

(5) 漂流物となる可能性のある施設・設備等の評価

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

a. 当該施設・設備等の漂流物となる可能性の評価

重量物であり沈降するか、または漂流物となるかの評価を実施した。

① 発電所構外における評価（第 3-1-6 表）

①-1 船舶（漁船、輸送船）

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

①-2 木造建屋

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

①-3 鉄筋コンクリート造建屋

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

①-4 防波堤

地震により仮に破損したとしても、重量物であり漂流物とはならない。

①-5 車両

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

①-6 その他（浮き筏）

比較的軽量の漁具等については、漂流物となる可能性は否定できない。

② 発電所構内における評価（第 3-1-7 表）

②-1 船舶（燃料等輸送船）

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

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

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

②-3 鉄筋コンクリート造建屋

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

②-4 鉄骨造建屋

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

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

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

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

#### ②-6 定置網等

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

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

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

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

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

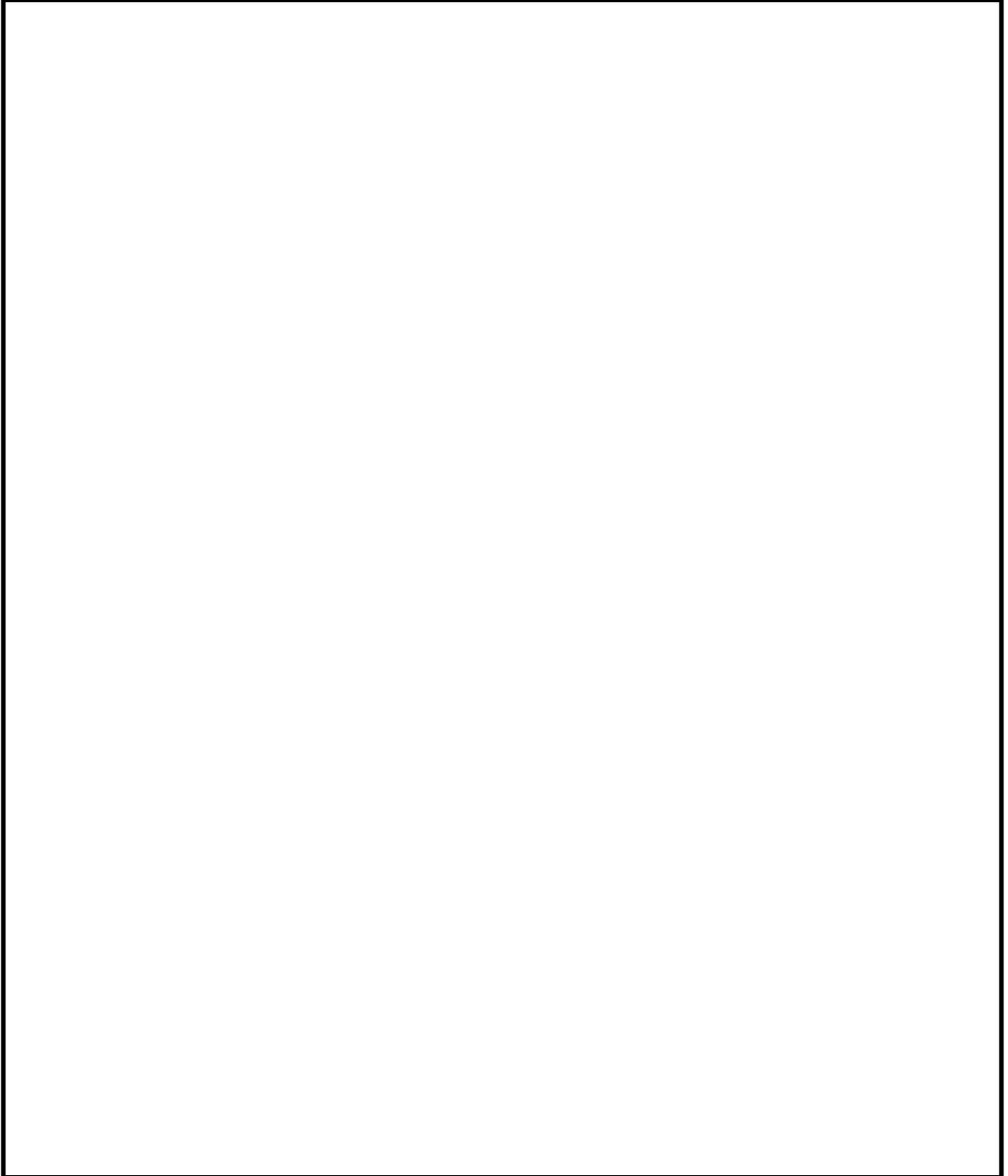
第3-1-6表 当該施設・設備等の漂流物となる可能性の評価結果

発電所構外

評価 番号	施設・設備等	種類	状況	場所	数量	重量 (概数)	評価	フロー 結果
①-1	漁船	船舶	停泊・航行	内浦港	1隻	10t	漂流物となる可能性が否定できないため、次フローで評価する	A以外
					約120隻	10t		
	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 当該施設・設備等の漂流物となる可能性の評価結果

発電所構内



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

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

① 発電所構外における評価

①-1 船舶（漁船）

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

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

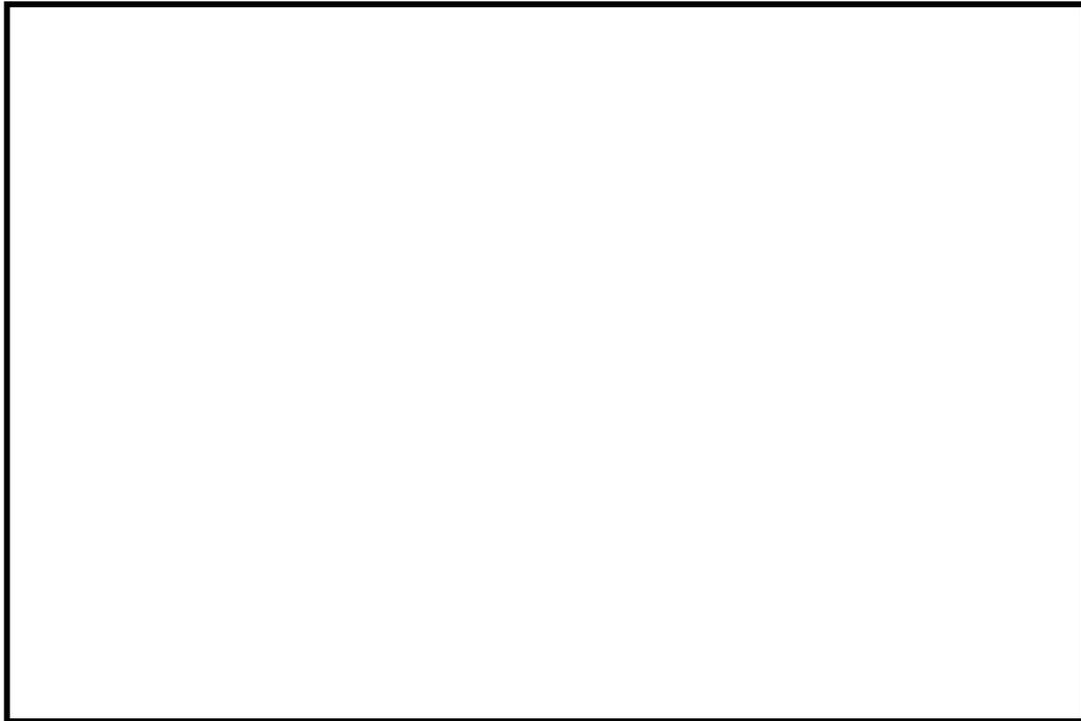
(a)（震後53分）：取水庭内の最大水位は、震後53.05分にT.P.  m程度となり、更に高潮との重畳（ m）を考慮すると、漂流物（漁船喫水1.9m）は、取水口ケーソン天端（T.P. ）を越えて取水路内に浸入する可能性があり、取水路に沿って取水路防潮ゲートに向かう。

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

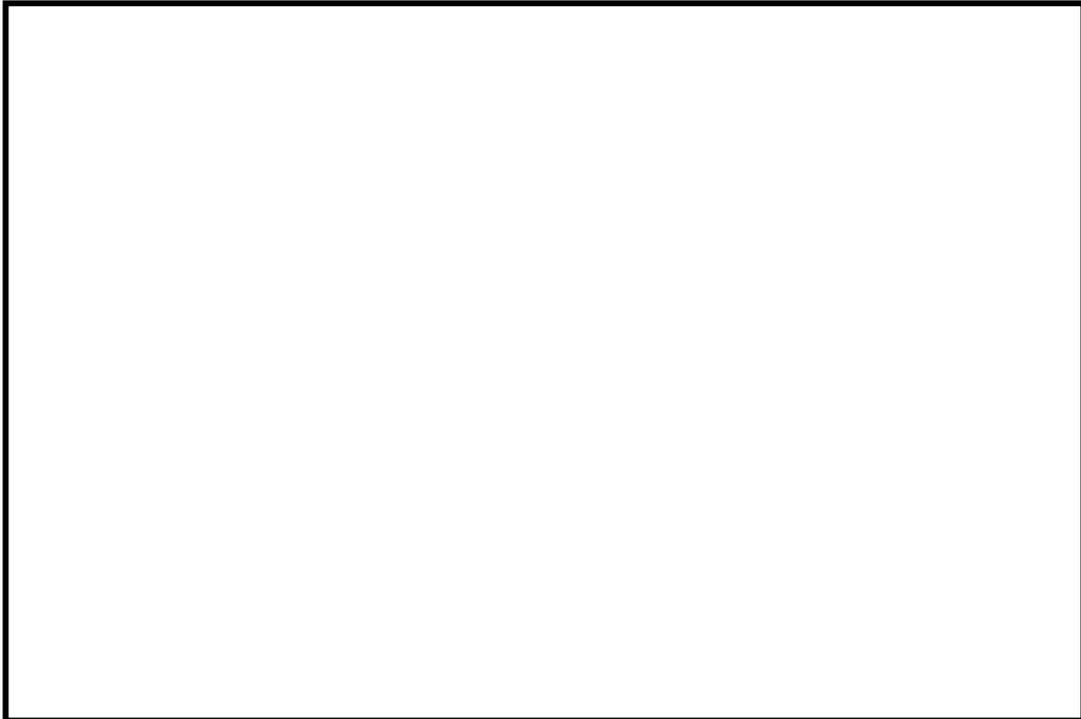
(c)（震後58分）：取水庭内の最低水位は震後58.20分にT.P.  mとなるが、非常用海水路呑み口前の水深はT.P.  mであることから、漁船（喫水1.9m）は座礁する可能性はなく、非常用海水路呑み口前に留まることはない。

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

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



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



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

#### ①-2 船舶（輸送船）

取水路から 1km 以上離れて位置する内浦港に、輸送船が停泊する  
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。

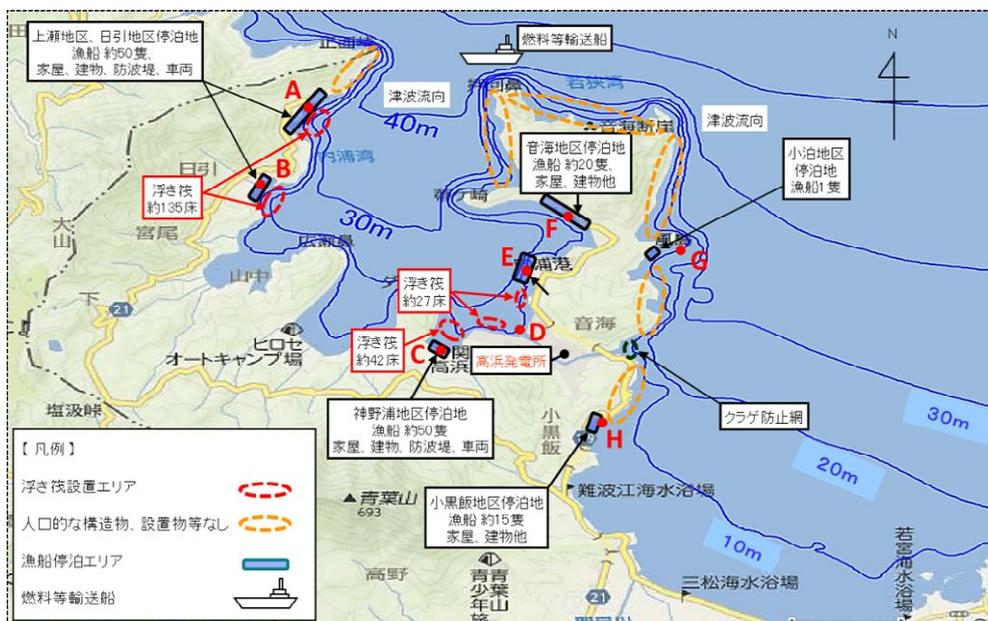
高浜発電所周辺に停泊中の漁船・家屋・建物等が漂流物となった  
場合を想定し、津波襲来時における挙動をシミュレーションした。  
波源及び計算条件を第 3-1-8 表に、想定した漂流物の初期位置を第  
3-1-22 図、津波襲来時における挙動の軌跡を第 3-1-23 図に示す。

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 3-1-22 図に示す通り、水  
粒子の軌跡は押し波・引き波を交互に受けて、ある一定の範囲内を  
移動する挙動を示しており、移動の方向についても発電所に向かう  
ような傾向を示していないことから、漂流物に作用する慣性力の影

