様子

大雪、路面凍結、夜間及び悪天候（霧、吹雪等）における  
車両退避への影響について

大雪、路面凍結時及び夜間における車両退避への影響について下記のとおり確認した。確認結果より、いずれの場合も机上評価結果に与える影響は軽微と考えている。

【大雪及び路面凍結の影響について】

- 退避ルートの主要箇所には、融雪装置を設置している。（参考第 3-1-3 図）
- また、融雪装置が設置されている箇所も含め、構内主要道路（退避ルート全域含む）は除雪※を行う運用としている。（参考第 3-1-4 図）
- 上記に加え、「融雪剤（凍結防止剤）の散布」や「冬季に発電所構内へ入構する車両は必ずスノータイヤを装着」する運用としている。
- 以上を踏まえ、大雪や路面凍結による現状評価への影響は軽微と考えている。

※：除雪した雪は、道路両脇もしくは車両の通行に支障のない箇所へ集める。



参考第 3-1-3 図 退避ルートのうち融雪装置設置箇所

高浜発電所 一般防災業務所達 (抜粋)



高浜発電所 除雪業務委託 仕様書 (抜粋)



高浜発電所 構内除雪作業範囲図 (赤塗部)



参考第 3-1-4 図 除雪運用に係る社内標準及び除雪作業範囲図等

【夜間及び悪天候(霧、吹雪等)時の退避について】

- 構外の観測潮位において、津波と想定される潮位(10分以内0.45mの潮位変動)を確認した場合は、昼夜を問わず、中央制御室からの構成一斉放送(異常時であることが分かるようサイレン音が鳴る仕様とし、退避開始の遅れを防ぐ)を実施する。
- また、「発電所構内の主要な箇所には、街灯を設置していること」(参考第3-1-5図)、「車両のヘッドライトにより、道路状況の確認が可能であること」、「発電所構内の速度制限は30km/hであり、低速での走行であることから、前方状況の確認が十分可能であること」、さらに、「退避場所を示す蛍光の案内板を設置すること」から、夜間及び悪天候(霧、吹雪等)時においても視認性の確保は可能である。
- 以上を踏まえ、夜間及び悪天候(霧、吹雪等)時の退避が現状評価に与える影響は軽微と考えている。



参考第3-1-5図 退避ルート上の街灯設置状況及び退避場所を示す案内板の例

A～Dの各エリアにおいて最も退避に時間を要するルートの退避時間について

津波遡上範囲からの車両退避に関し、第 3-1-64 図のエリア A に停車・通行している場合は①（高台）に、エリア B に停車・通行している場合は②（放水口側防潮堤の内側）に、エリア C に停車・通行している場合は③（高台）もしくは④（高台）へ退避し、取水路防潮ゲートより外側のエリア D は、⑤（取水路防潮ゲートの内側）へ退避する。これらの各エリアにおいて、最も退避に時間を要するルートの退避時間を以下のとおり算定した。

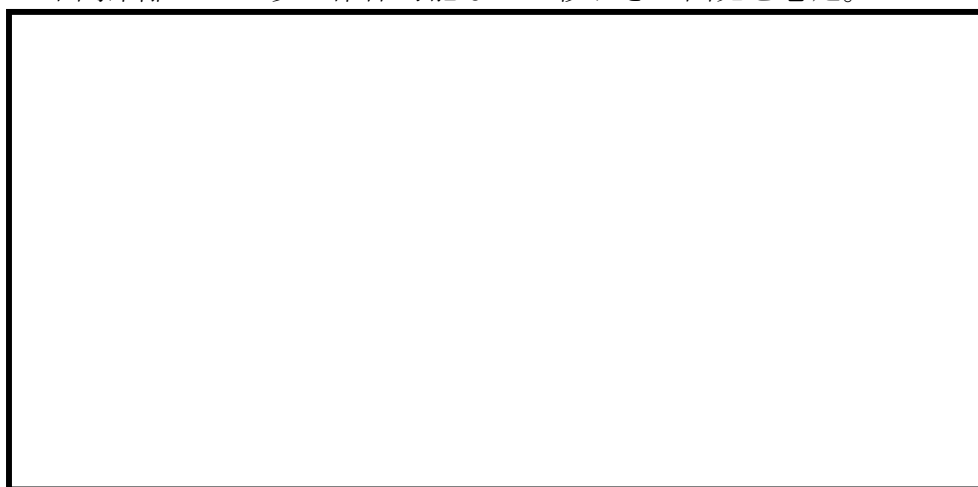
前述の「ニ. 退避手順及び退避運用の成立性」のうち、「③中央制御室からの周知～退避準備完了」までに要する時間は、各エリアともに共通であることから、退避ルートの違いによる退避時間を算定した。以下の算定結果より、エリア C で想定したケースが最も退避に時間を要することを確認した。

#### 【エリア A において最も退避に時間を要するルート】

下図の緑ルートの車両退避開始位置（想定）から車両退避場所まで 10 台の作業車両が順次、退避する場合を想定する。10 台の車両が 10 秒おき<sup>※1</sup>に出発したとすると、全車両の出発までに 2 分程度要する。また、最も遠いところからの退避を想定した場合、距離は 300 m 程度かつ最大勾配が 5.5 % 程度であり、これを考慮した車両走行速度を 15 km/h（250 m/min）<sup>※2</sup>とすると、車両の退避に 1.2 分程度要する。したがって、最後に出発した車両の退避に要する時間を約 3.2 分と算定。

（※1：当該箇所は道路幅 8 m 程度であり、10 台の作業車両が同一箇所で作業することはないが、保守的に同一箇所での作業を想定。

※2：一般的に車間距離 40 m 以下になった際に渋滞が発生しやすいことから、車間距離 40 m 以上確保可能な 10 秒おきの出発を想定。



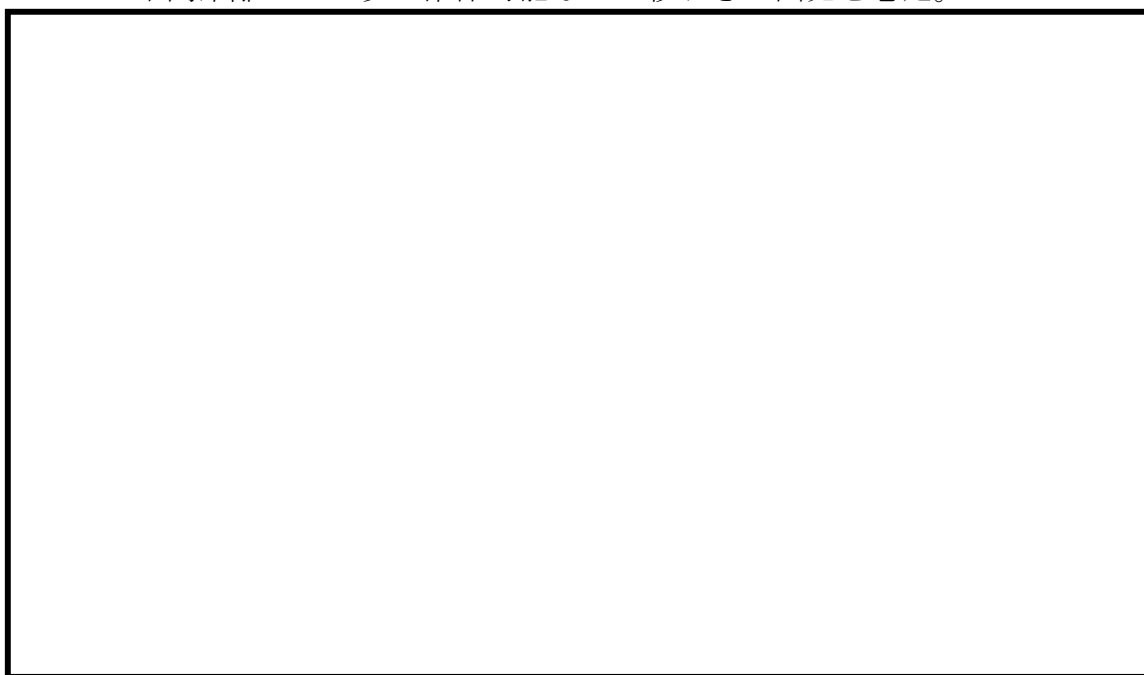
参考第 3-1-6 図 エリア A において最も時間を要するルート

【エリアBにおいて最も退避に時間を要するルート】

下図の緑ルートの車両退避開始位置（想定）から車両退避場所まで10台の作業車両が順次、退避する場合を想定する。10台の車両が10秒おき<sup>※1</sup>に出発したとすると、全車両の出発までに2分程度要する。また、最も遠いところからの退避を想定した場合、距離は400m程度かつ最大勾配が10%程度であり、これを考慮した車両走行速度を15km/h（250m/min）<sup>※2</sup>とすると、車両の退避に1.6分程度要する。したがって、最後に出発した車両の退避に要する時間を約3.6分と算定。

（※1：当該箇所は道路幅7m程度であり、10台の作業車両が同一箇所で作業することはないが、保守的に同一箇所での作業を想定。

※2：一般的に車間距離40m以下になった際に渋滞が発生しやすいことから、車間距離40m以上確保可能な10秒おきの出発を想定。



参考第 3-1-7 図 エリアBにおいて最も時間を要するルート

【エリアCにおいて最も退避に時間を要するルート】

下図の緑ルートの車両退避開始位置（想定）から車両退避場所まで10台の作業車両が順次、退避する場合を想定する。10台の車両が10秒おき<sup>※1</sup>に出発したとすると、全車両の出発までに2分程度要する。また、最も遠いところからの退避を想定した場合、距離は1km程度かつ最大勾配が6.5%程度であり、これを考慮した車両走行速度を15km/h（250m/min）<sup>※2</sup>とすると、車両の退避に4分程度要する。したがって、最後に出発した車両の退避に要する時間を約6分と算定。

（※1：当該箇所は道路幅6m程度であり、10台の作業車両が同一箇所で作業することはないが、保守的に同一箇所での作業を想定。

※2：一般的に車間距離40m以下になった際に渋滞が発生しやすいことから、車間距離40m以上確保可能な10秒おきの出発を想定。



参考第 3-1-8 図 エリアCにおいて最も時間を要するルート

【エリアDにおいて最も退避に時間を要するルート】

下図の緑ルートの車両退避開始位置（想定）から車両退避場所まで10台の作業車両が順次、退避する場合を想定する。10台の車両が10秒おきに出発したとすると、全車両の出発までに2分程度要する。また、最も遠いところからの退避を想定した場合、距離は400m程度かつ最大勾配が8%程度であり、これを考慮した車両走行速度を15km/h（250m/min）※とすると、車両の退避に1.6分程度要する。したがって、最後に出発した車両の退避に要する時間を約3.6分と算定。

（※：一般的に車間距離40m以下になった際に渋滞が発生しやすいことから、車間距離40m以上確保可能な10秒おきの出発を想定。



参考第 3-1-9 図 エリアDにおいて最も時間を要するルート



竜巻時の車両退避に関する教育訓練等について

【保安規定記載内容】

添付 2 火災、内部溢水、火山影響等、自然災害および有毒ガス発生時の対応に係る実施基準（抜粋）

6 竜巻

6. 2 教育訓練の実施

- (1) 安全・防災室長は、全所員に対して、竜巻防護の運用管理に関する教育訓練を定期的実施する。また、安全・防災室長は、全所員に対して、竜巻発生時における車両退避等の訓練を実施する。