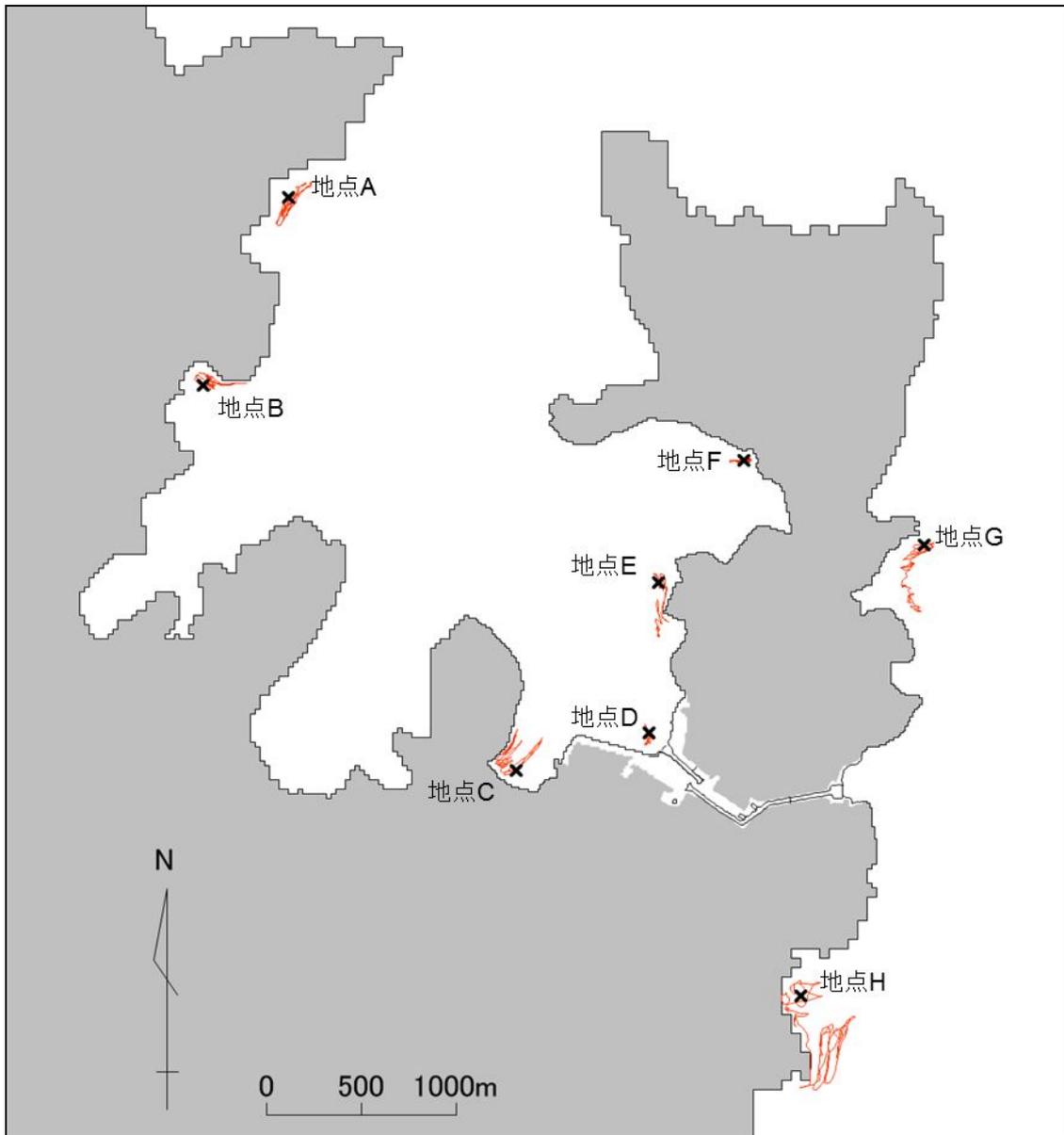
響を考慮したとしても、漂流物が発電所に影響を及ぼすような挙動を示す恐れはない。

第 3-1-8 表 漂流物軌跡解析の波源及び計算条件

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



第 3-1-22 図 想定した漂流物の初期位置



第 3-1-23 図 基準津波による漂流物の軌跡

② 発電所構内における評価

②-1 船舶（燃料等輸送船）

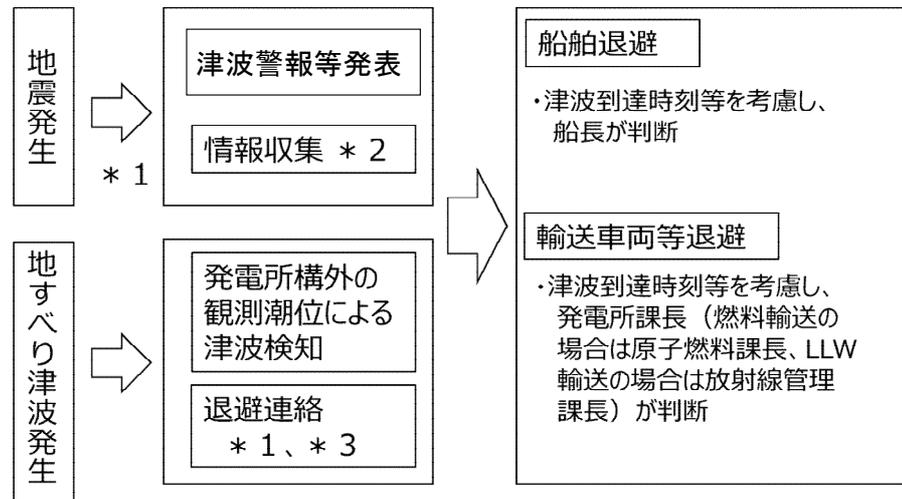
取水路から 1km 以上離れて位置する物揚岸壁には、燃料等輸送船が停泊するが、以下理由から、津波防護施設、取水機能を有する安全設備等に対する漂流物とはならない。（第 3-1-24 図及び第 3-1-25 図）

- ・ 津波流向・発電所周辺地形から取水路への漂流が考えにくい経路

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



第 3-1-24 図 津波流向と発電所の位置関係



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

第 3-1-25 図 緊急退避フロー図

・燃料等輸送船の緊急退避

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

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

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

3-1-26 図及び第 3-1-27 図)。

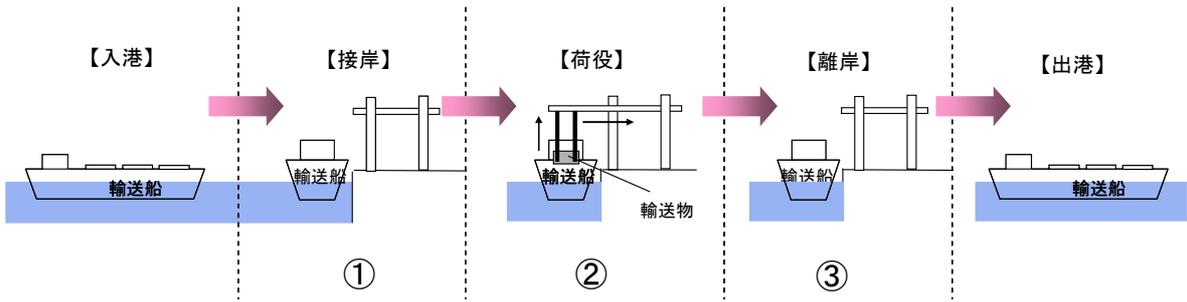
ただし、津波警報等が発表されず、かつ、荷役中に発電所構外にて津波と想定される潮位の変動を観測した場合は、燃料等輸送船は緊急退避せず、係留強化することとする。荷役中でなければ、輸送船は数分で離岸できるため、緊急退避を行う。(第 3-1-28 図)

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

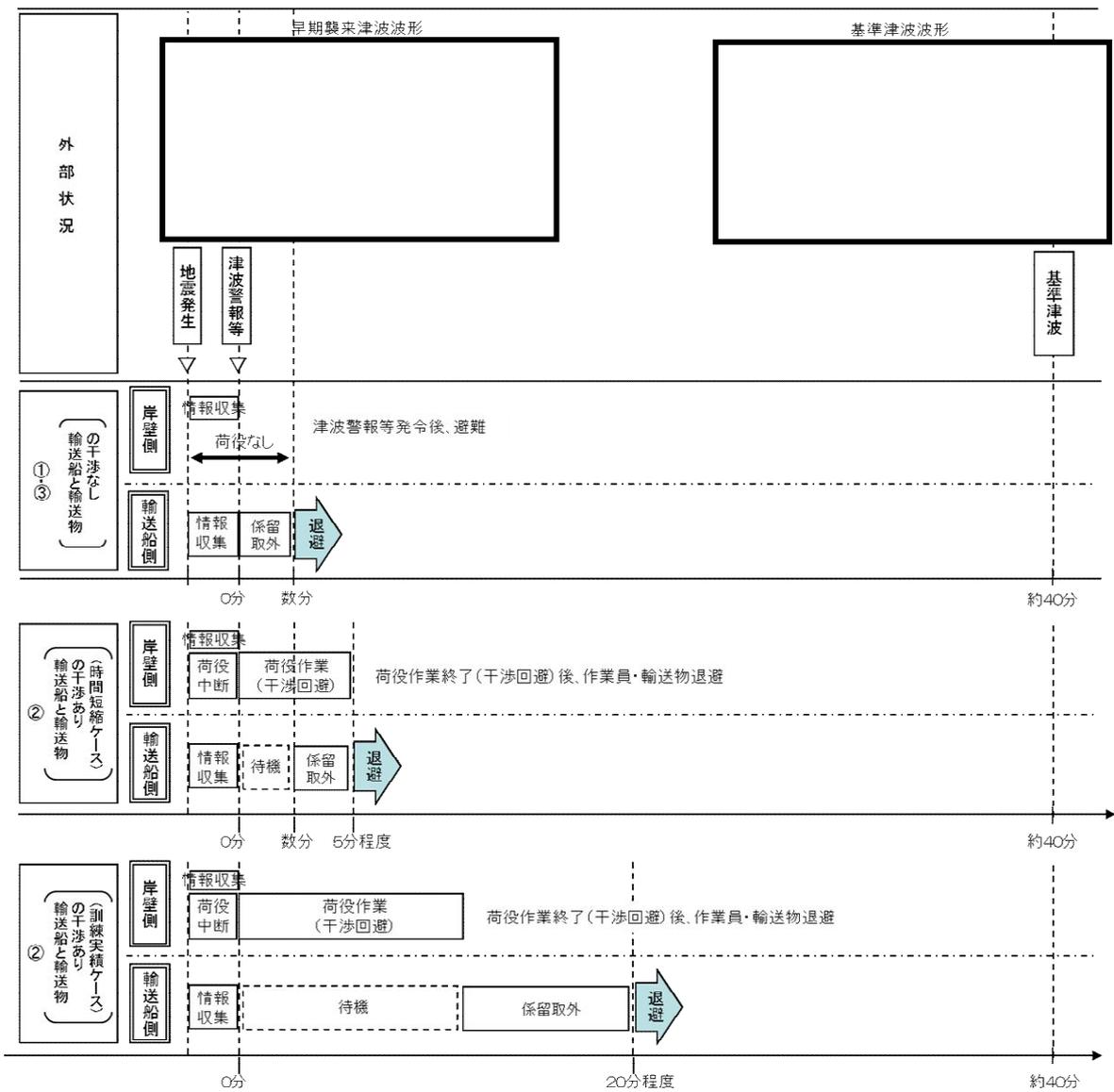
- ・輸送船は岸壁に係留されている
- ・津波高さと喫水高さの関係から輸送船は岸壁を越えず留まる
- ・岸壁には防げん材が設置されており、かつ輸送船は法令（危険物船舶運送及び貯蔵規則）に基づく二重船殻構造等十分な船体強度を有する

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

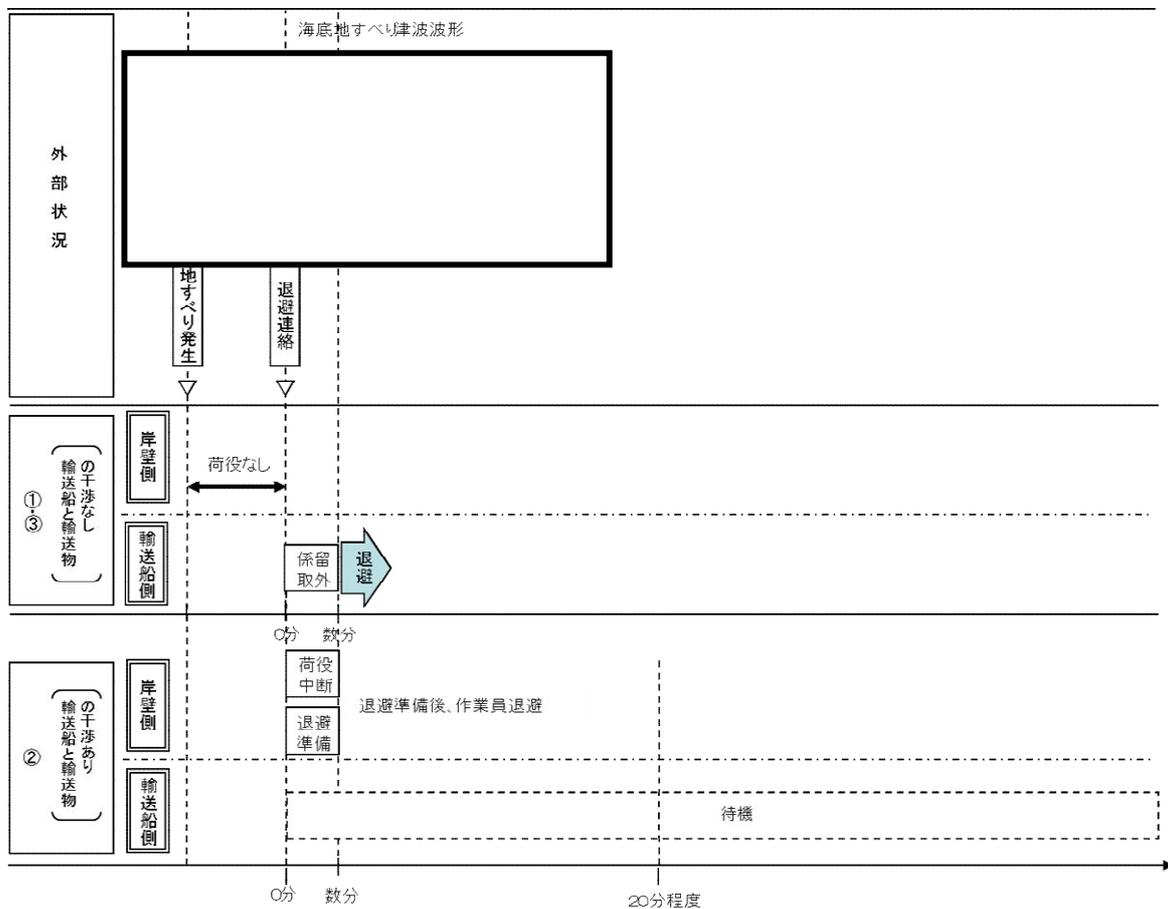
- ・岸壁付近での輸送船が着底した場合においても転覆に至ることはない
- ・岸壁には防げん材が設置されており、かつ輸送船は法令（危険物船舶運送及び貯蔵規則）に基づく二重船殻構造等十分な船体強度を有する
- ・輸送船は津波の最大流速に対して十分な性能を有する