【社内標準記載内容(高浜発電所 設計基準事象時における原子炉施設の保全のための滑動に関する所達)】

第 2 章 教育・訓練、対応設備の確保及び定期的な評価の実施

1. 教育・訓練の実施

各課（室）長は、別紙 1－1 に定める教育・訓練を実施するものとし、その実施手続きについては、「教育・訓練要綱」第 7 章 設計基準事象時における対応要員に対する教育訓練により対応するものとする。

別紙 1－1 設計基準事象時対応教育・訓練一覧表（抜粋）

--

【訓練実績(2019年度)】

○実施日：2019年9月5日

○訓練内容：竜巻避難基準（竜巻警戒レベル3）に到達したとの想定で、一斉放送の実施、車両・人の避難を実施。

○参加者：協力会社も含め発電所全体で実施。

○避難実績：避難車両台数88台、

実避難者 社員：25人、協力会社：944人

人員（安否）確認 社員：375人、協力会社：3338人

○訓練状況



協力会社事務所 避難状況



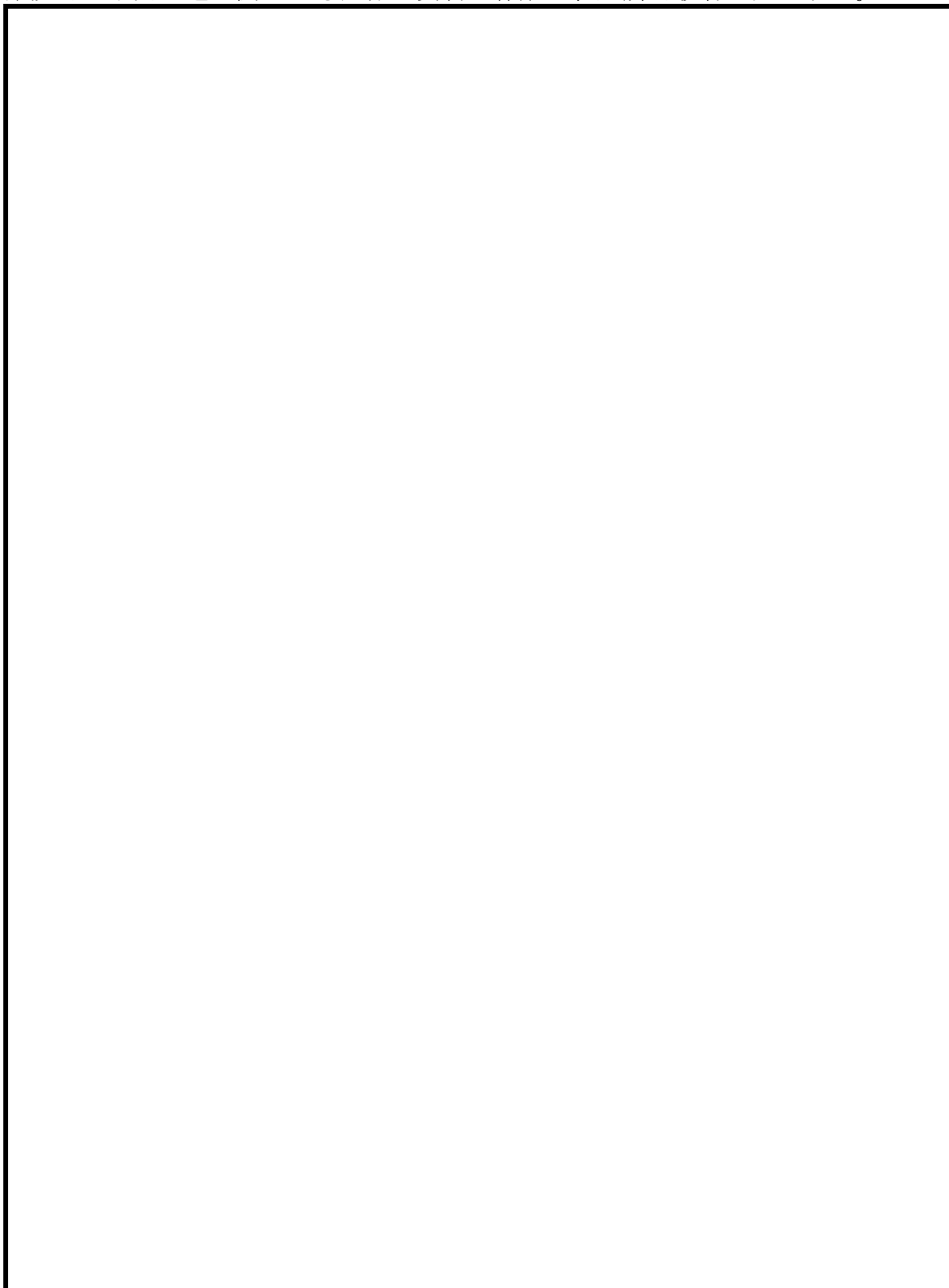
車両退避状況



警戒本部状況

【入所時教育資料抜粋（竜巻発生時の車両退避、避難場所について）】

発電所への新規入構者に対して、以下の資料等を用いて入所時教育を実施。  
津波時の車両退避に関しても同様の資料を作成し、入所時教育を実施する。



## 基準津波 1 及び基準津波 2 に対する車両の漂流物評価について

基準津波 1 及び基準津波 2 に対しても、基準津波 3 及び基準津波 4 と同様に退避の可否について以下の通り検討を行った。参考第 3-1-10 図に、基準津波 1 及び基準津波 2 襲来時の車両（燃料輸送車両及び LLW 輸送車両以外の車両）の退避フローを示す。

### (1) 基準津波 1 への対応

基準津波 1 は若狭海丘列付近断層を震源とした地震と隠岐トラフ海底地すべりの組合せにより生じる津波であり、地震発生後、約 3 分後に大津波警報が中央制御室に FAX 等で伝達され、その後、中央制御室から運転指令装置による構内一斉放送を行う。地震発生から津波の襲来までは約 43 分間ある。

したがって、基準津波 3 が敷地に浸水する 16 分に比べ十分な余裕があることから、前述の「第 3-1-26 表 津波遡上範囲に停車する車両の分類結果」に示した分類のとおり、基準津波 1 に対してもクレーン以外の車両については、「①車両退避」とし、クレーンについては、「②作業員のみ退避」とする。ただし、「②作業員のみ退避」とした車両が基準津波 1 に対して、漂流物化及び滑動しないことを評価することとし、その評価結果を参考 7 に示す。評価結果より、「②作業員のみ退避」とした車両が基準津波 1 に対して、漂流物化及び滑動しないことを確認した。

なお、基準津波 1 の波源（若狭海丘列付近断層）による地震については、作用する地震力が小さいことから、退避ルートへの影響はない。

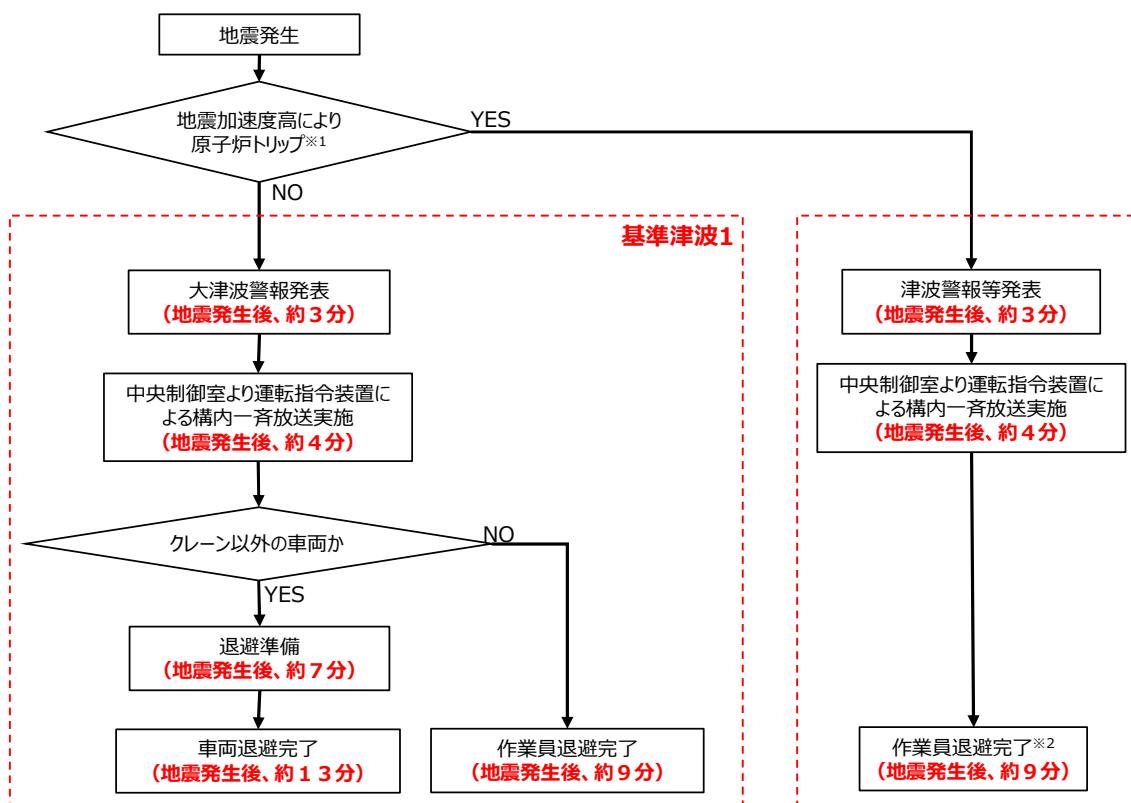
### (2) 基準津波 2 への対応

基準津波 2 は、FO-A～FO-B～熊川断層を震源とした地震と陸上地すべりの組合せにより生じる津波であり、地震発生から津波の襲来までは約 10 分ある。FO-A～FO-B～熊川断層を震源とした地震が作用した場合、放水口付近は液状化に伴い地盤沈下する可能性があることから、車両の退避は実施せずに、作業員のみ退避を実施する。

なお、放水口側防潮堤前面は、地盤沈下後の敷地高さが T.P. [ ] 以上あり、放水口前面津波高さ T.P. [ ]（朔望平均満潮位及び潮位のばらつきを含む）に対して敷地高さが大きいことから、車両は津波防護施設に対する漂流物とならない（参考第 3-1-11 図）。また、取水口側については、地盤沈下はなく、取水口前面津波高さ T.P. [ ]（朔望平均満潮位及び潮位のばらつきを含む）に対して敷地高さが T.P. [ ] であること