第 3-1-26 図 輸送行程・緊急退避のイメージ



第 3-1-27 図 津波襲来と緊急退避時間イメージ

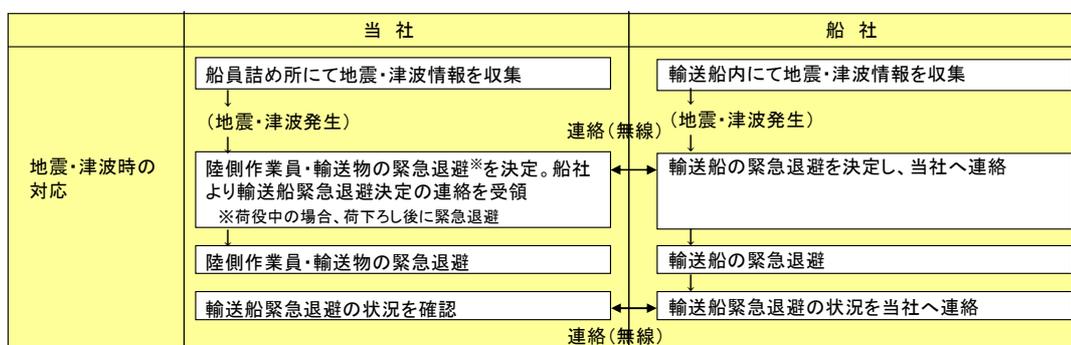


第 3-1-28 図 津波襲来と緊急退避時間イメージ  
 (発電所構外において、津波と想定される潮位の変動を観測した場合)

・燃料等輸送船の緊急退避への当社の関わり

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

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



第3-1-29図 輸送船緊急退避時の当社と船社の運用の関係性

②-2 鉄骨造建屋

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

②-3 車両（一般車両、仮設資材）

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

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

送車両以外の車両)の退避」に示す。)

②-4 定置網等

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

②-5 その他(外灯、ポール、PPフェンス、PPゲート、植林)

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

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

評価番号	施設・設備等	種類	状況	場所	数量	重量(概数)	評価	フロー結果
①-1	漁船			内浦港	1隻	10t	航行中の船舶は津波防護施設、取水機能を有する安全設備等に対する漂流物となる可能性が否定できないため、次フローで評価する	B以外
					約120隻	10t		
				小黒飯地区	約15隻	10t		
①-2	輸送船	船舶	停泊・航行	内浦港	1隻	5000t未満	取水路から十分離れて位置する内浦港に、輸送船が停泊する可能性があるが、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。 ・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 3-1-9 表 当該施設・設備等の津波防護施設、取水機能を有する安全設備等  
に対する漂流物となる可能性の評価結果（発電所構内）

--

c. 津波防護施設、取水機能を有する安全設備等の取水性への影響評価

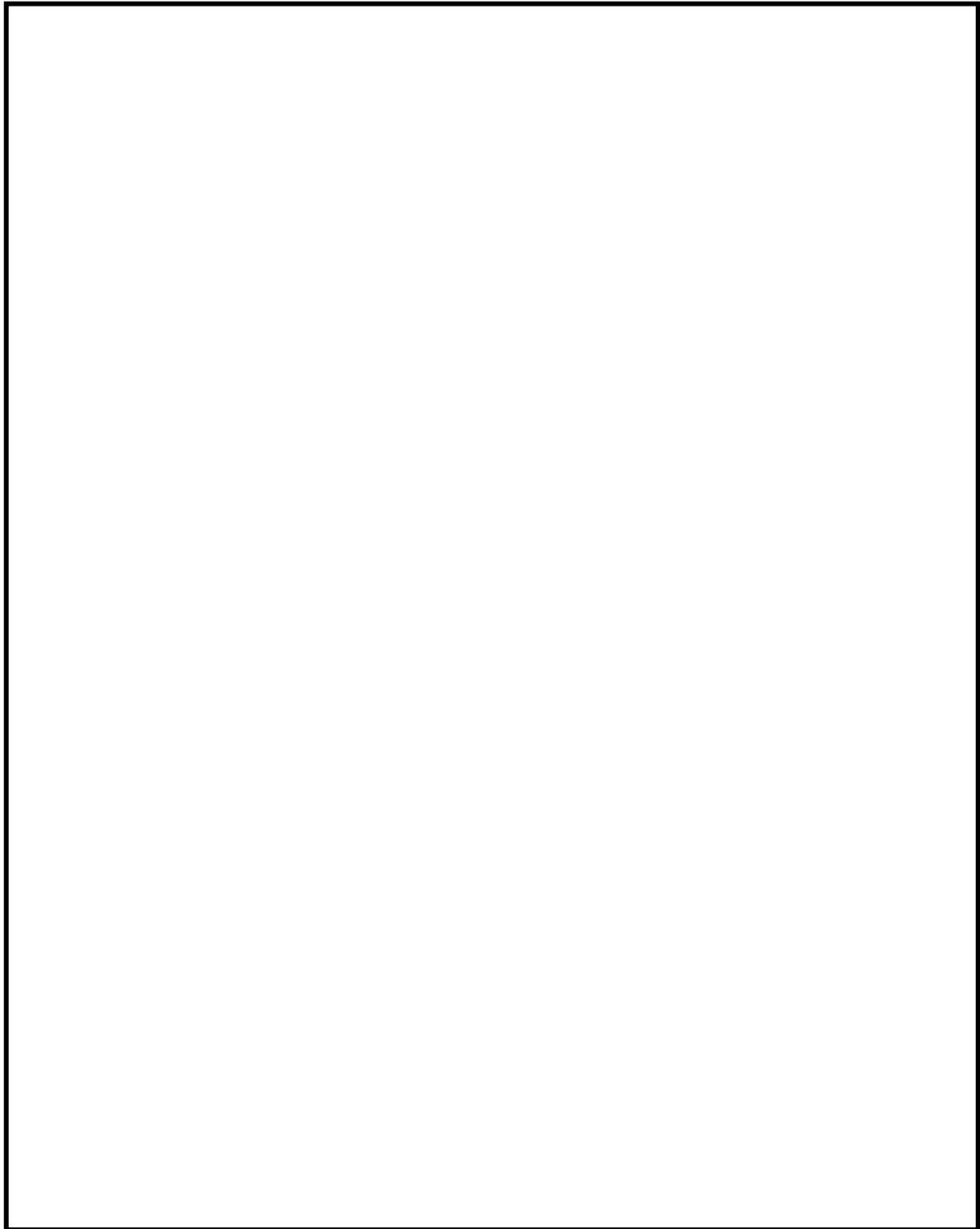
津波防護施設への影響については、「3. 施設・設備の設計・評価の方針及び条件」にて、b. により漂流物となる可能性が否定できないと評価されたもののうち、最大級の漂流物である総トン数□級（排水トン数□）の小型漁船の衝突荷重に対して津波防護施設の機能が十分保持できるよう設計していることから、漂流物による津波防護施設への影響はない。

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

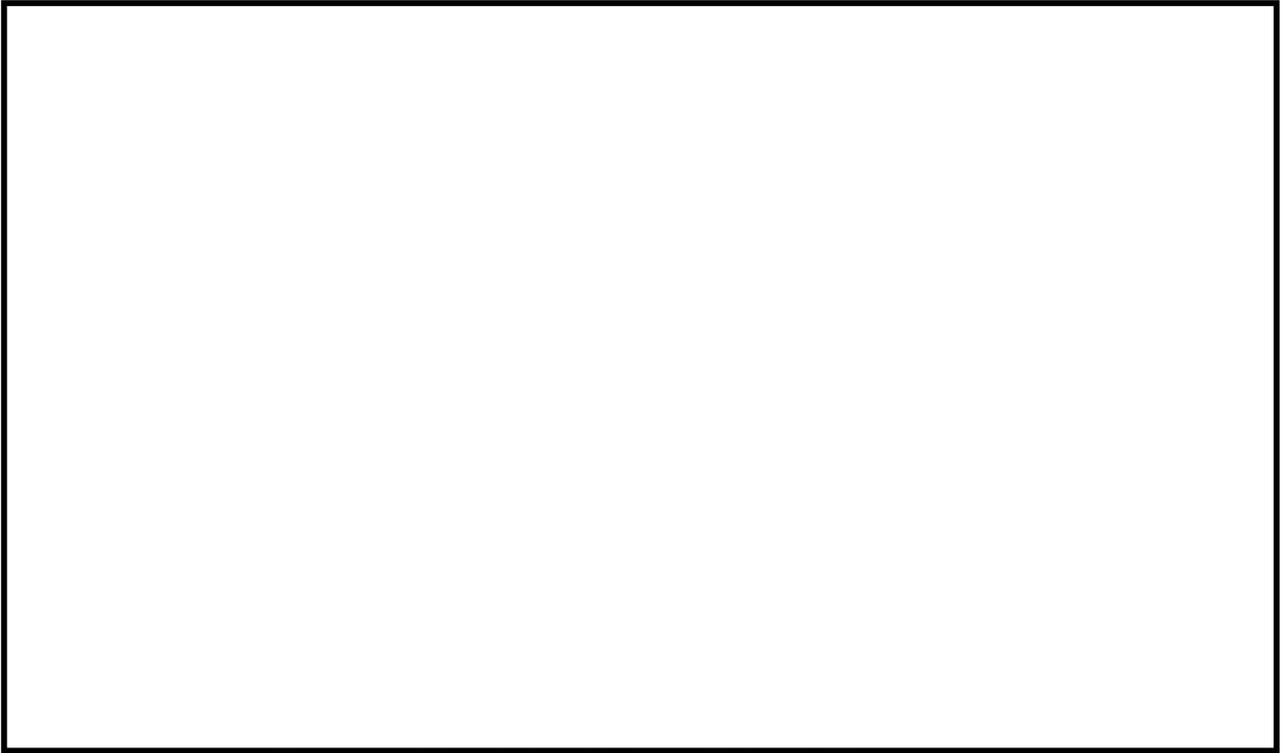
① 発電所構外における評価

①-1 船舶（漁船）

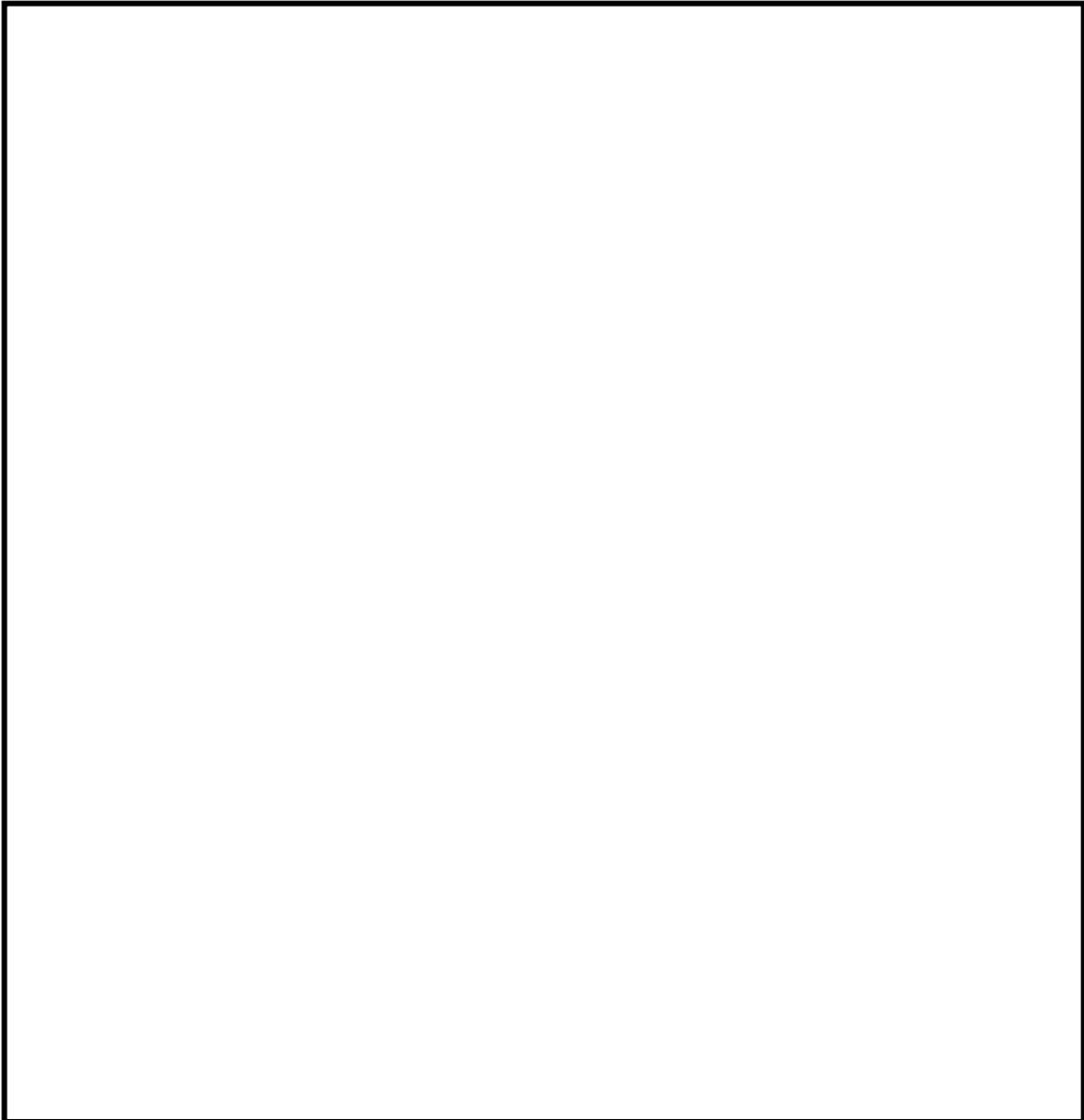
航行中に発電所取水口近傍で万一航行不能となり漂流する場合、津波の流向及び地形により漂流した場合においても、高さT.P.□の放水口側防潮堤、防潮扉並びにT.P.□の取水路防潮ゲートにより防護されるため、取水性への影響はない。また、非常用海水路呑み口前面及び海水取水トンネル前面に閉塞防止措置を設置することから、漂流物により非常用海水路呑み口及び海水取水トンネル呑み口が閉塞することはない（第3-1-30図～第3-1-32図）。なお、閉塞防止措置については、非常用海水路の通水機能に影響のない設計とすることとし、総トン数□級（排水トン数□）の小型漁船の衝突力、津波波力、基準地震動 $S_s$ に対する機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



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



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



第 3-1-32 図 漂流物による閉塞防止措置

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

<非常用海水路>

非常用海水路呑み口付近から閉塞防止措置を通り抜けるところで、①断面急縮による損失が発生し、その後、非常用海水路呑み口に流入する時に②断面急縮による損失が発生すると仮定すると、損失  $hf$  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) =  $\square$  m<sup>2</sup>とする。  
 $hf = (\square + \square) \times \square \div (\square \times \square) = \square$   
 →  $\square$  以下と非常に軽微であり、海水取水トンネルの通水性に影響はない。