から、車両は津波防護施設に対する漂流物とならない。

参考第 3-1-12 図に車両退避に係る時系列を示す。



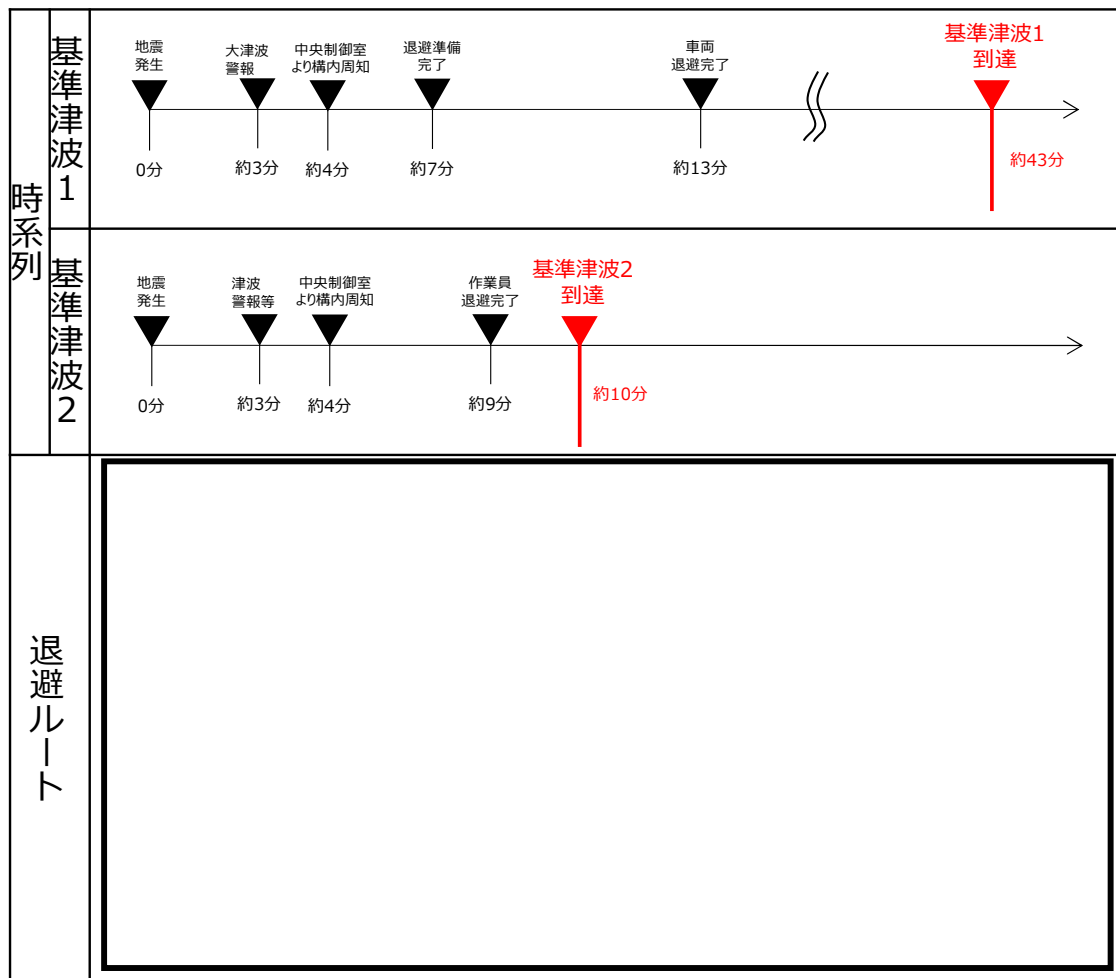
※1：1号及び2号機中央制御室又は3号及び4号機中央制御室に「水平地震大トリップ」or「鉛直地震大トリップ」警報発信。

※2：基準津波2発生時は退避ルートが健全でない可能性があるため、作業員のみ退避。

参考第 3-1-10 図 車両退避フロー



参考第 3-1-11 図 放水口側の地盤沈下量 (F0-A~F0-B~熊川断層)



参考第 3-1-12 図 車両退避に係る時系列

基準津波 1 に対する「②作業員のみ退避」と分類した車両（クレーン）に係る  
漂流物化及び滑動有無の詳細

基準津波 1 に対して、前述の第 3-1-27 表にて示した津波遡上範囲に停車する車両（車種ごとの代表例）のうち、「②作業員のみ退避」と分類した車両（クレーン）に係る漂流物化及び滑動有無の詳細を以下に示す。評価のうち漂流物化の有無については、保守的に車両全体が浸水することを想定した密度評価を実施し、車両密度が海水密度（ $1.03\text{t}/\text{m}^3$ ）を上回ることを確認した。また、評価のうち滑動については、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会、平成 19 年 7 月）」のイスバッシュ式を準用し、基準津波 1 に対して滑動しないことを確認した。

【60t クレーン(TADANO GR-600N-1)】

< 詳細評価 (車両密度評価) >

単位:mm



④車両重量[t]	⑤部材密度[t/m <sup>3</sup> ]	⑥体積[m <sup>3</sup> ]	⑦除外体積[m <sup>3</sup> ]	車両密度[t/m <sup>3</sup> ]
39.635 (車検証等)	7.85×0.65	①+②+③+④÷⑤	なし	④÷⑥

分類	部位番号	部位	体積算定方法
気相部 <sup>※1</sup>	①	キャビン (室内空間)	図面測定値から計算
	②	タイヤ	仕様書等より
	③	タンク類 (燃料タンク、エアタンク等)	仕様書等より
固相部 <sup>※2</sup>	—	シャシ、パワートレイン、架装等	(車両重量) ÷ (鉄の密度×0.65)

< 密度算定<sup>※3</sup> >

体積[m <sup>3</sup> ]						車両密度 [t/m <sup>3</sup> ]
①	②	③	④÷⑤	⑥	⑦	
1.69	4.84	0.34	39.635 ÷ (7.85 × 0.65)	14.64	—	2.71

※1: 気相部体積は、運転席、タイヤ、燃料タンク等について、ある程度の密閉性があり、車両が水没した状態であってもしばらくの間気相部を維持すると考えられることから、気相部としてその体積を考慮する。体積の算定方法としては、仕様書 (カタログデータ) 等に容量の記載があるものについては当該容量を体積として設定する。上記データがないものについては、図面測定を実施し、体積を算出する。

※2: 固相部体積は、車両重量が既知であるため、部材の密度が算出できれば部材の体積が算出できる。ここで、部材の密度については、鉄以外の構成要素が比較的多いアルミウイング付トラックの場合でも鉄の重量構成が約68%であること<sup>1)</sup>を踏まえ、鉄の密度の65% (7.85×65%=5.10[t/m<sup>3</sup>])として設定した。

※3: 車両密度は、退避時気相部開放運用を実施しない場合は、車両重量を気相部と個相部を合計した体積で除することで算出する。退避時気相部開放運用を実施する場合は、車両重量について気相部体積のうち運転席の体積を除いた体積と固相部の体積とを合計した体積で除することで車両密度を算出する。

<sup>1)</sup> 山本ほか (2010) ; トラックの軽量化と材料技術の動向, 軽金属論文集 第60巻 第11号, P.578-584



【25t クレーン(TADANO GR-250N(Ⅲ))】

< 詳細評価 (車両密度評価) >

単位:mm



④車両重量[t]	⑤部材密度[t/m <sup>3</sup> ]	⑥体積[m <sup>3</sup> ]	⑦除外体積[m <sup>3</sup> ]	車両密度[t/m <sup>3</sup> ]
25.595 (車検証等)	7.85×0.65	①+②+③+④÷⑤	なし	④÷⑥

分類	部位番号	部位	体積算定方法
気相部 <sup>※1</sup>	①	キャビン (室内空間)	図面測定値から計算
	②	タイヤ	仕様書等より
	③	タンク類 (燃料タンク、エアタンク等)	仕様書等より
固相部 <sup>※2</sup>	—	シャシ, パワートレイン, 架装等	(車両重量) ÷ (鉄の密度×0.65)

< 密度算定<sup>※3</sup> >

体積[m <sup>3</sup> ]						車両密度 [t/m <sup>3</sup> ]
①	②	③	④÷⑤	⑥	⑦	
2.93	2.424	0.378	25.595 ÷ (7.85 × 0.65)	10.75	—	2.38

※1: 気相部体積は、運転席、タイヤ、燃料タンク等について、ある程度の密閉性があり、車両が水没した状態であってもしばらくの間気相部を維持すると考えられることから、気相部としてその体積を考慮する。体積の算定方法としては、仕様書 (カタログデータ) 等に容量の記載があるものについては当該容量を体積として設定する。上記データがないものについては、図面測定を実施し、体積を算出する。

※2: 固相部体積は、車両重量が既知であるため、部材の密度が算出できれば部材の体積が算出できる。ここで、部材の密度については、鉄以外の構成要素が比較的多いアルミウイング付トラックの場合でも鉄の重量構成が約68%であること<sup>1)</sup>を踏まえ、鉄の密度の65% (7.85×65%=5.10[t/m<sup>3</sup>])として設定した。

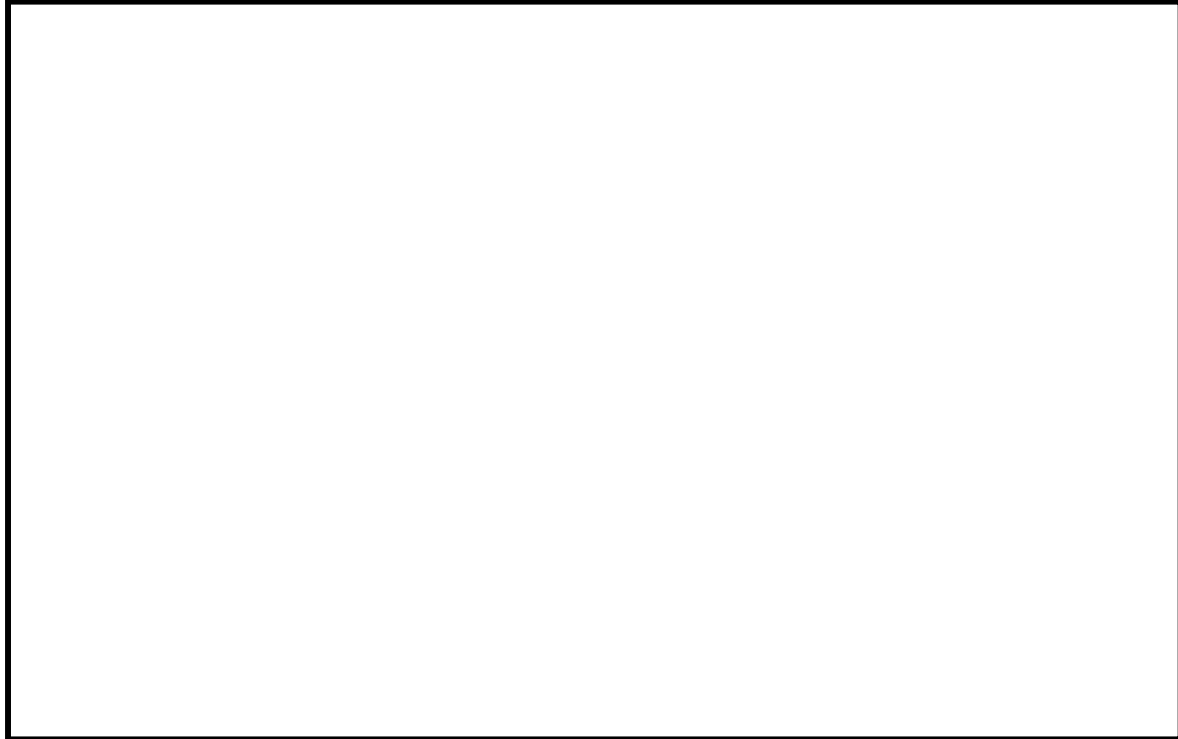
※3: 車両密度は、車両重量を気相部と固相部を合計した体積で除することで算出する。

<sup>1)</sup> 山本ほか (2010) ; トラックの軽量化と材料技術の動向, 軽金属論文集 第60巻 第11号, P.578-584

【100t クレーン(TADANO ATF-100G4(J))】

< 詳細評価 (車両密度評価) >

単位:mm



④車両重量[t]	⑤部材密度[t/m <sup>3</sup> ]	⑥体積[m <sup>3</sup> ]	⑦除外体積[m <sup>3</sup> ]	車両密度[t/m <sup>3</sup> ]
39.8 (車検証等)	7.85×0.65	①+②+③+④÷⑤	なし	④÷⑥