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

### ①-2 浮き筏

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

## ② 発電所構内における評価

### ②-1 鉄骨造建屋

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

### ②-2 仮設資材

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

### ②-3 定置網等

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

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

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

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

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

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

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

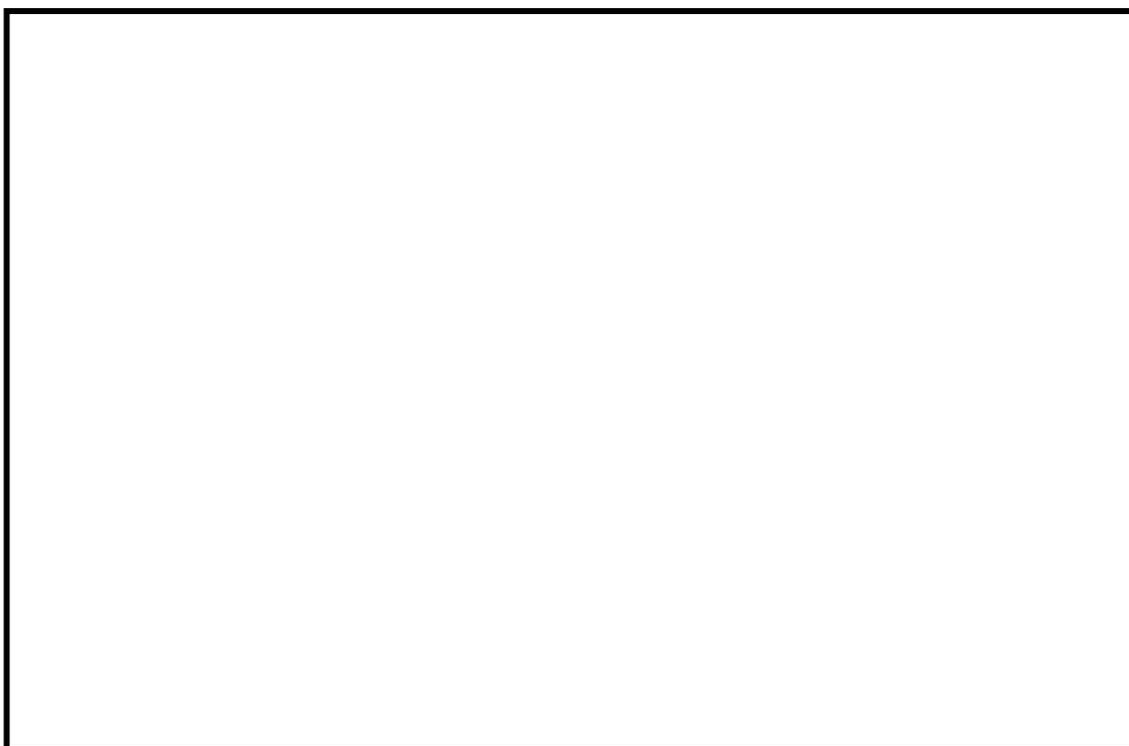
d. 取水スクリーンの破損による取水性への影響評価

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

①1号機及び2号機

【確認条件】

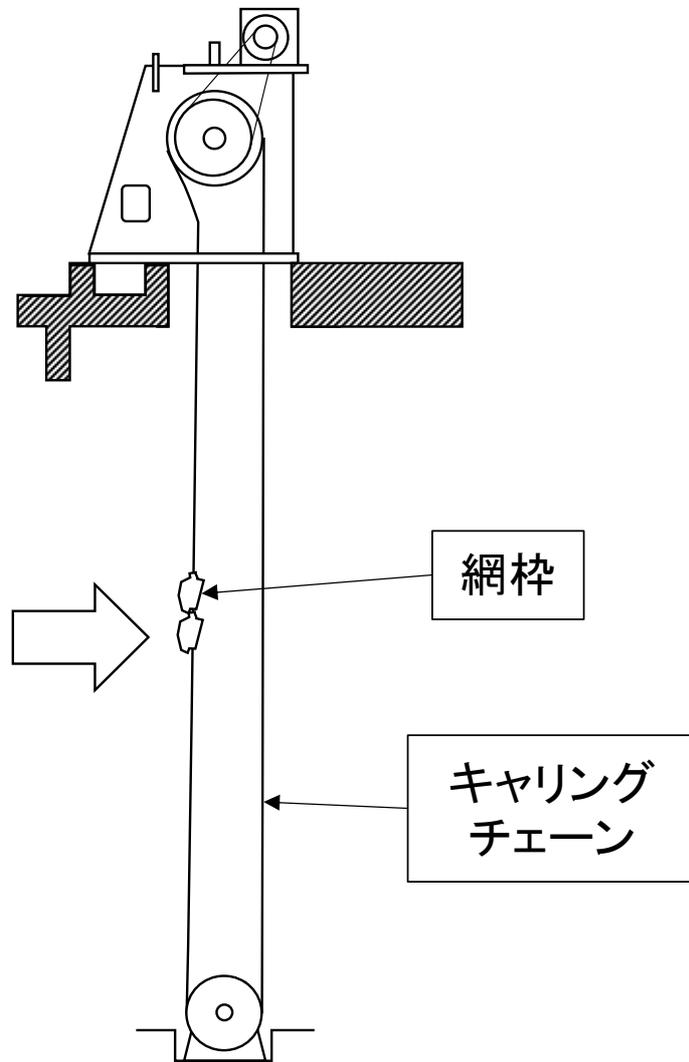
- ・津波流速:1.8m/s(1号及び2号機海水ポンプ室前面の流速分布1.3m/s未満)
- ・対象設備:ロータリースクリーン
- ・確認方法:基準津波の津波流速1.8m/sで生じる発生応力と許容値との比較



第 3-1-33 図 除塵装置概略図

第 3-1-12 表 除塵装置の取水性影響確認結果

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



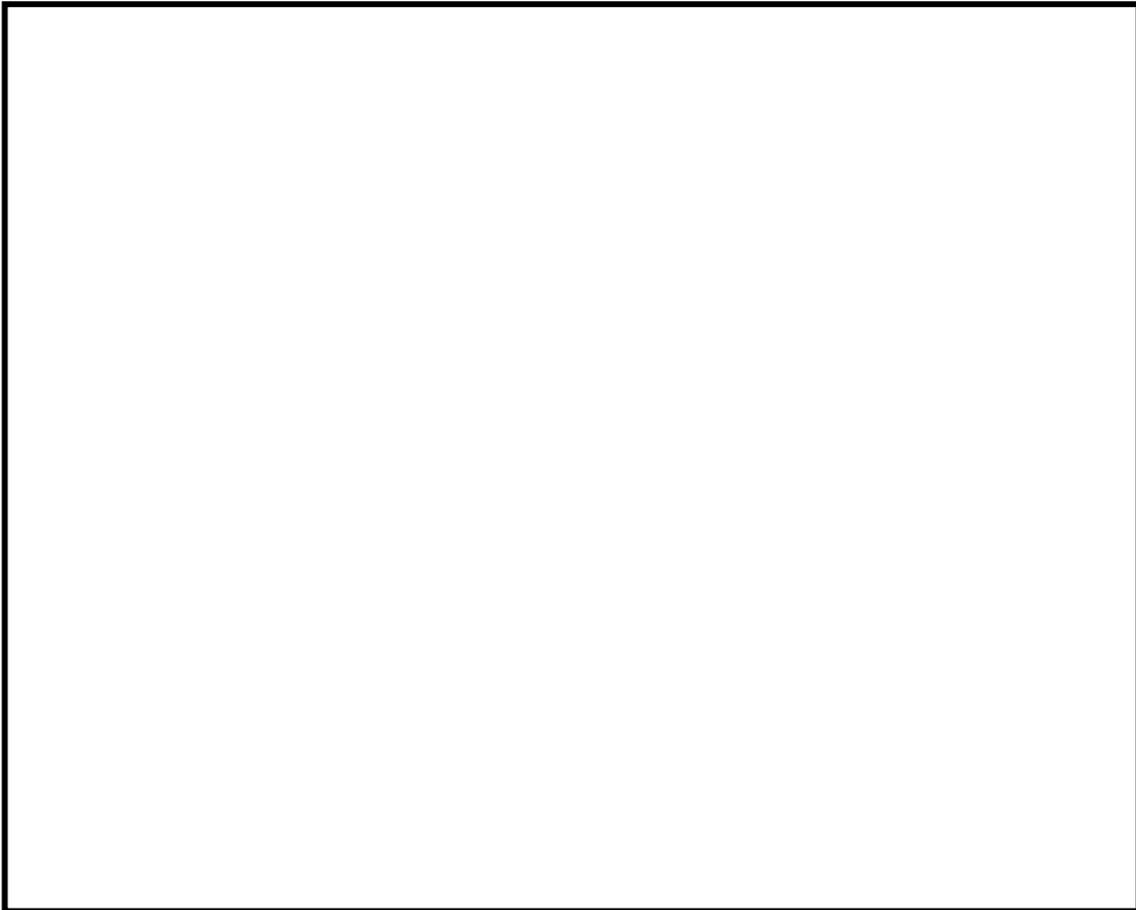
ロータリースクリーン

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】

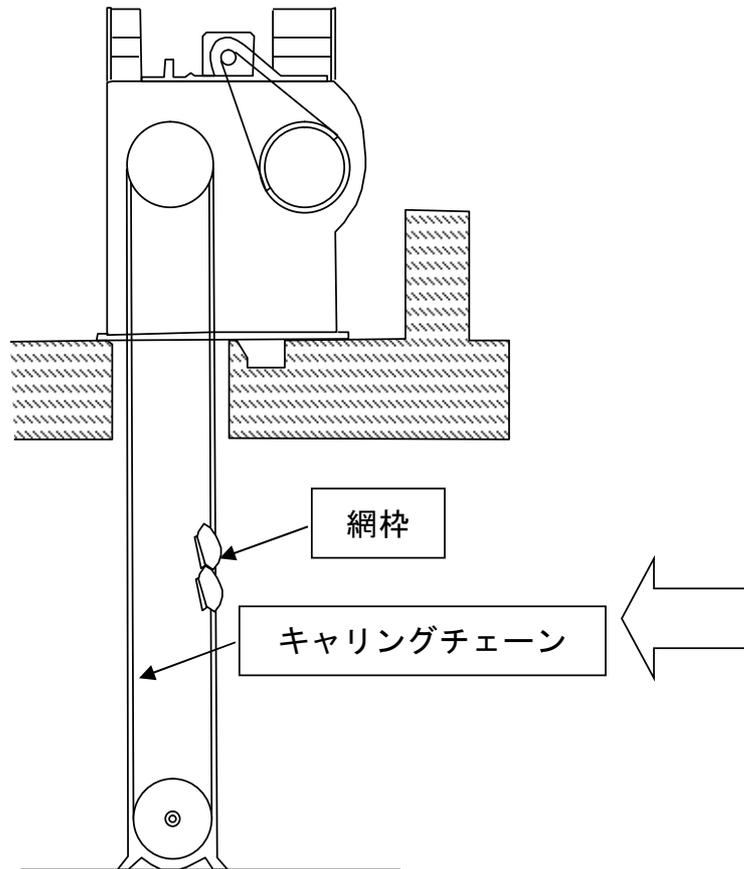
- ・津波流速：0.4m/s（3,4号機海水ポンプ室前面の流速分布0.4m/s未満）
- ・対象設備：ロータリースクリーン
- ・確認方法：設計時に各部材応力を算出し許容値との比較を行っていることから、スクリーン前後の設計水位差  に対し、基準津波の津波流速0.4m/sで生じる水位差が設計水位差以下であることを確認する。



第3-1-35 図 除塵装置概略図

第 3-1-13 表 除塵装置の取水性影響確認結果

設 備	部 材	流速 0.4m/s 時の 水位差	参 考 発生値/許容値 (設計水位差 1.5m ベース)
ロータリー スクリーン	キャリング チェーン	0.17m ≤ <input type="text"/>	24kN/ <input type="text"/> (張力/破壊強度)
	網枠	0.17m ≤ <input type="text"/>	81N/mm <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 3-1-14 表及び第 3-1-15 表)

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

施設・設備等	種類	状況	場所	数量	重量 (概数)	フロー 結果
漁船	船舶	停泊・航行	内浦港	1 隻	10t	B
				約 120 隻	10t	C
			小黒飯地区	約 15 隻	10t	B
			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	駐車・走行	上瀬地区	多数	—	B
内浦港						C
浮き筏	その他	設置	内浦港	約 165 床	約 1t	

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

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

--	--

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

(6) 燃料等輸送車両に係る評価

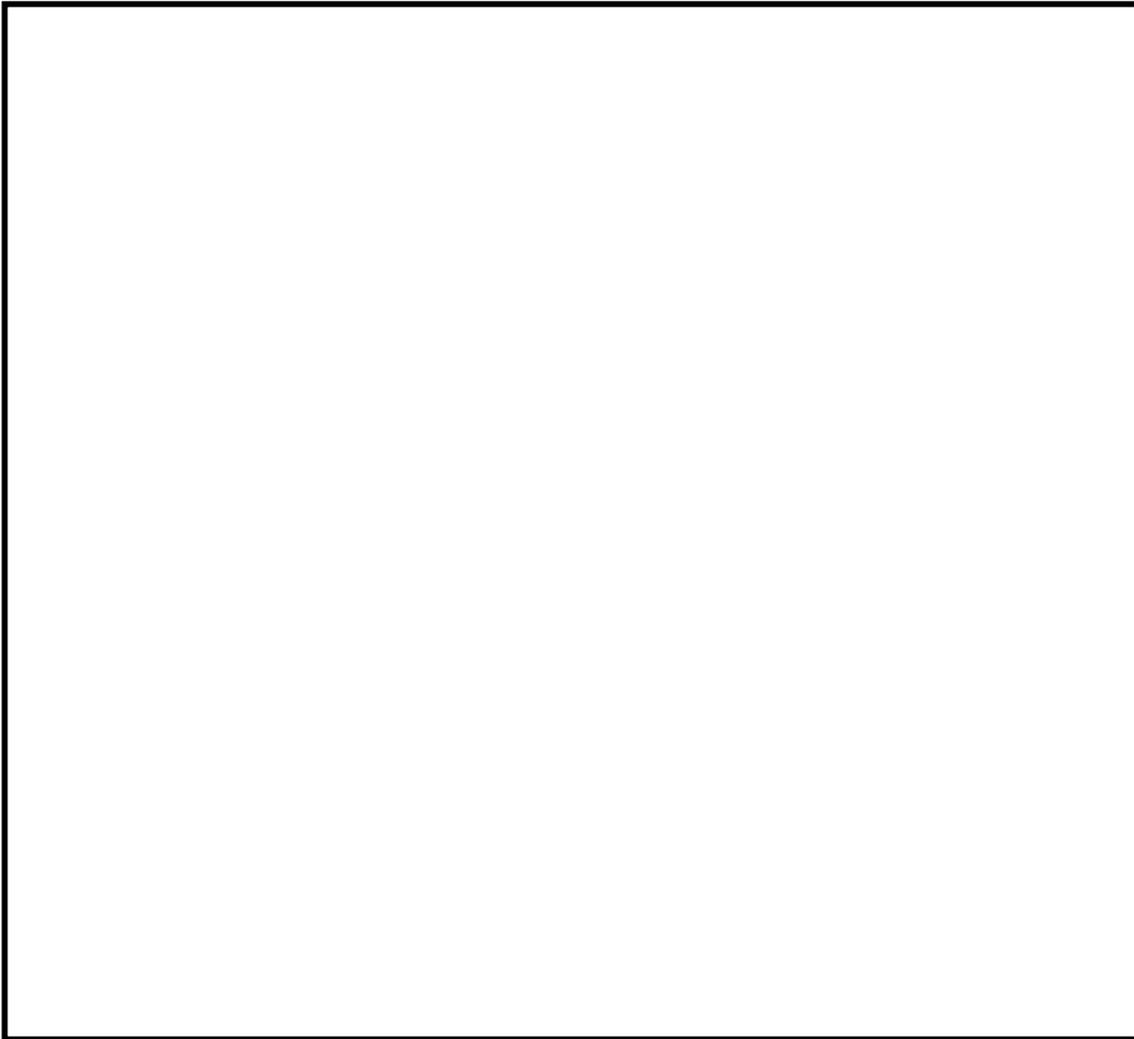
燃料等輸送船による輸送時の、陸側にある輸送物及び輸送車両の漂流物評価について以下の通り示す。

a. 浮力に対する評価

(a) 燃料輸送

① 使用済燃料輸送容器

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



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

第 3-1-37 図 体積計算に用いた使用済燃料輸送容器の模式図

第 3-1-16 表 輸送容器総重量

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

【評価結果】

・重量

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

・体積

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

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

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

・浮力

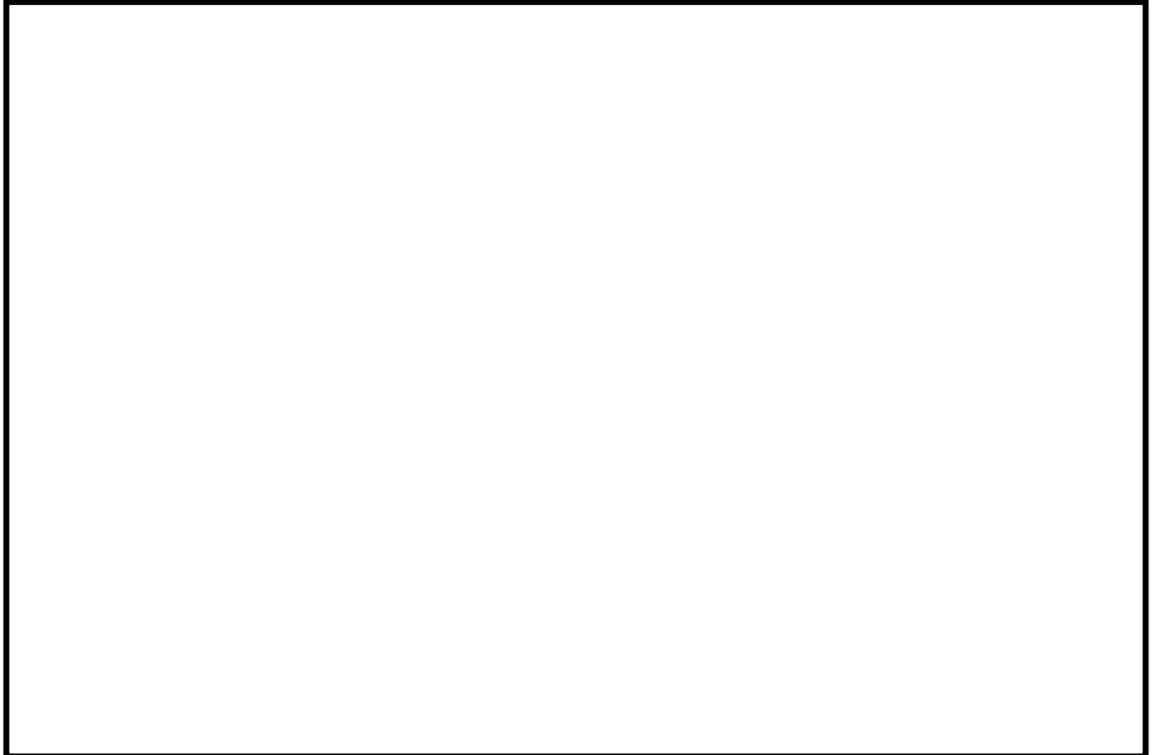
$$\rho \cdot V = 1.03^{*} \times 31.421 = 32.4 \text{ [tf]} \text{ (小数点第 2 位切り上げ)}$$

※：海水の比重を 1.03 t/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。



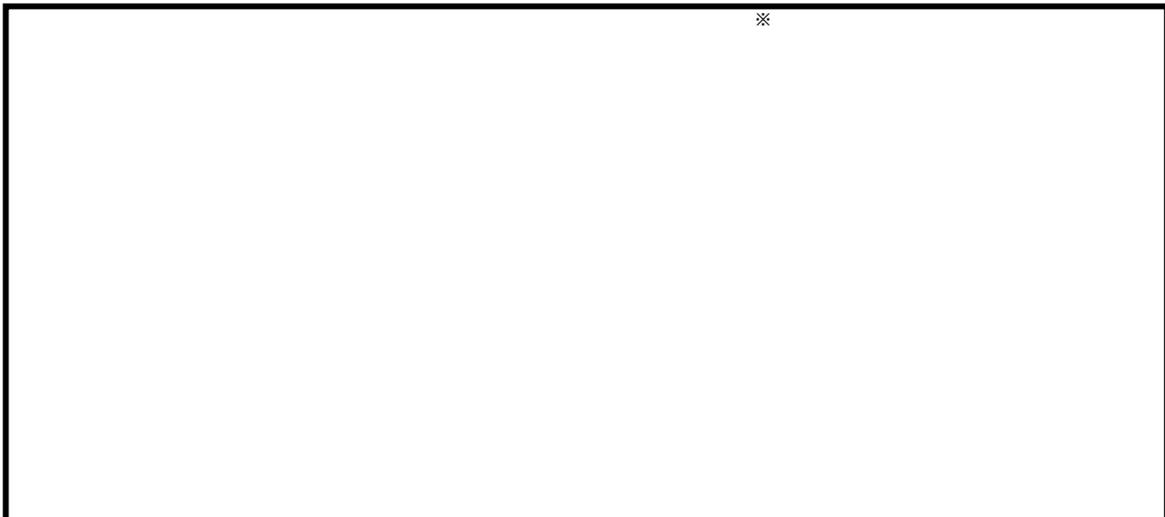
第 3-1-38 図 体積計算に用いた使用済燃料輸送車両の模式図

【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

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

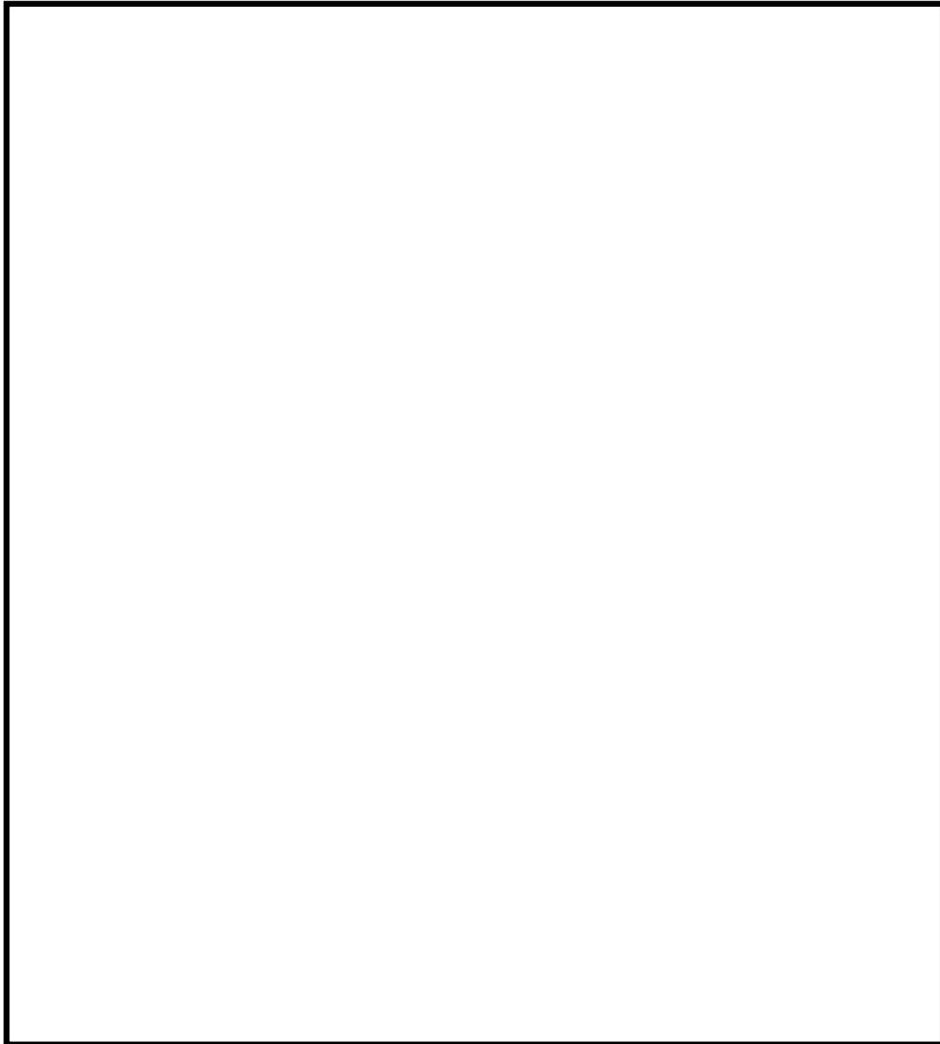
※：海水の比重を 1.03 t/m<sup>3</sup> とした

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 3-1-17 表に輸送容器重量を示す。



第 3-1-39 図 体積計算に用いた LLW 輸送容器の模式図

第 3-1-17 表 LLW 輸送容器質量及び寸法

--

【評価結果】

・重量

表 2 より、1.2 tf と設定。

・体積

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

・浮力

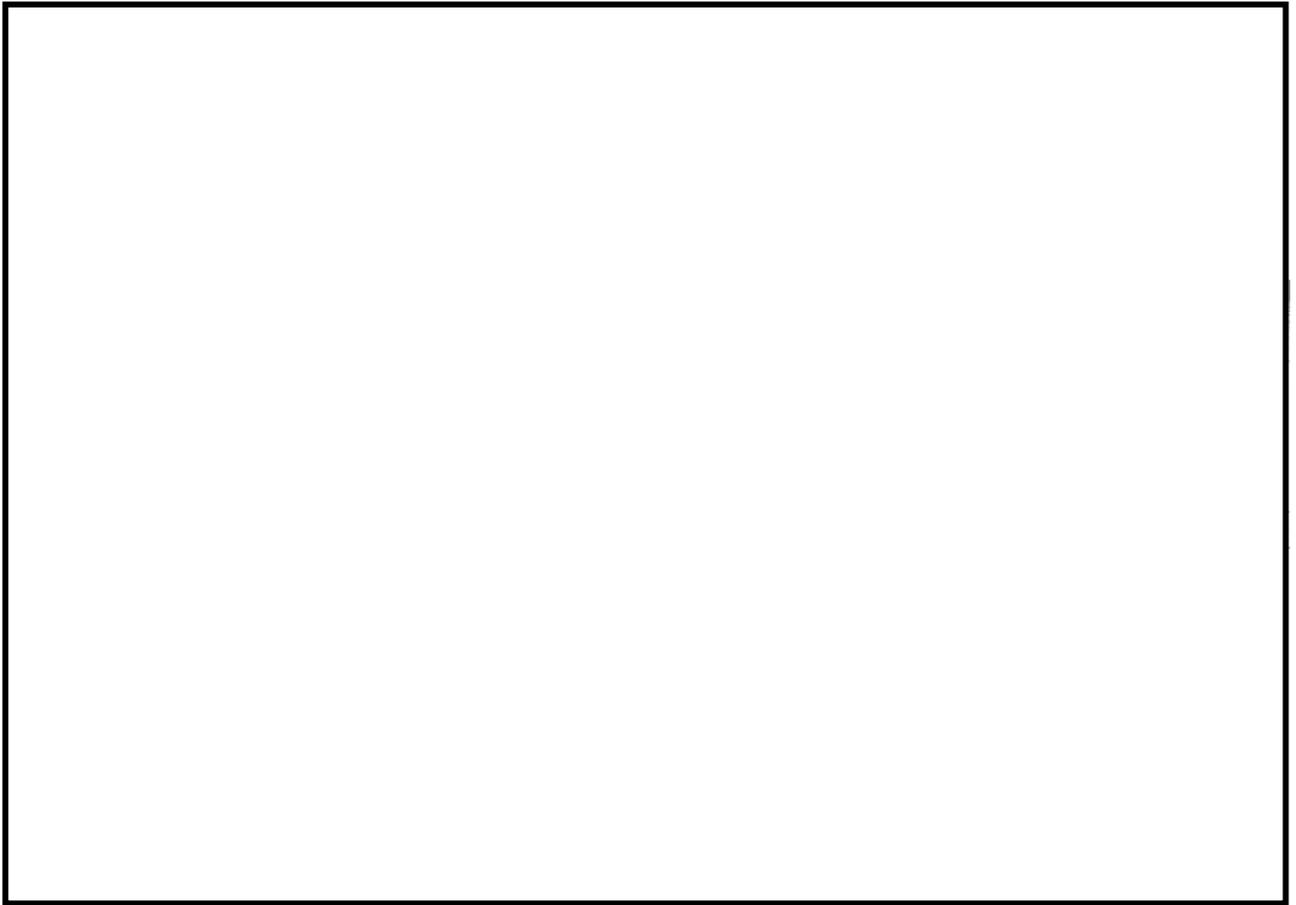
$$\rho \cdot V = 1.03^{*} \times 5.632 = 5.9 \text{ [tf]} \text{ (小数点第 2 位切り上げ)}$$