分類	部位番号	部位	体積算定方法
気相部 <sup>※1</sup>	①	キャビン (室内空間)	図面測定値から計算
	②	タイヤ	仕様書等より
	③	タンク類 (燃料タンク、エアタンク等)	仕様書等より
固相部 <sup>※2</sup>	—	シャシ, パワートレイン, 架装等	(車両重量) ÷ (鉄の密度×0.65)

< 密度算定<sup>※3</sup> >

体積[m <sup>3</sup> ]						車両密度 [t/m <sup>3</sup> ]
①	②	③	④÷⑤	⑥	⑦	
7.76	4.848	0.708	39.800 ÷ (7.85 × 0.65)	21.12	—	1.88

※1: 気相部体積は、運転席、タイヤ、燃料タンク等について、ある程度の密閉性があり、車両が水没した状態であってもしばらくの間気相部を維持すると考えられることから、気相部としてその体積を考慮する。体積の算定方法としては、仕様書 (カタログデータ) 等に容量の記載があるものについては当該容量を体積として設定する。上記データがないものについては、図面測定を実施し、体積を算出する。

※2: 固相部体積は、車両重量が既知であるため、部材の密度が算出できれば部材の体積が算出できる。ここで、部材の密度については、鉄以外の構成要素が比較的多いアルミウイング付トラックの場合でも鉄の重量構成が約68%であること<sup>1)</sup>を踏まえ、鉄の密度の65% (7.85×65%=5.10[t/m<sup>3</sup>]) として設定した。

※3: 車両密度は、退避時気相部開放運用を実施しない場合は、車両重量を気相部と個相部を合計した体積で除することで算出する。退避時気相部開放運用を実施する場合は、車両重量について気相部体積のうち運転席の体積を除いた体積と固相部の体積とを合計した体積で除することで車両密度を算出する。

<sup>1)</sup> 山本ほか (2010) ; トラックの軽量化と材料技術の動向, 軽金属論文集 第60巻 第11号, P.578-584

【各車両の滑動に対する評価】

第 3-1-26 表において、「②作業員のみ退避」とした 60t クレーン、25t クレーン及び 100t クレーンに対し、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会、平成 19 年 7 月）」のイスバッシュ式を準用し、津波に対する滑動有無の評価を行った。

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

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

$M_d$  捨石等の安定質量(t)  
 $\rho_r$  捨石等の密度(t/m<sup>3</sup>)  
 $U_d$  捨石等の上面における水の流れる速度(m/s)  
 $g$  重力加速度(m/s<sup>2</sup>)  
 $y_d$  イスバッシュ(Isbash)の定数  
 (埋め込まれた石は 1.2、露出した石は 0.86)  
 $S_r$  捨石等の水に対する比重  
 $\theta$  水路床の軸方向の斜面の勾配(°)

イスバッシュ式をもとに、対象物が水の流れるによって動かない最大流速（以下、「安定流速」という。）を算出し、津波シミュレーションによる流速（放水口前面：2.3m/s、取水口前面 3.7m/s）が安定流速以下であることを確認する。安定流速は以下の式により算出される。

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

$M$  輸送車両等の質量(t)  
 $U_{ds}$  安定流速(m/s)

評価結果は以下のとおりである。いずれの車両も安定流速が津波流速を上回る結果となることを確認した。

	単位	60tクレーン	25tクレーン	100tクレーン	備考
M	t	39.635	25.595	39.800	質量
V	m <sup>3</sup>				体積
$\rho_r$	t/m <sup>3</sup>				質量/体積
g	m/s <sup>2</sup>	9.80655	9.80655	9.80655	機械工学便覧参照
$y_d$	-	0.86	0.86	0.86	露出した石のパラメータを使用
$S_r$	-	2.63	2.31	1.83	$\rho_r$ /海水密度(1.03t/m <sup>3</sup> )
$\theta$	°	0	0	0	平坦若しくはのぼり勾配であることから保守的に0°とする。
$U_{ds}$	m/s	8.47 <sup>※1</sup>	7.22 <sup>※1</sup>	6.42 <sup>※1</sup>	

※1: 保守的に車両全体が浸水することを想定した密度評価から算出した値である。

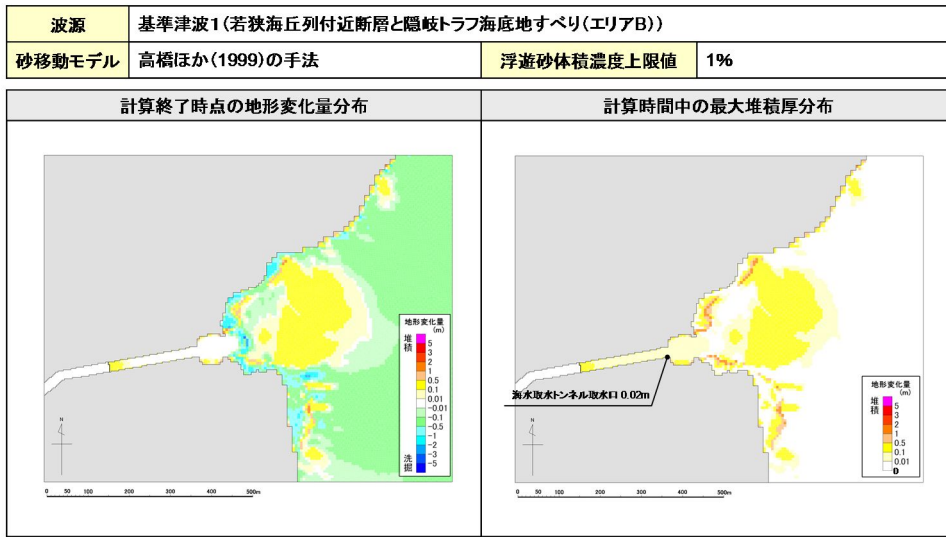
### 3.2 砂移動による取水口の堆積状況の確認について

1号機及び2号機の取水口は、非常用海水路呑み口底面がT.P. -5.0mであり、取水口底版T.P. -6.2mより約1.2m高い位置にある。また、非常用海水路の高さは約2.0m、幅は約2.0mである。1号機及び2号機の海水ポンプ室は、海水ポンプ下端から床面まで1号機は約5.95m、2号機は6.05mとなっている。

3号機及び4号機の取水口は、海水取水トンネル呑み口底面がT.P. -5.2mであり、取水口底版T.P. -6.2mより約1m高い位置にある。また、海水取水トンネルの内径は約2.6m、3、4号機海水ポンプ室は、海水ポンプ下端から床面まで約1.25mとなっている。

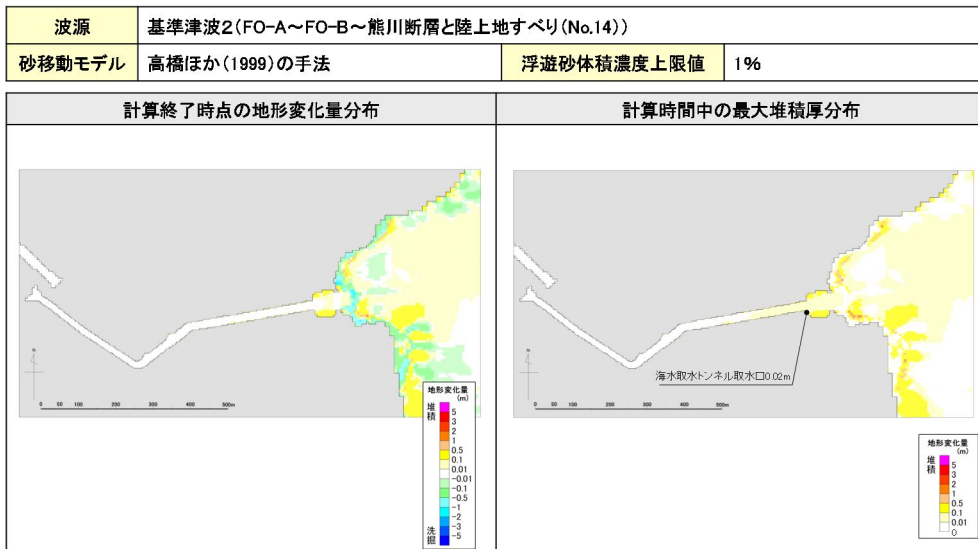
砂移動に関する数値シミュレーションを実施した結果、基準津波1、基準津波2、基準津波3及び基準津波4による砂移動に伴う砂堆積量は、非常用海水路において最大約0.03m、1号機及び2号機海水ポンプ室において最大約0.15m、海水取水トンネル呑み口において最大約0.03m、3、4号機海水ポンプ室において最大約0.32mであり、砂の堆積に伴って、非常用海水路から海水ポンプ下端までの海水取水経路並びに海水取水トンネル呑み口から海水ポンプ下端までの海水取水経路が閉塞することはない(第3-2-1図)。

### 計算結果 基準津波1



評価点付近における堆積は、0.02m程度である

### 計算結果 基準津波2

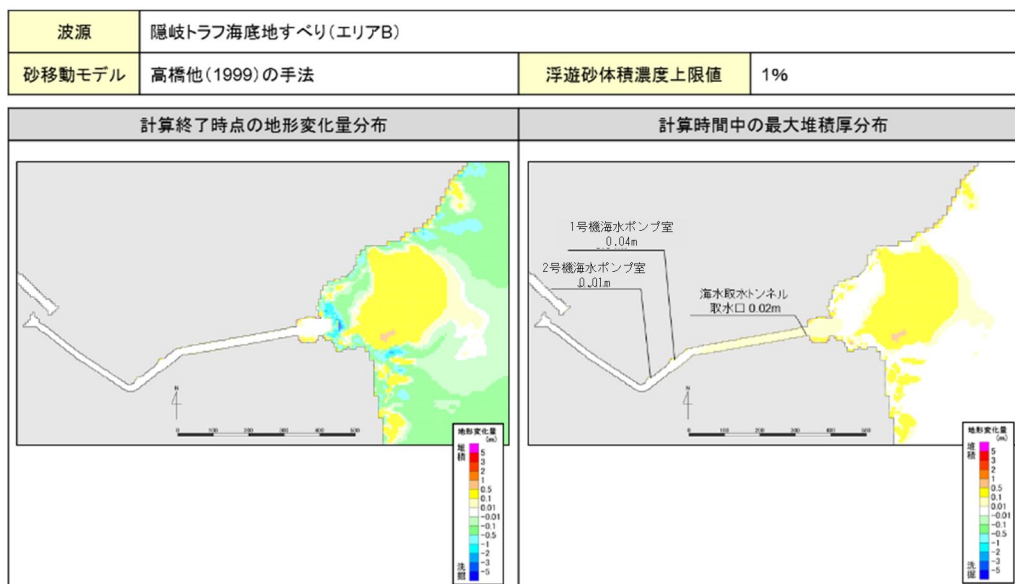


評価点付近における堆積は、0.02m程度である

(a-1) 砂の最大堆積厚さの分布 (堆積量最大ケース)