※：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

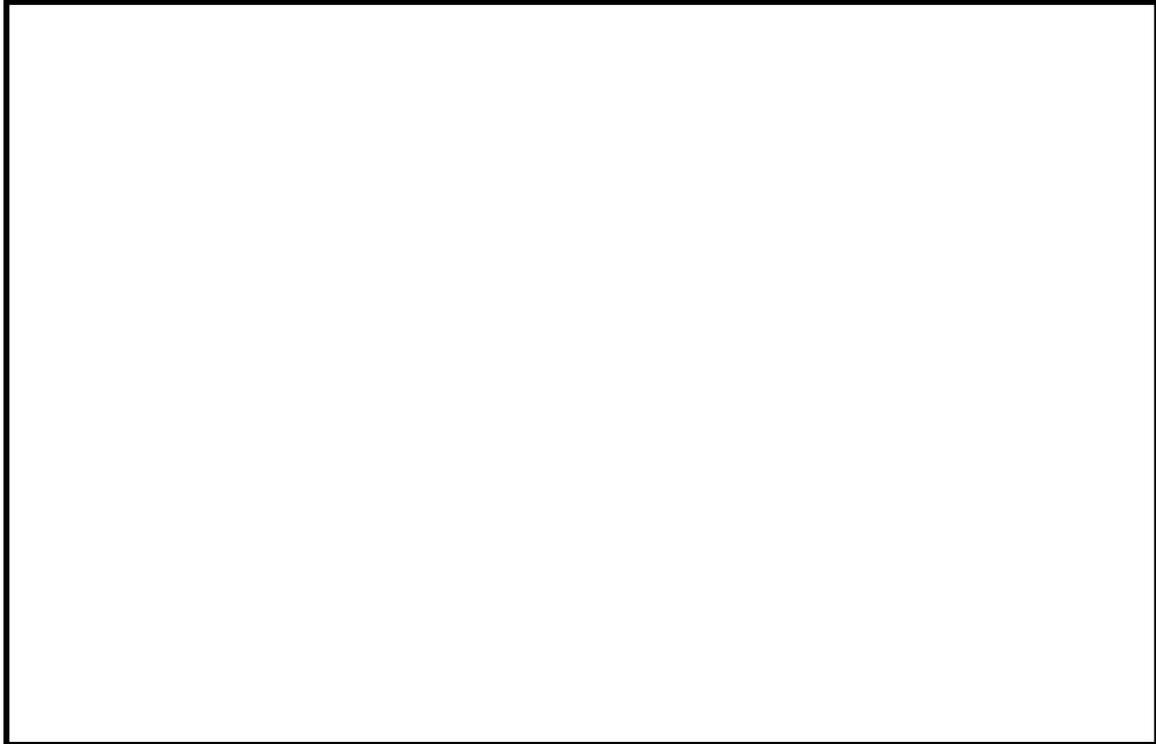
LLW 輸送容器の輸送に使用するトラックを評価対象とする。体積については、第 3-1-40 図のように LLW 輸送車両を構成する部位を 9 つに分割して体積を求め、これらの積算により算出した。なお、キャビンについては、窓を開ける運用とし、気密性がないため体積には加えない。



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

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

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



第 3-1-41 図 LLW 輸送容器等の積載・固縛方法

b. 滑動に対する評価

(a) 評価内容

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

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

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

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

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

$M_d$  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が安定流速以下であることを確認する。津波シミュレーションによる流速が安定流速を上回る場合には、上回る継続時間を確認し滑動の移動距離を評価することを検討した。安定流速は以下の式により算出される。

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

$M$  輸送車両等の質量(t)

$U_{ds}$  安定流速(m/s)

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

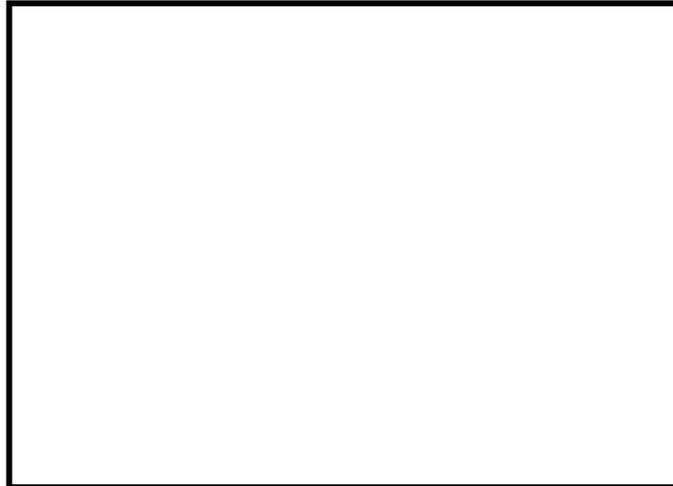
	単位	燃料 輸送容器	燃料 輸送車両	LLW 輸送車両*	備考
$M$	t	67.6	3.6	1.9	
$\rho_r$	t/m <sup>3</sup>	7.8	7.8	7.8	車両(炭素鋼)の密度： 7.8t/m <sup>3</sup>
$g$	m/s <sup>2</sup>	9.80665	9.80665	9.80665	機械工学便覧参照
$y_d$	—	0.86	0.86	0.86	露出した石のパラメータを使用
$S_r$	—	7.57	7.57	7.57	車両(炭素鋼)の密度： 7.8t/m <sup>3</sup> 海水の密度：1.013t/m <sup>3</sup>
$\theta$	°	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。イスバッシュ式より、重量が小さいほど安定流速は小さくなるため、輸送容器積載時の評価は包含されている。

## (2) 結論

輸送物及び輸送車両の滑動による影響は以下の通りとなる。

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



第 3-1-42 図 物揚岸壁から津波防護施設までの距離

c. 輸送物及び輸送車両の退避に対する評価

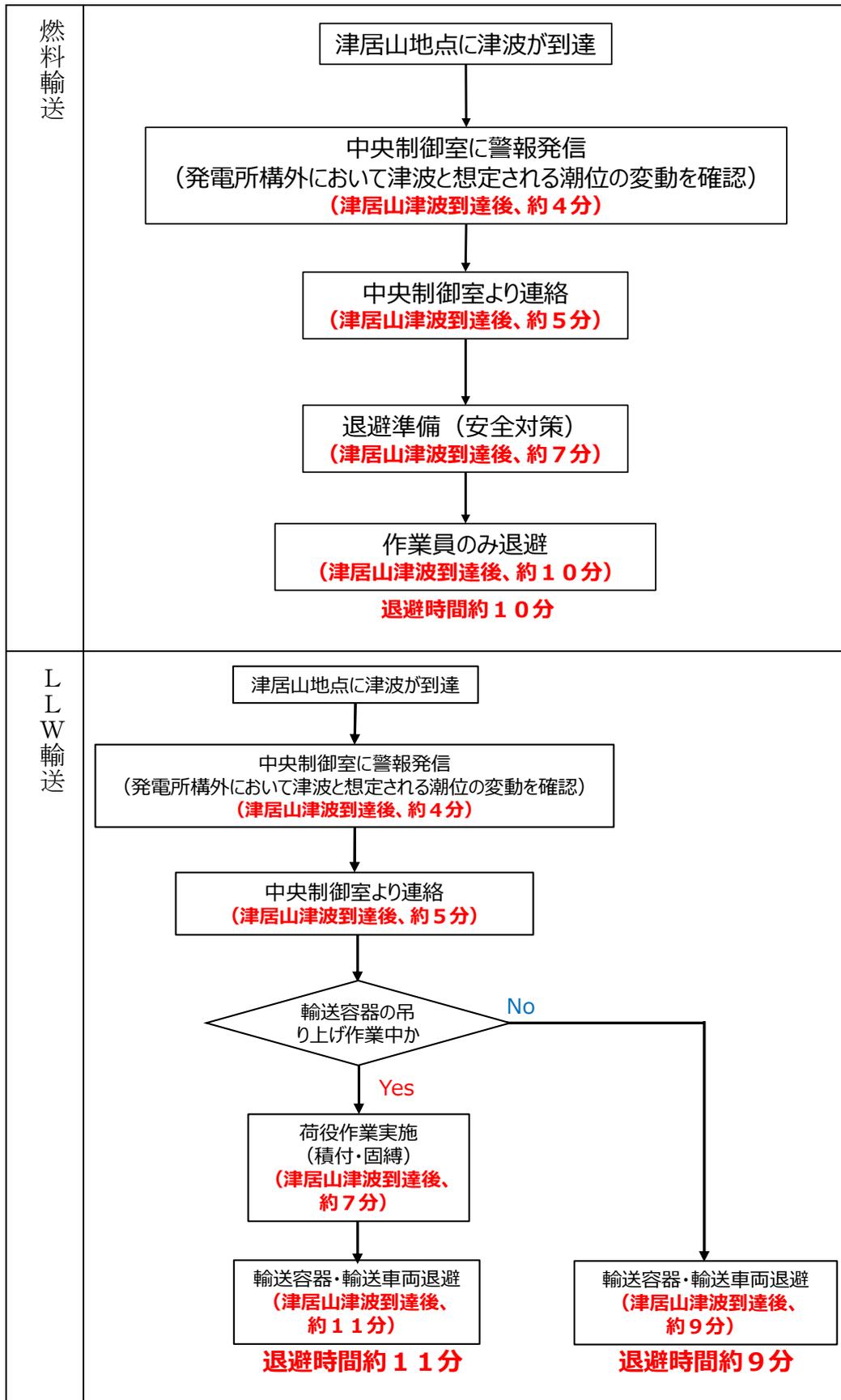
燃料等輸送船による輸送時においては、陸側にある輸送物及び輸送車両は原則として、当社敷地内の津波が到達しない場所へ退避する。第 3-1-43 図に津波警報等が発表されない津波襲来時の陸側にある輸送物の退避の考え方を、第 3-1-44 図に燃料輸送車両等の退避時間を示す。

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

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

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

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



第 3-1-43 図 陸側にある輸送物の退避の考え方

燃料輸送	時系列	
	輸送車両	
退避ルート		

0分 : 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 分間を要するため、その間は緊急退避できない可能性がある。このため、この 20 分間に襲来する早期襲来津波に対して輸送船への影響評価を実施している。また、津波警報等が発表されない可能性がある津波（海底地すべり津波）が発生した場合は、より安全性を高めるため、輸送船は緊急退避する運用としており、発電所構外において津波と想定される潮位の変動を観測した場合は 1 号及び 2 号機中央制御室並びに 3 号及び 4 号機中央制御室の当直課長からの周知（ページング）を受け緊急退避を行うが、前述と同様に輸送船が荷役中の場合は緊急退避できない可能性があることや発電所構外の観測潮位の欠測時には退避しない運用としていたことから津波連絡後 20 分以降に到達する津波も含む津波全体を対象として輸送船への影響評価を行い、係留状態が維持できることを確認する。

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

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

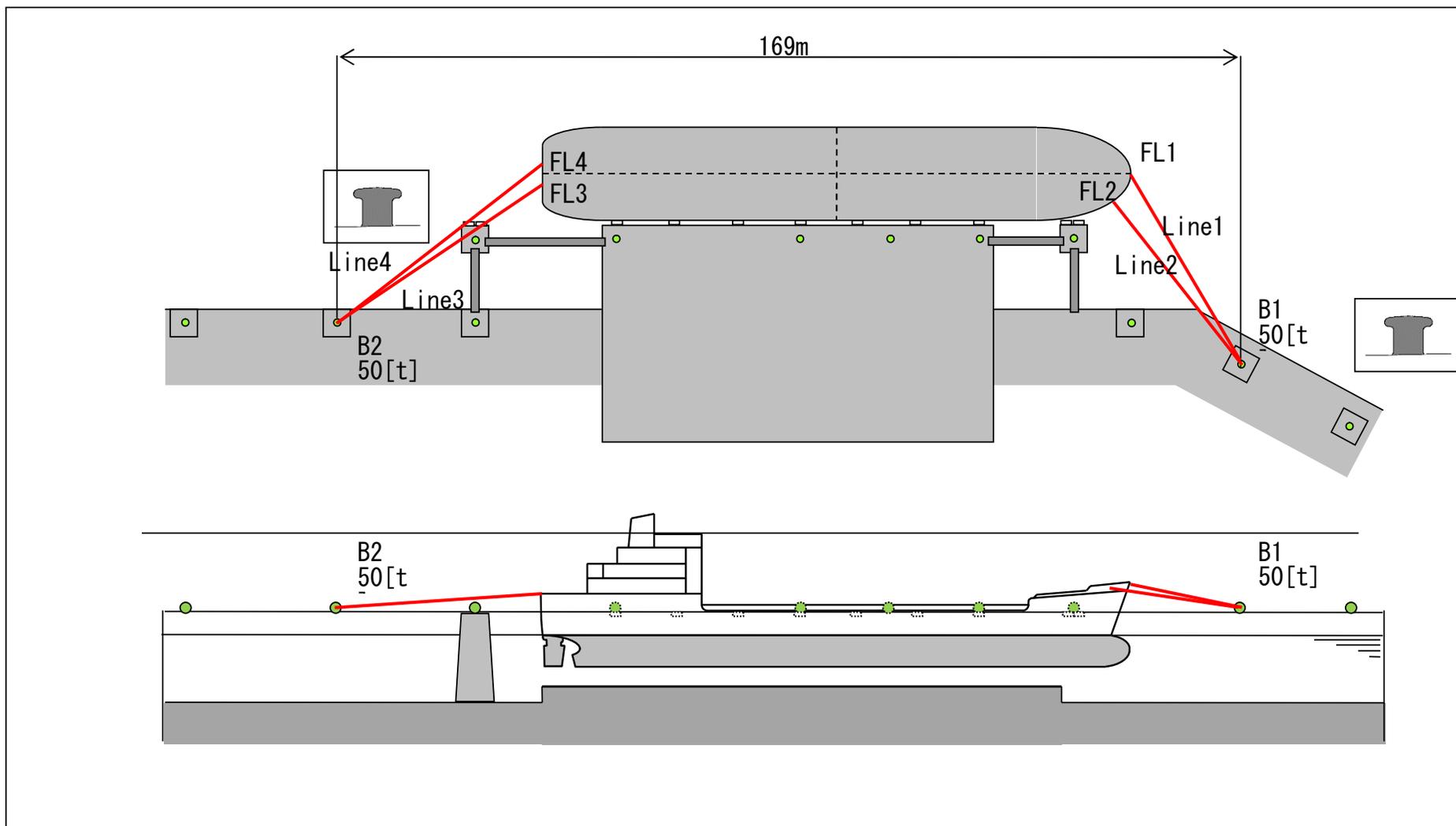
(b) 海底地すべり津波の評価

イ. 輸送船、係留索、係船柱

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

第 3-1-18 表 輸送船、係留索、係船柱の仕様

--



第3-1-45 図 輸送船、係留索、係船柱の配置\*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. 各波源モデルによる津波流速