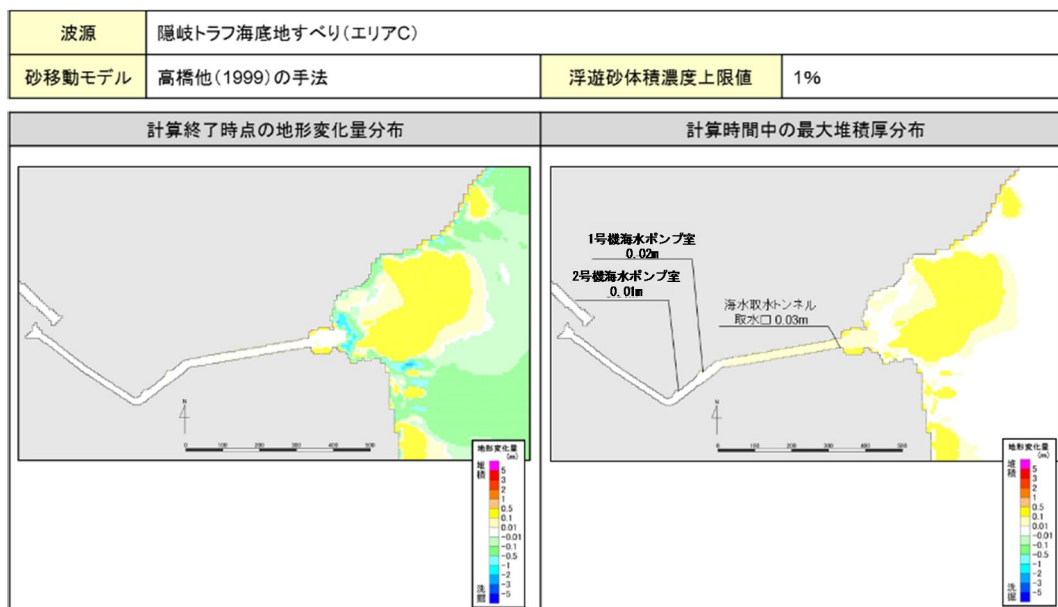
第3-2-1 図 砂移動評価結果(1/4)

### 計算結果 基準津波3



評価点付近の最大堆積厚は0.04m程度である。

### 計算結果 基準津波4



評価点付近の最大堆積厚は0.03m程度である。

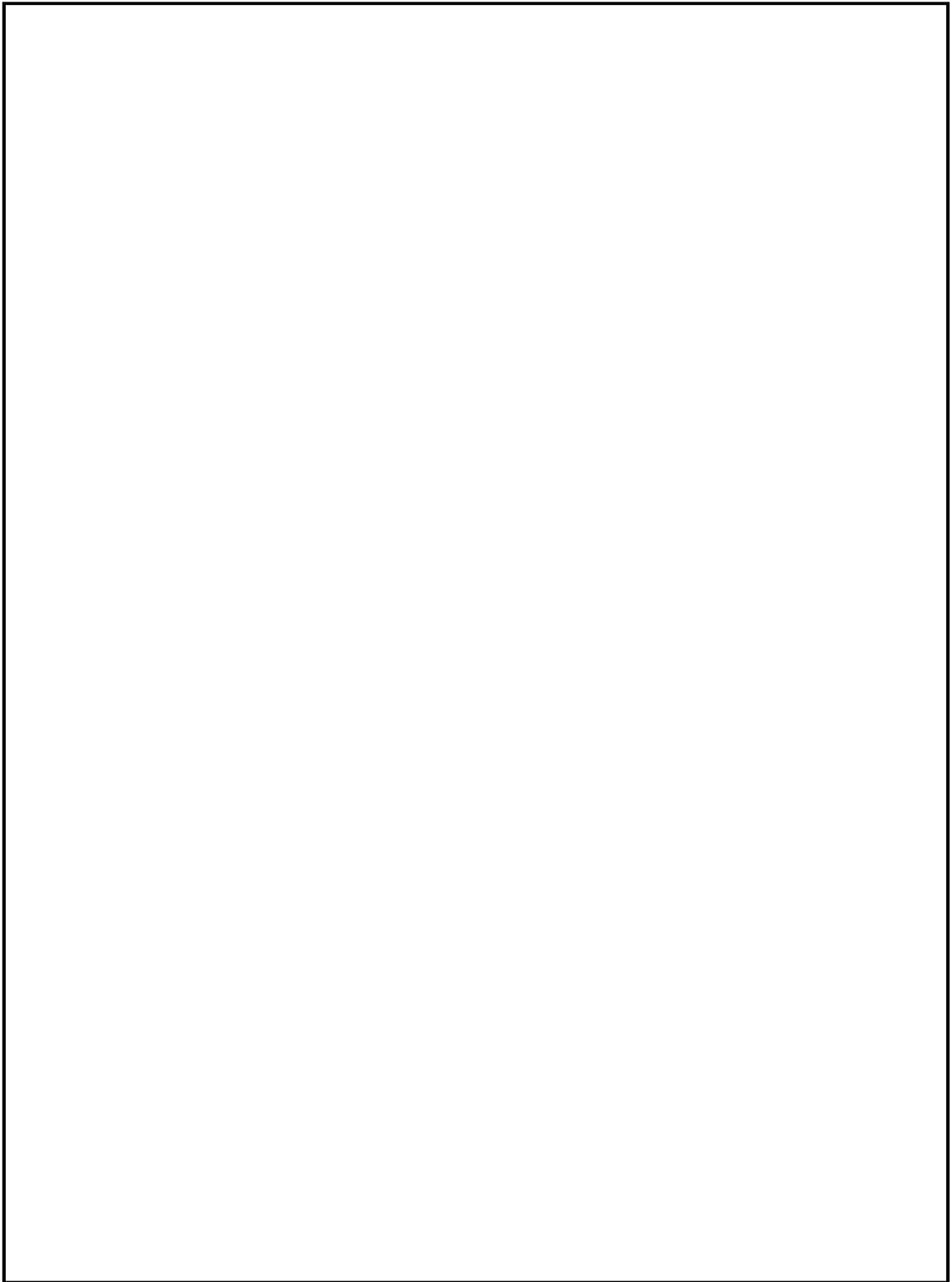
(a-2) 砂の最大堆積厚さの分布 (堆積量最大ケース)

第3-2-1 図 砂移動評価結果(2/4)



(b) 砂の堆積厚さ (1号機及び2号機海水ポンプ)

第 3-2-1 図 砂移動評価結果(3/4)



(c) 砂の堆積厚さ (3号機及び4号機海水ポンプ)

第3-2-1図 砂移動評価結果(4/4)



#### 4. 潮位観測システム（防護用）の設計に関する補足事項

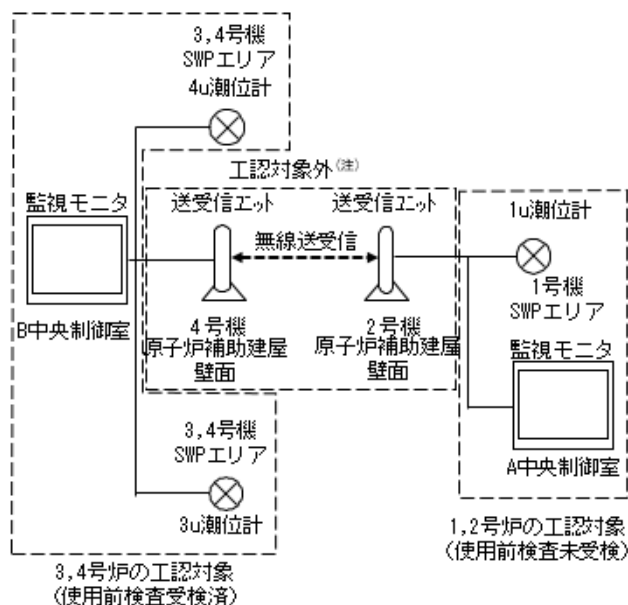
##### 4.1 潮位観測システム（防護用）の設計に関する補足資料

###### 4.1.1 潮位観測システム（防護用）の概要

###### (1) 既許可における潮位計の位置づけ

本資料は、潮位観測システム（防護用）の設計について説明するものである。

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



第4-1-1図 既許可の潮位計の設備構成

###### (2) 今回の対応を踏まえた設備の位置づけ

今回の対応では、構内の潮位観測系統である潮位計及び構内の通信連絡設備のうち中央制御室に設置している衛星電話（固定）の一部を活用し、取水路防潮ゲートの閉止判断に活用する潮位計及び衛星電話（津波防護用）を「潮位観測システム（防護用）」と設定している。

以下に、潮位観測システム（防護用）の重要度分類に関する位置づけについて説明する。

取水路防潮ゲートは、施設影響が生じるおそれがある津波が襲来した場合に、津波が敷地へ到達・流入すること及び水位変動に伴う取水性低下による海水ポンプへの影響を防止し、防護対象設備が機能喪失することのない設計とするために設置する津波防護施設である。また、可動部・駆動部を有していることから、重要度分類指針上のMS-1の「安全上必須なその他の構築物、系統及び機器」の「安全上特に重要な関連機能」に該当する。第4-1-1表に重要度分類指針の付表を示す。

取水路防潮ゲートが津波防護施設であること、重要度分類指針上において、MS-1設備に該当することを念頭に、潮位観測システム（防護用）に要求される安全機能を整理した。

今回の運用では、潮位計の情報及び衛星電話（津波防護用）を用いた当直課長間の連携に基づき、MS-1設備である取水路防潮ゲートの閉止を判断することから、潮位観測システム（防護用）は取水路防潮ゲートと同様に、津波防護機能を直接的に有する津波防護施設と位置付ける。また、潮位観測システム（防護用）は取水路防潮ゲートの閉止判断にかかわるものとして、MS-1設備である取水路防潮ゲートと同等の設計とする。

取水路防潮ゲート及び潮位観測システム（防護用）の設計項目は第4-1-2表のとおりであり、潮位観測システム（防護用）は取水路防潮ゲートの設計項目を網羅しており、取水路防潮ゲートと同等の信頼性を確保している。

第4-1-1表 重要度分類指針の付表（抜粋）

分類	異常影響緩和系						
	定義	機能	構築物、系統又は機器（PWR）	特記すべき関連系（PWR）	構築物、系統又は機器（BWR）	特記すべき関連系（BWR）	備考
MS-1		5) 炉心冷却機能	非常用炉心冷却系（低圧注入系、高圧注入系、蓄圧注入系）		非常用炉心冷却系（低圧炉心スプレイ系、低圧注入系、高圧炉心スプレイ系、自動減圧系）		
		6) 放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能	原子炉格納容器、アニュラス、原子炉格納容器隔離弁、原子炉格納容器スプレイ系、アニュラス空気再循環設備、安全補機室空気浄化系、可燃性ガス濃度制御系	原子炉格納容器排気筒	原子炉格納容器、原子炉格納容器隔離弁、原子炉格納容器スプレイ冷却系、原子炉建屋、非常用ガス処理系、非常用再循環ガス処理系、可燃性ガス濃度制御系	排気筒（非常用ガス処理系排気管の支持機能）	
	2) 安全上必須なその他の構築物、系統及び機器	1) 工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能	安全保護系		安全保護系		
	2) 安全上特に重要な関連機能	非常用所内電源系、制御室及びその遮へい・換気空調系・原子炉補機冷却水系、原子炉補機冷却海水系、直流電源系、制御用圧縮空気設備（いずれも、MS-1関連のもの）	ディーゼル発電機燃料輸送系、ディーゼル冷却系、取水設備（屋外トレンチを含む。）	非常用所内電源系、制御室及びその遮へい・非常用換気空調冷却水系、直流電源系（いずれも、MS-1関連のもの）	ディーゼル発電機燃料輸送系、ディーゼル冷却系、取水設備（屋外トレンチを含む。）		