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

【選定結果】

①最大流速（水位上昇側）：1.1[m/s]

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

(参考)

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

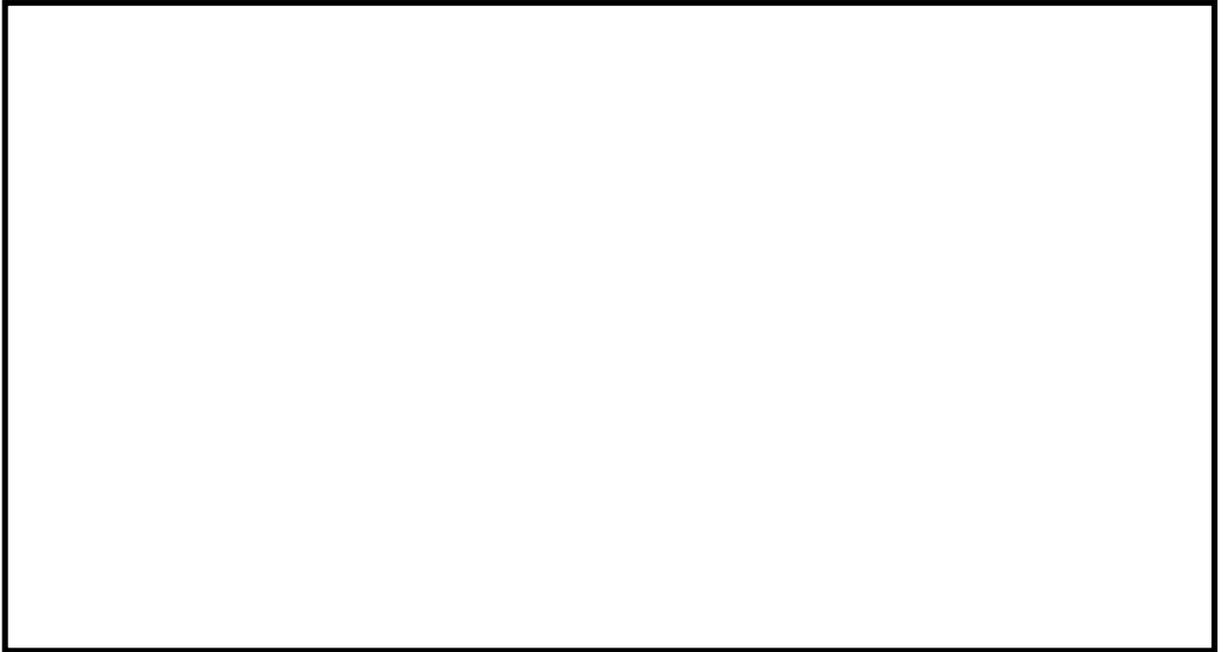
第3-1-19表 各波源モデルによる最大流速

表中の水位単位はT.P.(m)、流速単位は(m/s)

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

ハ. 最大流速の波源モデルによる波形

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



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

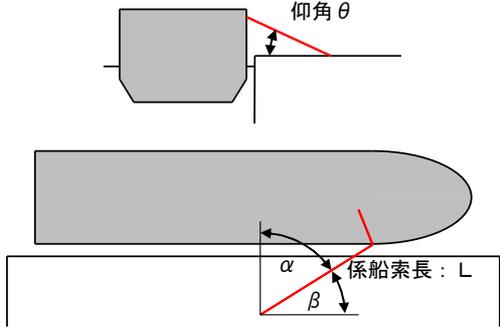


第 3-1-47 図 津波流向（イメージ）

二. 係留力

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

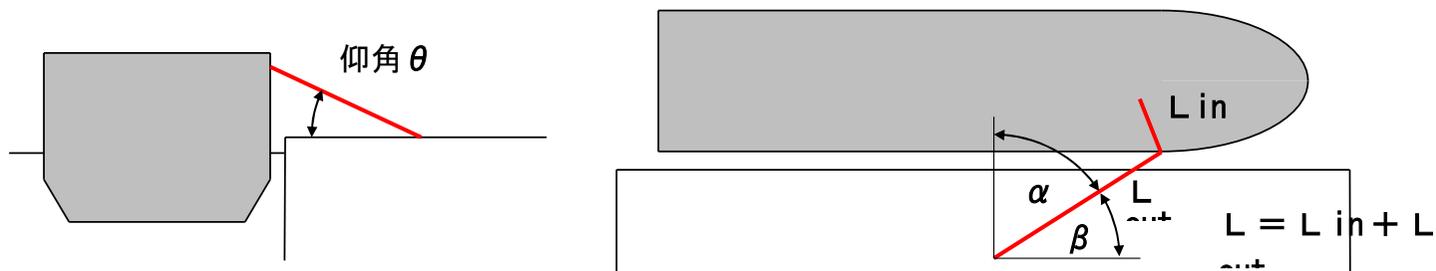
第 3-1-20 表 係留力の計算方法

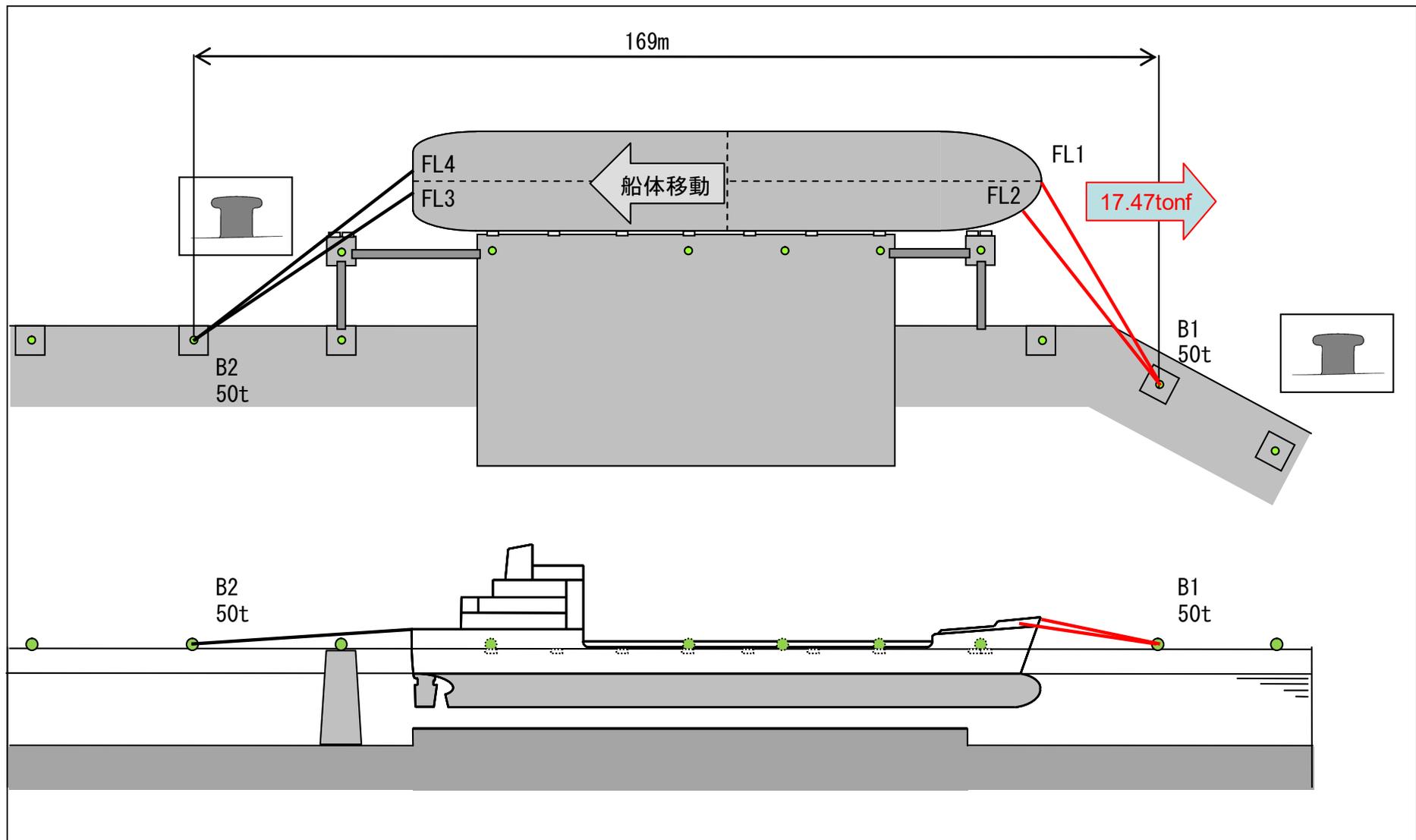
<p>【各索の係留力計算式】</p> $R_X = T \times \left( \frac{\cos^2 \beta \times \cos^2 \theta}{L} \right) \times \left( \frac{L_C}{\cos \beta_C \times \cos \theta_C} \right)$	
<p>R X : 前後係留力 [tonf] (前方は添字 f、後方は添字 a)  T : 係留索 1 本に掛けることができる最大張力 [tonf]  β : 係留索水平角 (岸壁平行線となす角度) [deg]  θ : 係留索の仰角 [deg]  L : 係留索の長さ (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

(出典：係留設備に関する指針 OCIMF 刊行)