第 4-1-2 表 取水路防潮ゲート及び潮位観測システム（防護用）の設計項目

	多重性又は 多様性	独立性	耐震性	非常用電源	試験	記録※
取水路防潮ゲート	○	○	○	○	○	-
潮位観測システム (防護用)	○	○	○	○	○	○

※：潮位の変化傾向の監視及び履歴の保存が可能であること

### (3) 潮位観測システム（防護用）のうち潮位計の仕様

潮位計は、潮位検出器、電源箱、演算装置、監視モニタ及び有線電路（電源系含む）で構成しており、この構成を第 4-1-2 図に示す。なお、電源箱及び演算装置は、監視モニタの盤内機器であり、監視モニタの機能を実現する構成部品である。

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

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

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

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

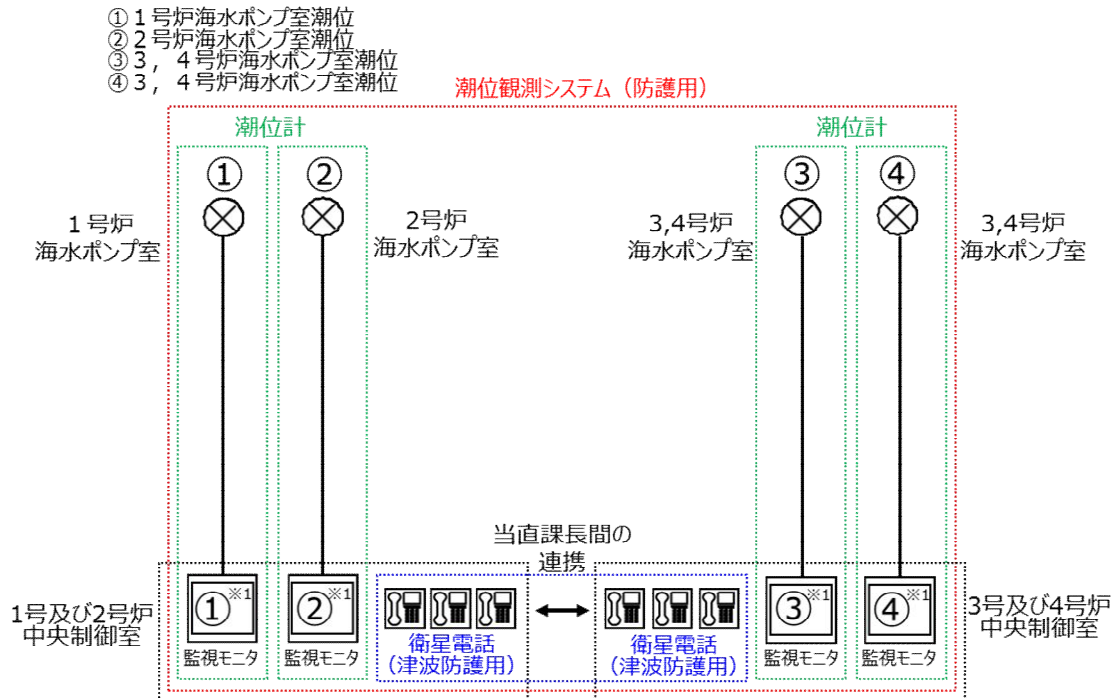
### (4) 津波監視設備のうち潮位計の仕様

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

(5) 潮位観測システム（防護用）のうち衛星電話（津波防護用）の仕様

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

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



※1：電源箱及び演算装置は監視モニタの盤内機器であり、監視モニタの一部である。

第4-1-2図 潮位観測システム（防護用）の構成図

第 4-1-3 表 潮位計の仕様

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

第 4-1-4 表 衛星電話（津波防護用）の仕様

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

※：3台のうち1台は衛星電話（固定）と兼用

- (6) 潮位観測システム（防護用）、潮位計、衛星電話（津波防護用）及び潮位観測システム（補助用）の登録号機

潮位観測システム（防護用）、衛星電話（津波防護用）、潮位計及び潮位観測システム（補助用）の登録号機について以下のとおり説明する。

潮位観測システム（防護用）については、取水路防潮ゲート閉止に係る津波防護施設として、1号及び2号機中央制御室の1, 2, 3, 4号機潮位観測システム（防護用）のうち、1号機潮位計及び1, 2, 3, 4号機衛星電話（津波防護用）は、「1号機設備、1・2・3・4号機共用、1号機に設置」とし、2号機潮位計は「2号機設備、1・2・3・4号機共用、2号機に設置」とする。また、3号及び4号機中央制御室の1, 2, 3, 4号機潮位観測システム（防護用）のうち、3号機潮位計及び1, 2, 3, 4号機衛星電話（津波防護用）は、「3号機設備、1・2・3・4号機共用、3号機に設置」とし、4号機潮位計は「4号機設備、1・2・3・4号機共用、3号機に設置」とする。なお、4号機潮位計は3号機登録の3, 4号機海水ポンプ室に設置しているため、

3号機に設置とする。

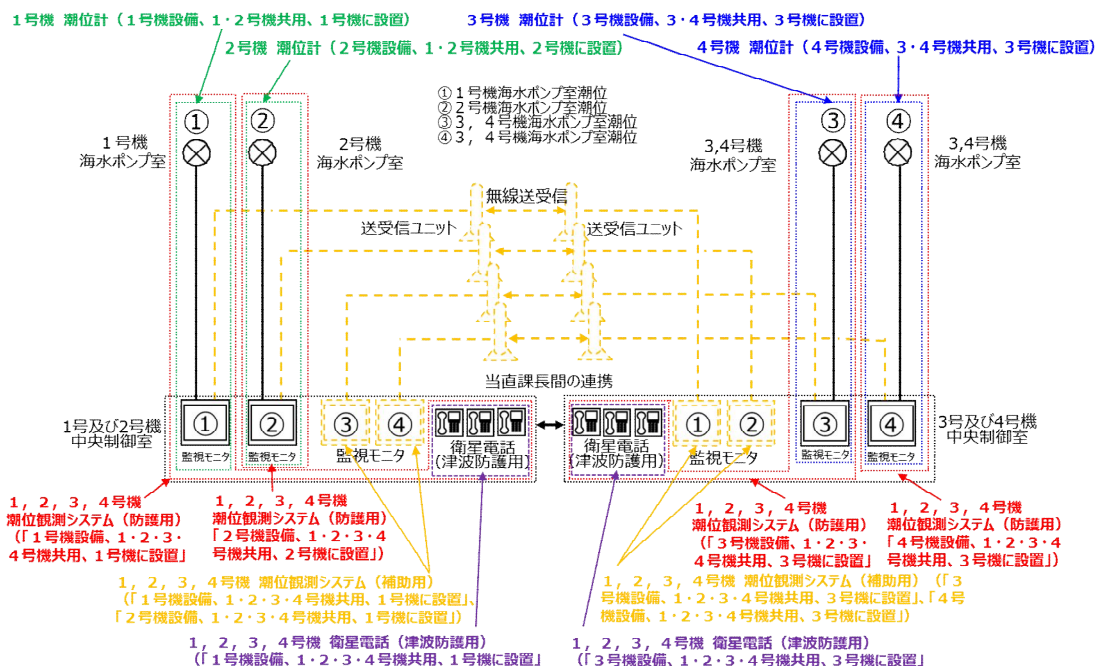
衛星電話（津波防護用）については、中央制御室間の連携に用いる取水路防潮ゲート閉止に係る津波防護施設として、1号及び2号機中央制御室の1, 2, 3, 4号機衛星電話（津波防護用）は、「1号機設備、1・2・3・4号機共用、1号機に設置」とし、3号及び4号機中央制御室の1, 2, 3, 4号機衛星電話（津波防護用）は、「3号機設備、1・2・3・4号機共用、3号機に設置」とする。

潮位計については、津波監視設備として、1号及び2号機中央制御室の1号機潮位計は「1号機設備、1・2号機共用、1号機に設置」とし、2号機潮位計は「2号機設備、1・2号機共用、2号機に設置」とする。また、3号及び4号機中央制御室の3号機潮位計は「3号機設備、3・4号機共用、3号機に設置」とし、4号機潮位計は「4号機設備、3・4号機共用、3号機に設置」とする。

潮位観測システム（補助用）については、潮位観測システム（防護用）の補助機能である外部状況把握のための設備として、1号及び2号機中央制御室の1, 2, 3, 4号機潮位観測システム（補助用）は「1号機設備、1・2・3・4号機共用、1号機に設置」及び「2号機設備、1・2・3・4号機共用、1号機に設置」とする。また、3号及び4号機中央制御室の潮位観測システム（補助用）は「3号機設備、1・2・3・4号機共用、3号機に設置」及び「4号機設備、1・2・3・4号機共用、3号機に設置」とする。

なお、潮位観測システム（防護用）の要目表は、当該設備の主登録号機の申請書に記載し、主登録号機以外の申請書では、主登録号機に記載を呼び込むものとする。

潮位観測システム（防護用）、衛星電話（津波防護用）、潮位計及び潮位観測システム（補助用）の登録号機を第4-1-3図に示す。



第4-1-3図 潮位観測システム (防備用)、衛星電話 (津波防護用)、潮位計及び潮位観測システム (補助用) の登録号機

#### 4.1.2 潮位観測システム（防護用）の設計方針

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

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

潮位観測システム（防護用）のうち、潮位計は、1号及び2号機中央制御室並びに3号及び4号機中央制御室において、「観測潮位が10分以内に0.5m以上下降、又は上昇した時点」で警報発信し、その後、「観測潮位が最低潮位から10分以内に0.5m以上上昇、又は最高潮位から10分以内に0.5m以上下降した時点」で警報発信する設計とする。潮位変動値のセット値は0.45mとする。また、1号及び2号機当直課長と3号及び4号機当直課長は、1号及び2号機中央制御室並びに3号及び4号機中央制御室において潮位観測システム（防護用）のうち、衛星電話（津波防護用）を用いて連携することにより、取水路防潮ゲートの閉止判断基準を確認できる設計とする。なお、潮位計は4台設置し、このうち1台を予備とし、衛星電話（津波防護用）は1号及び2号機中央制御室並びに3号及び4号機中央制御室に各々3台設置し、このうち各々1台を予備とする。また、1号及び2号機中央制御室並びに3号及び4号機中央制御室に設置する衛星電話（津波防護用）は、互いの中央制御室に設置する3台いずれの衛星電話（津波防護用）に対しても通話が可能な設計とする。

潮位観測システム（防護用）は、以下の方針で設計する。

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



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

潮位観測システム（防護用）のうち潮位計は、取水路防潮ゲートと同等の設計にすることから多重化（2台目）し、またこれに加えて信頼性向上を図る（試験可能性や単一故障を考慮する）設計（3台目）とし、単一故障を想定しても動作を保証する設備数（3チャンネル）を所要チャンネルとする。ただし、実運用を考慮し、運用性の更なる向上のため、予備の潮位計を1台追加し、4台構成とする。なお、いずれの潮位計でも施設影響が生じるケースを漏れなく確認でき、2チャンネルによる検知がどのような組み合わせでも、取水路防潮ゲート閉止判断に差異は生じないことから、閉止判断に用いる潮位計は固定せず、2台の観測潮位がいずれも10分以内に0.5m以上下降し、その後、最低潮位から10分以内に0.5m以上上昇した時点、又は、2台の観測潮位がいずれも10分以内に0.5m以上上昇し、その後、最高潮位から10分以内に0.5m以上下降したことを確認した時点で取水路防潮ゲートを閉止する。潮位変動値のセット値は0.45mとする。

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

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

- (5) 原子炉の運転中又は停止中に潮位観測システム（防護用）の試験又は検査が可能な設計とする。
- (6) 潮位観測システム（防護用）のうち潮位計は、単一故障した場合において、津波防護機能を喪失しないよう1号、2号、3号及び4号機共潮位観測システム（防護用）と蒸気タービン、ポンプ等とは距離による離隔がなされていることから飛来物による影響は及ぶことはない設計としている。蒸気タービン及び発電機は、破損防止対策を行なうことにより、破損事故の発生確率を低くするとともに、タービンミサイルの発生を仮に想定しても安全機能を有する構築物、系統及び機器への到達確率を低くすることによって、発電用原子炉施設の安全性を損なうことのない設計とする。
- (7) 重要安全施設に該当する潮位観測システム（防護用）は、観測場所を1号機海水ポンプ室、2号機海水ポンプ室及び3、4号機海水ポンプ室に分散し、複数の場所で潮位観測を行うこと、並びに1号、2号、3号及び4号機で共用することで取水路全体の潮位観測ができる設計とすることから、2以上の原子炉施設の安全性が向上するため、取水路防潮ゲートと同様に全共用とする。
- なお、潮位検出器、監視モニタ等からなる潮位計の4つのチャンネルは独立した系統とし、多重性を持たせることで、各々の潮位計の間で相互に接続しないものとし、基準津波に対して安全機能を損なうおそれがないように設計する。
- また、衛星電話（津波防護用）は、1号及び2号機中央制御室に3台、3号及び4号機中央制御室に3台を、互いに分離して設置することで独立性を確保し、基準津波に対して安全機能を損なうおそれがないように設計する。
- 潮位観測システム（防護用）の設置位置を第4-1-4図に示す。



第 4-1-4 図 潮位観測システム（防護用）の設置位置

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

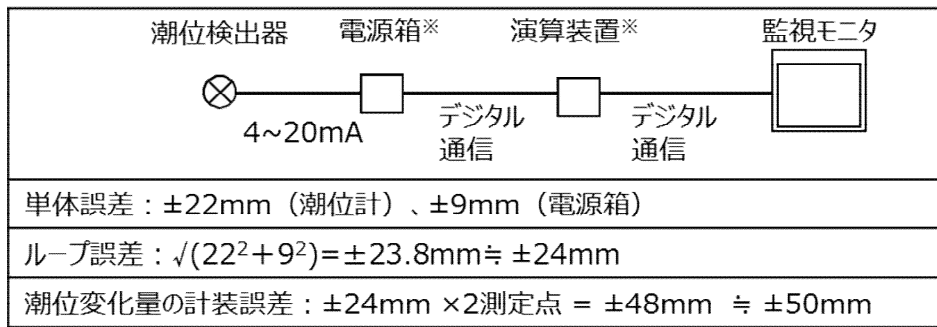
今回の対策においては、潮位観測システム（防護用）のうち、2台の潮位計の観測潮位がいずれも10分以内に0.5m以上下降し、その後、最低潮位から10分以内に0.5m以上上昇すること、又は10分以内に0.5m以上上昇し、その後、最高潮位から10分以内に0.5m以上下降することを取水路防潮ゲートの閉止判断基準（トリガー）とする（潮位変動値のセット値は0.45mとする。）ことから、10分以内の潮位変動を確実に捉える必要があり、これについて説明する。

潮位観測システム（防護用）のうち潮位計は第4-1-5図に示すシステム構成であり、潮位計のサンプリング周期は約3秒である。潮位計の信号については演算装置において計測時点（ $t$ ）からその10分前（ $t-10$ ）の間における潮位を3秒おきに収集・演算し、その間の最大潮位と最小潮位の差（潮位変化量）が0.5m（潮位変動値のセット値は0.45mとする。）に達した時点で監視モニタに警報発信する（第4-1-6図参照）。この仕組みにより、短時間で潮位の上げ又は下げの変動を繰り返したとしても、10分以内に $\pm 0.5$ m（潮位変動値のセット値は0.45mとする。）の潮位変動を確実に検知することが可能である。

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

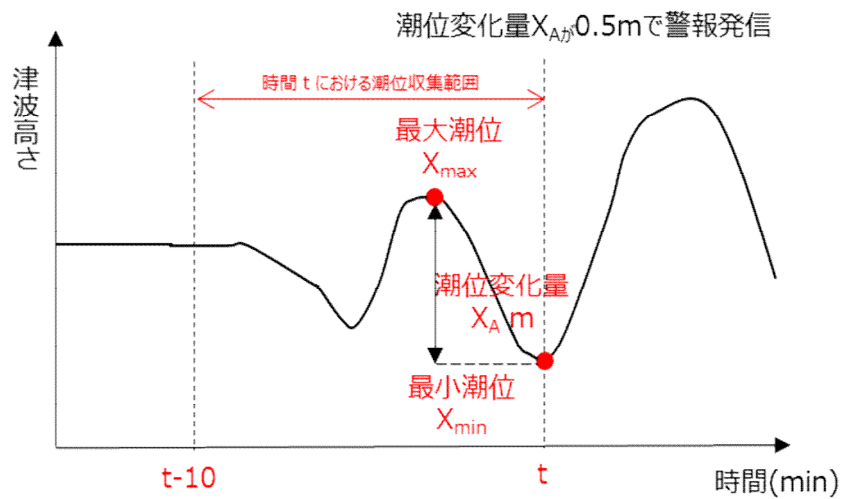
また、10分以内の $\pm 0.5$ m（潮位変動値のセット値は0.45mとする。）の潮位変動後、最大潮位又は最小潮位に達した時点から10分以内に、潮位変化量が0.5m（潮位変動値のセット値は0.45mとする。）に達した時点で、その潮位計の監視モニタに警報発信する（第4-1-7図参照）。

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

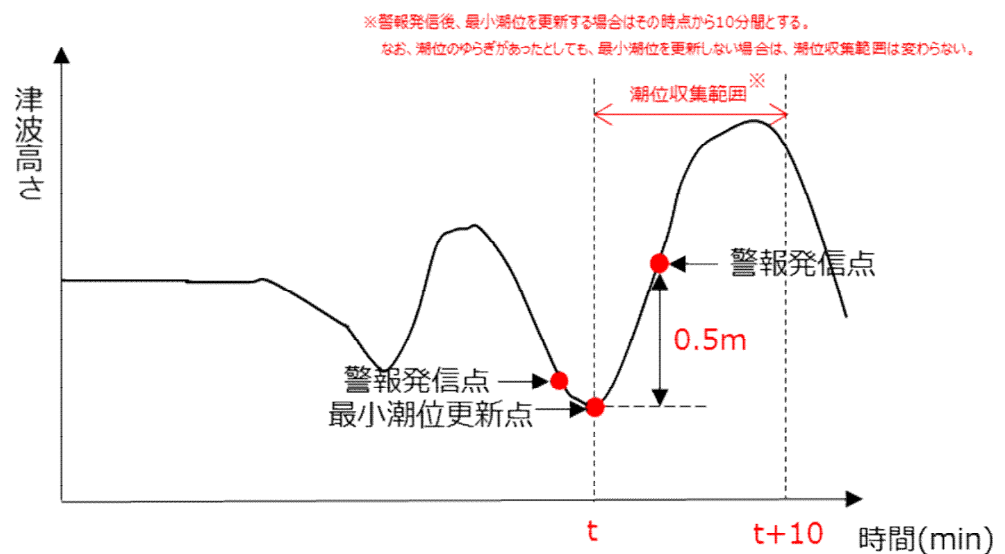


※電源箱及び演算装置は監視モニタの盤内機器であり監視モニタの一部である。

第 4-1-5 図 潮位計のシステム構成図及び計装誤差の考え方



第 4-1-6 図 潮位変化量の算出方法（潮位変動値のセット値は 0.45m とする。）



第 4-1-7 図 警報発信の考え方（潮位変動値のセット値は 0.45m とする。）

#### 4.1.4 今回申請設備に関する既認可実績の設備との同等性について

今回の申請する潮位観測システム（防護用）のうち、既認可実績のある津波監視設備の潮位計又は衛星電話（固定）と仕様及び設置場所の同等性について第 4-1-8 図に示す。

潮位検出器（本体）及び潮位検出器（架台）は、既認可の潮位計と異なる場所（2号機海水ポンプ室）に設置することから、2号機海水ポンプ室の入力地震力で新たに耐震性評価を実施する。

衛星電話機は、耐震性を有している場所に設置することに変更はないが、認可実績のある衛星電話機の架台形状が異なるため、新たに耐震性評価を実施する。

潮位検出器の電路については、既認可で実績のある海水管トンネルを經由し、1号及び2号機中央制御室の監視モニタまで JEAG に基づいた標準支持間隔法により設計・評価を実施し敷設する。

なお、衛星設備収容架及び衛星電話（アンテナ）について認可実績のある設備仕様から変更はなく、耐震性を有している場所に設置することにも変更はないが、許容応力状態の変更（IVAS から IIIAS）に伴い、発生値が許容値を満足していることを確認した。

上記を踏まえ、潮位観測システム（防護用）の耐震性評価方法を第 4-1-5 表の通り整理した。いずれの設備も認可実績のある設備であり、既認可と同様の方針に基づき設計・評価していることを確認した。

既認可と仕様及び設置場所が同じ設備	既認可と仕様又は設置場所が異なる設備
中央制御室用衛星設備収容架 中央制御室衛星電話用アンテナ	衛星電話機、潮位検出器(本体) 潮位検出器(架台)、監視モニタ(盤含む) 電路

第 4-1-8 図 今回申請設備に関する既認可実績の設備との同等性

第4-1-5表 潮位観測システム（防護用）の耐震性評価方法（1/2）

申請号機	資料番号	資料名 (設備名称)	解析手法(公式等による評価、スペクトルモーダル解析、時刻歴解析他)		解析モデル		減衰定数		その他(FRS他、評価条件の変更等)		左欄にて比較した 既工認資料 (設備名称)
			○:実績有り ●:新手法	相違内容 ※既工認=(同種設備でこれまで実績のある)既工認	○:実績有り ●:新手法	相違内容 ※既工認=(同種設備でこれまで実績のある)既工認	○:実績有り ●:新手法	相違内容 ※既工認=(同種設備でこれまで実績のある)既工認	○:実績有り ●:新手法	相違内容 ※既工認=(同種設備でこれまで実績のある)既工認	
1号機	資料13-17-4-34-1	衛星電話機(中央制御室)の耐震計算書 (衛星電話機(中央制御室))	○	既工認 (応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	既工認 (応答解析)モデルなし (応力解析)1質点モデル	○	既工認 (水平)1.0% (鉛直)1.0%	○	既工認 機能確認済加速度 水平:3.09G、鉛直:1.89G	高浜1号新規制基準対応工認 添付13-17-4-34-1 「衛星電話機(中央制御室)の耐震計算書」 (衛星電話機(中央制御室))
				今回工認 同上	○	今回工認 同上	○	今回工認 同上	○	今回工認 機能確認済加速度 水平:2.33G、鉛直:1.16G	
1号機	資料13-17-9-4	潮位計の耐震計算書 (監視モニタ)	○	既工認 (応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	既工認 (応答解析)モデルなし (応力解析)1質点モデル	○	既工認 (水平)1.0% (鉛直)1.0%	○	既工認 機能確認済加速度 水平:2.48G、鉛直:1.57G	高浜1号新規制基準対応工認 添付13-17-9-4 「潮位計の耐震計算書」 (津波等監視設備用A中央制御室 モニタ)
				今回工認 同上	○	今回工認 同上	○	今回工認 同上	○	今回工認 機能確認済加速度 水平:2.64G、鉛直:1.16G	
1号機	資料13-17-9-8	潮位観測システム(防護用)の耐震計算書 (潮位観測システム(防護用)のうち潮位計)	○	既工認 (応答解析)スペクトルモーダル解析 (応力解析)公式等による評価	○	既工認 (応答解析)3次元FEMモデル (応力解析)モデルなし	○	既工認 (水平)1.0% (鉛直)1.0%	○	既工認 機能確認済加速度 水平:10.81G、鉛直:10.88G	高浜1号新規制基準対応工認 資料13-17-9-4 「潮位計の耐震計算書」 (潮位計)
				今回工認 同上	○	今回工認 同上	○	今回工認 同上	○	今回工認 同上	
1号機	資料13-17-9-8	潮位観測システム(防護用)の耐震計算書 (潮位観測システム(防護用)のうち監視モニタ、 潮位観測システム(防護用)のうち衛星電話機(津 波防護用)、潮位観測システム(防護用)のうち中 央制御室用衛星設備収容架(津波防護用)、潮位 観測システム(防護用)のうち中央制御室衛星電 話用アンテナ(津波防護用))	○	既工認 (応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	既工認 (応答解析)モデルなし (応力解析)1質点モデル	○	既工認 (水平)1.0% (鉛直)1.0%	○	既工認 【津波等監視設備用A中央制御室モニタ】 機能確認済加速度 水平:2.48G、鉛直:1.57G 【衛星電話機(中央制御室)】 機能確認済加速度 水平:3.09G、鉛直:1.89G 【中央制御室用衛星設備収容架】 機能確認済加速度 水平:3.31G、鉛直:1.64G 【衛星電話用アンテナ(中央制御室用)】 機能確認済加速度 水平:4.80G、鉛直:1.71G	高浜1号新規制基準対応工認 資料13-17-9-4 「潮位計の耐震計算書」 (津波等監視設備用A中央制御室 モニタ) 高浜1号新規制基準対応工認 添付13-17-4-34-1 「衛星電話機(中央制御室)の耐震計算書」 (衛星電話機(中央制御室)) 添付13-17-4-34-2 「中央制御室用衛星設備収容架の耐震計算書」 (中央制御室用衛星設備収容架) 添付13-17-4-34-3 「衛星電話用アンテナ(中央制御室用)の耐震計算書」 (衛星電話用アンテナ(中央制御室用))
				今回工認 同上	○	今回工認 同上	○	今回工認 同上	○	今回工認 【潮位観測システム(防護用)のうち監視モニタ】 機能確認済加速度 水平:2.64G、鉛直:1.16G 【潮位観測システム(防護用)のうち衛星電話機(津波防護用)】 機能確認済加速度 水平:2.33G、鉛直:1.16G 【潮位観測システム(防護用)のうち中央制御室用衛星設備収容架(津波防護用)】 機能確認済加速度 水平:3.31G、鉛直:1.64G 【潮位観測システム(防護用)のうち中央制御室衛星電話用アンテナ(津波防護用)】 機能確認済加速度 水平:6.63G、鉛直:2.13G	
2号機	資料13-17-9-7	潮位観測システム(防護用)の耐震計算書 (潮位観測システム(防護用)のうち潮位計)	○	既工認 (応答解析)スペクトルモーダル解析 (応力解析)公式等による評価	○	既工認 (応答解析)3次元FEMモデル (応力解析)モデルなし	○	既工認 (水平)1.0% (鉛直)1.0%	○	既工認 機能確認済加速度 水平:10.81G、鉛直:10.88G	高浜1号新規制基準対応工認 資料13-17-9-4 「潮位計の耐震計算書」 (潮位計)
				今回工認 同上	○	今回工認 同上	○	今回工認 同上	○	今回工認 同上	
2号機	資料13-17-9-7	潮位観測システム(防護用)の耐震計算書 (潮位観測システム(防護用)のうち監視モニタ)	○	既工認 (応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	既工認 (応答解析)モデルなし (応力解析)1質点モデル	○	既工認 (水平)1.0% (鉛直)1.0%	○	既工認 機能確認済加速度 水平:2.48G、鉛直:1.57G	高浜1号新規制基準対応工認 資料13-17-9-4 「潮位計の耐震計算書」 (津波等監視設備用A中央制御室 モニタ)
				今回工認 同上	○	今回工認 同上	○	今回工認 同上	○	今回工認 機能確認済加速度 水平:2.64G、鉛直:1.16G	
2号機	資料13-17-9-8	潮位計の耐震計算書 (潮位計)	○	既工認 (応答解析)スペクトルモーダル解析 (応力解析)公式等による評価	○	既工認 (応答解析)3次元FEMモデル (応力解析)モデルなし	○	既工認 (水平)1.0% (鉛直)1.0%	○	既工認 機能確認済加速度 水平:10.81G、鉛直:10.88G	高浜1号新規制基準対応工認 資料13-17-9-4 「潮位計の耐震計算書」 (潮位計)
				今回工認 同上	○	今回工認 同上	○	今回工認 同上	○	今回工認 同上	
2号機	資料13-17-9-8	潮位計の耐震計算書 (監視モニタ)	○	既工認 (応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	既工認 (応答解析)モデルなし (応力解析)1質点モデル	○	既工認 (水平)1.0% (鉛直)1.0%	○	既工認 機能確認済加速度 水平:2.48G、鉛直:1.57G	高浜1号新規制基準対応工認 添付13-17-9-4 「潮位計の耐震計算書」 (津波等監視設備用A中央制御室 モニタ)
				今回工認 同上	○	今回工認 同上	○	今回工認 同上	○	今回工認 機能確認済加速度 水平:2.64G、鉛直:1.16G	

第4-1-5表 潮位観測システム（防護用）の耐震性評価方法（2/2）

申請号機	資料番号	資料名 (設備名称)	解析手法(公式等による評価、スペクトルモーダル解析、時刻歴解析他)		解析モデル		減衰定数		その他(FRS他、評価条件の変更等)		左欄にて比較した 既工認資料 (設備名称)
			○:実績有り ●:新手法	※既工認=(同種設備でこれまで実績のある)既工認	○:実績有り ●:新手法	※既工認=(同種設備でこれまで実績のある)既工認	○:実績有り ●:新手法	※既工認=(同種設備でこれまで実績のある)既工認	○:実績有り ●:新手法	※既工認=(同種設備でこれまで実績のある)既工認	
3号機	資料6-4	申請設備の耐震計算書 (潮位観測システム(防護用)のうち潮位計)	○	既工認 相連内容 (応答解析)スペクトルモーダル解析 (応力解析)公式等による評価	○	既工認 (応答解析)3次元FEMモデル (応力解析)モデルなし	○	既工認 (水平)1.0% (鉛直)1.0%	○	既工認 機能確認済加速度 水平:8.40G、鉛直:3.81G	高浜3号新規制基準対応工認 資料13-17-9-4 「潮位計の耐震計算書」 (潮位計)
				今回工認 同上		今回工認 同上		今回工認 同上		今回工認 同上	
3号機	資料6-4	申請設備の耐震計算書 (監視モニタ、衛星電話機(中央制御室)、中央制御室用衛星設備収容架、潮位観測システム(防護用)のうち監視モニタ、潮位観測システム(防護用)のうち衛星電話機(津波防護用)、潮位観測システム(防護用)のうち中央制御室用衛星設備収容架(津波防護用)、潮位観測システム(防護用)のうち中央制御室衛星電話用アンテナ(津波防護用))	○	既工認 (応答解析)各設備の固有値に基づく応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	既工認 (応答解析)モデルなし (応力解析)1質点モデル	○	既工認 (水平)1.0% (鉛直)1.0%	○	既工認 【津波等監視設備用B中央制御室モニタ】 機能確認済加速度 水平:2.48G、鉛直:1.57G 【衛星電話機(中央制御室)】 機能確認済加速度 水平:3.09G、鉛直:1.89G 【中央制御室用衛星設備収容架】 機能確認済加速度 水平:2.05G、鉛直:0.99G 【衛星電話用アンテナ(中央制御室用)】 機能確認済加速度 水平:4.80G、鉛直:1.71G	高浜3号新規制基準対応工認 資料13-17-9-3 「津波監視カメラの耐震計算書」 (津波等監視設備用B中央制御室モニタ)
				今回工認 同上		今回工認 同上		今回工認 同上		今回工認 【監視モニタ】 機能確認済加速度 水平:2.61G、鉛直:1.16G 【衛星電話機(中央制御室)】 機能確認済加速度 水平:2.33G、鉛直:1.16G 【中央制御室用衛星設備収容架】 機能確認済加速度 水平:2.05G、鉛直:0.99G 【潮位観測システム(防護用)のうち監視モニタ】 機能確認済加速度 水平:2.61G、鉛直:1.16G 【潮位観測システム(防護用)のうち衛星電話機(津波防護用)】 機能確認済加速度 水平:2.33G、鉛直:1.16G 【潮位観測システム(防護用)のうち中央制御室用衛星設備収容架(津波防護用)】 機能確認済加速度 水平:2.05G、鉛直:0.99G 【潮位観測システム(防護用)のうち中央制御室衛星電話用アンテナ(津波防護用)】 機能確認済加速度 水平:6.58G、鉛直:2.25G	高浜3号新規制基準対応工認 添付13-17-4-34-1 「衛星電話機(中央制御室)の耐震計算書」 (衛星電話機(中央制御室)) 添付13-17-4-34-2 「中央制御室用衛星設備収容架の耐震計算書」 (中央制御室用衛星設備収容架) 添付13-17-4-34-3 「衛星電話用アンテナ(中央制御室用)の耐震計算書」 (衛星電話用アンテナ(中央制御室用))
4号機	資料6-4	申請設備の耐震計算書 (潮位観測システム(防護用)のうち潮位計)	○	既工認 (応答解析)スペクトルモーダル解析 (応力解析)公式等による評価	○	既工認 (応答解析)3次元FEMモデル (応力解析)モデルなし	○	既工認 (水平)1.0% (鉛直)1.0%	○	既工認 機能確認済加速度 水平:8.40G、鉛直:3.81G	高浜3号新規制基準対応工認 資料13-17-9-4 「潮位計の耐震計算書」 (潮位計)
				今回工認 同上		今回工認 同上		今回工認 同上		今回工認 同上	
4号機	資料6-4	申請設備の耐震計算書 (監視モニタ、潮位観測システム(防護用)のうち監視モニタ)	○	既工認 (応答解析)各設備の固有値に基づく応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	既工認 (応答解析)モデルなし (応力解析)1質点モデル	○	既工認 (水平)1.0% (鉛直)1.0%	○	既工認 機能確認済加速度 水平:2.48G、鉛直:1.57G	高浜3号新規制基準対応工認 資料13-17-9-3 「津波監視カメラの耐震計算書」 (津波等監視設備用B中央制御室モニタ)
				今回工認 同上		今回工認 同上		今回工認 同上		今回工認 【監視モニタ】 機能確認済加速度 水平:2.61G、鉛直:1.16G 【潮位観測システム(防護用)のうち監視モニタ】 機能確認済加速度 水平:2.61G、鉛直:1.16G	