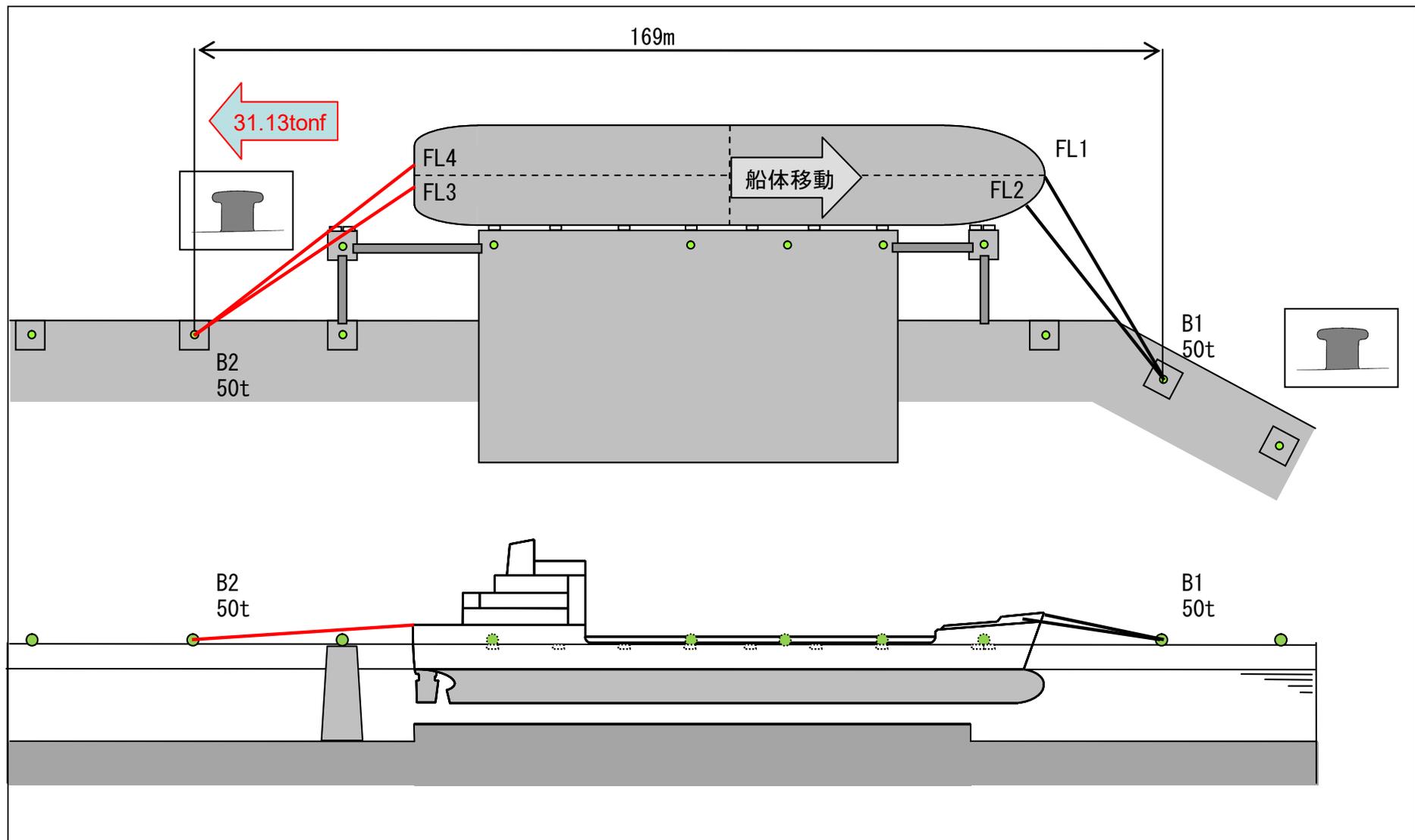
第3-1-21表 係留力（第3-1-45図）の計算結果

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

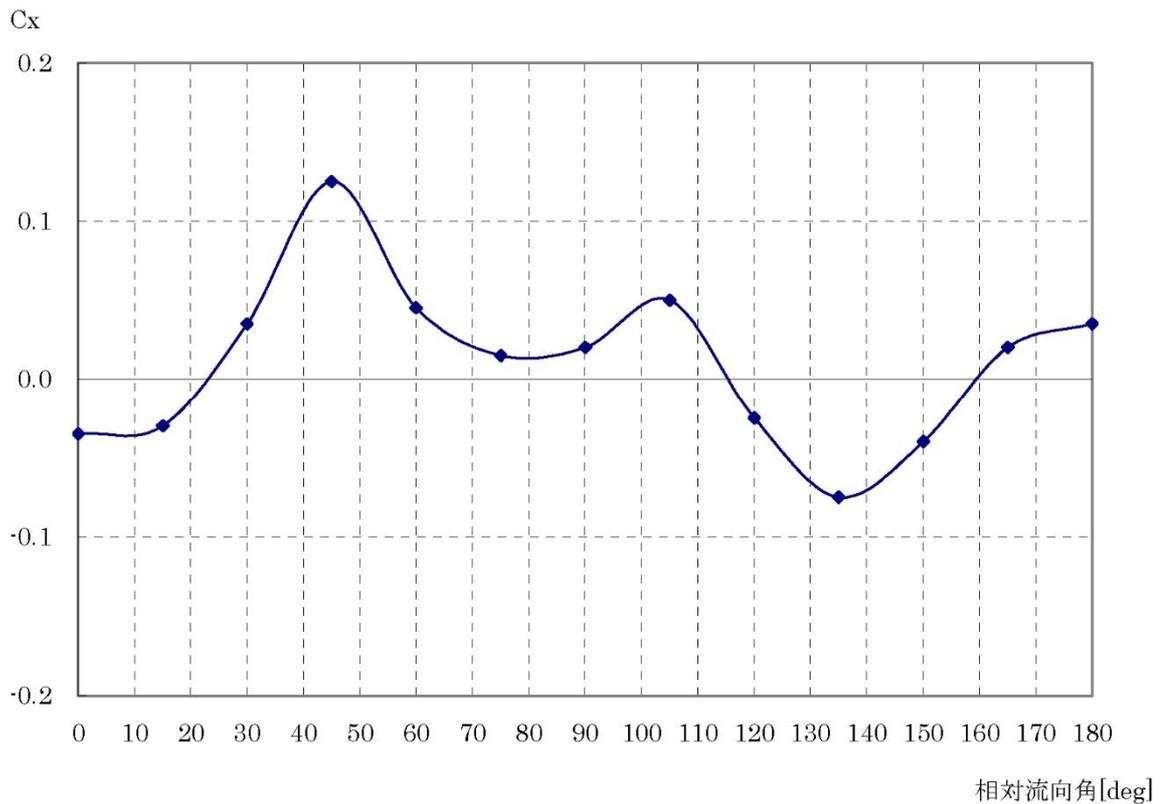
ホ. 流圧力

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

第 3-1-22 表 流圧力の計算方法

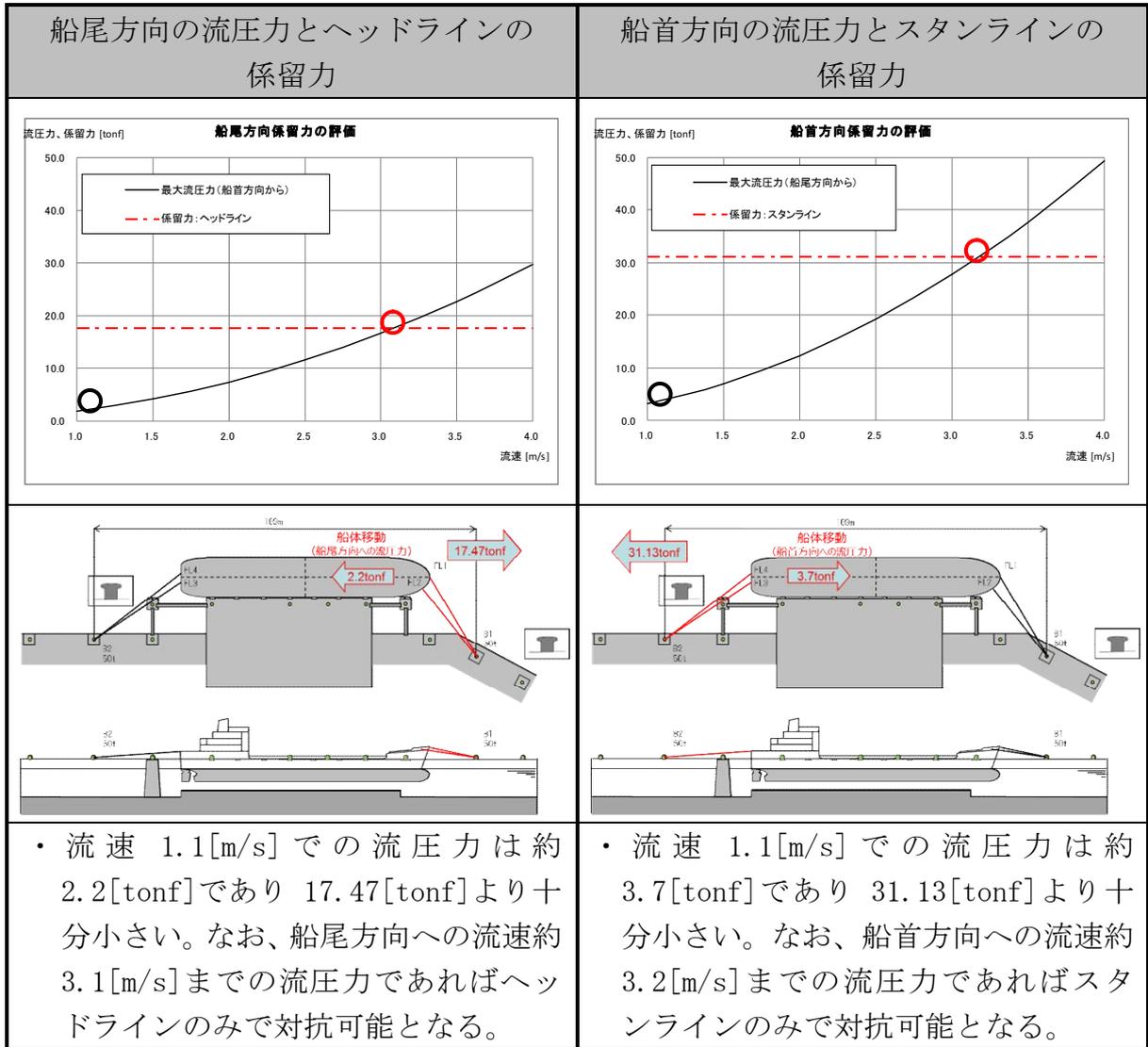
<p>【流圧力計算式】</p> $F_{Xc} = \frac{1}{2} \times C_{Xc} \times \rho_C \times V_C^2 \times L_{PP} \times d$	<p>F X c : 縦方向流圧力 [kgf]                  C X c : 縦方向流圧力係数                  V C : 流速 [m/s]                  L P P : 垂線間長 [m]                  d : 喫水 [m]                  ρ C : 水密度 [kg・sec<sup>2</sup>/m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

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

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

(参考)

荷役中に海底地すべり津波が襲来した場合に輸送船が退避できない理由

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

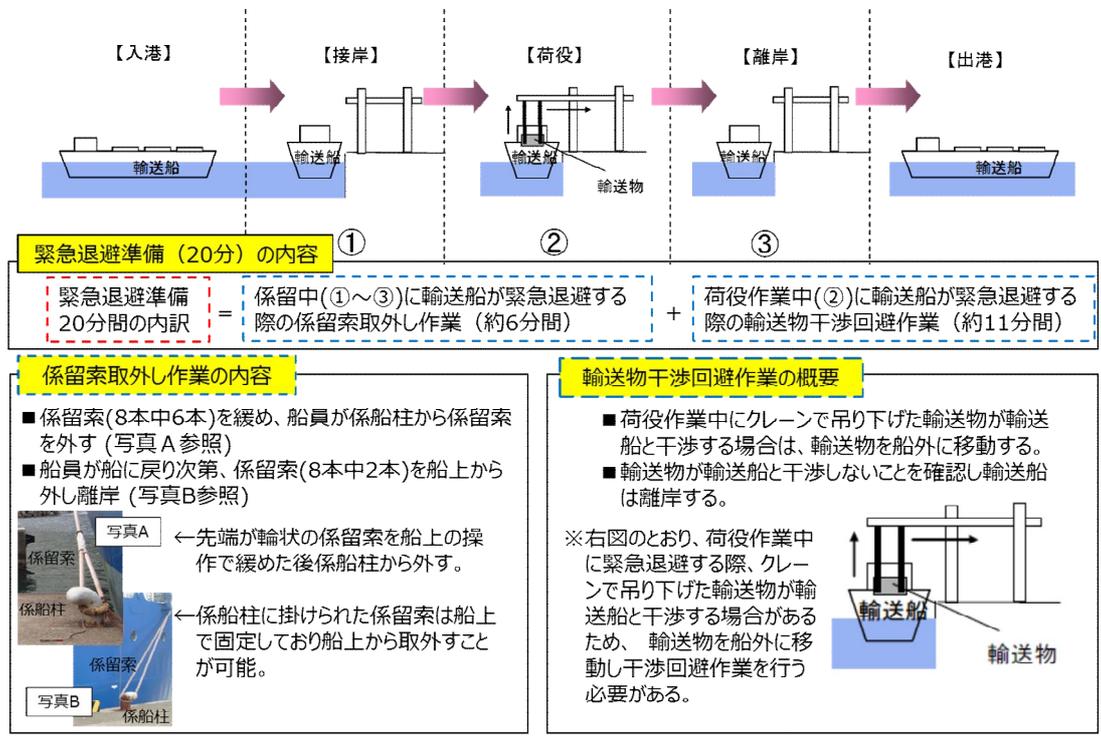
参考として、第 3-1-23 表に既許可の早期襲来津波と海底地すべり津波との比較を示す。また、第 3-1-52 図に緊急退避準備 20 分の内容と各作業の概要を示す。



第 3-1-51 図 基準津波 3 の時刻歴波形

第 3-1-23 表 既許可の早期襲来津波と海底地すべり津波との比較

	早期襲来津波	海底地すべり津波
対象津波	①陸上地すべり (No. 1, 2, 3) 津波 ②基準津波 2 (津波警報発表後、基準津波 1 より早く到達)	基準津波 3 (退避連絡後、基準津波 4 より早く到達)
第一波最高水位		
岸壁遡上時間	①約 2 分後 (津波発生後) ②約 1 1 分後 (地震発生後)	約 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 分間を要するため、その間は緊急退避できない可能性がある。このため、この 20 分間に襲来する早期襲来津波に対して輸送船への影響評価を実施している。また、津波警報等が発表されない可能性がある津波（海底地すべり津波）が発生した場合は、より安全性を高めるため、輸送船は緊急退避する運用としており、発電所構外において津波と想定される潮位の変動を観測した場合は、1号及び2号機中央制御室並びに3号及び4号機中央制御室の当直課長からの周知（ページング）を受け緊急退避を行うが、前述と同様に輸送船が荷役中の場合は緊急退避できない可能性があることや発電所構外の観測潮位の欠測時には退避しない運用としていることから津波連絡後 20 分以降に到達する津波も含む津波全体を対象として輸送船への影響評価を行い、岸壁に乗り上がらないことや航行不能となり漂流物にならないことを確認する。

(b) 海底地すべり津波の評価

イ. 各波源モデルによる最高水位および最低水位

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

第 3-1-24 表 各波源モデルによる最高水位および最低水位

表中の水位単位はT.P.(m)、流速単位は(m/s)

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

【選定結果】

①最高水位：T.P.  [m]

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

（参考）

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

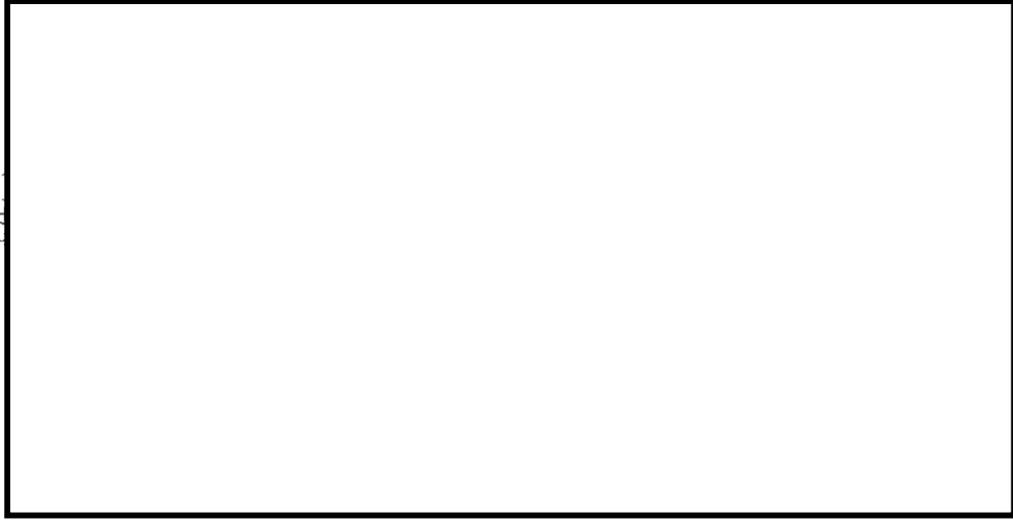
②最低水位：T.P.  [m]

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

ロ. 選定した波源モデルの波形

第 3-1-53 図～第 3-1-55 図に波源モデルによる最高水位、最低

水位および最大流速を示す。



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



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



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

ハ. 係留時の輸送船評価

①最高水位における輸送船の評価（係留時）

最高水位と輸送船の喫水高さの関係を第 3-1-56 図に示す。

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

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

※ 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。

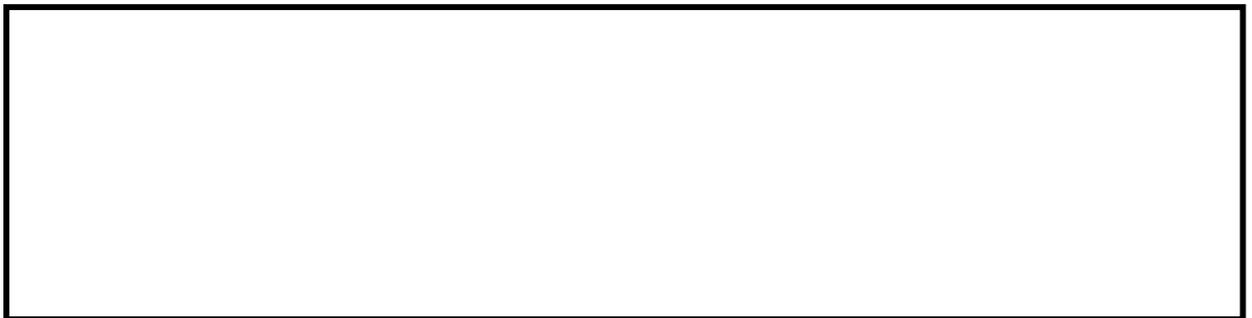
## ②最低水位における輸送船の評価（係留時）

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。

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

※ 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。

## 二. 係留時以外の輸送船評価

### ①最低水位における輸送船の評価 (係留時以外)

最低水位と輸送船の喫水高さの関係を第 3-1-58 図に示す。

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

$$\left( \begin{array}{l} \cdot \text{最低水位解析値} : \text{T.P. } \boxed{\phantom{000}} \text{ [m]}^* \\ \cdot \text{潮位のバラツキ} : \boxed{\phantom{000}} \text{ [m]} \\ \hline \text{評価用の最低水位} : \text{T.P. } \boxed{\phantom{000}} \text{ [m]} \end{array} \right)$$

※ 朔望平均干潮位 T.P.  [m] を考慮



第 3-1-58 図 係留時以外における最低水位と輸送船の喫水高さ

### 【評価】

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

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

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

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

(c) まとめ

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

(参考)

### 燃料等輸送船の着底時の転覆の可能性について

a. 概要

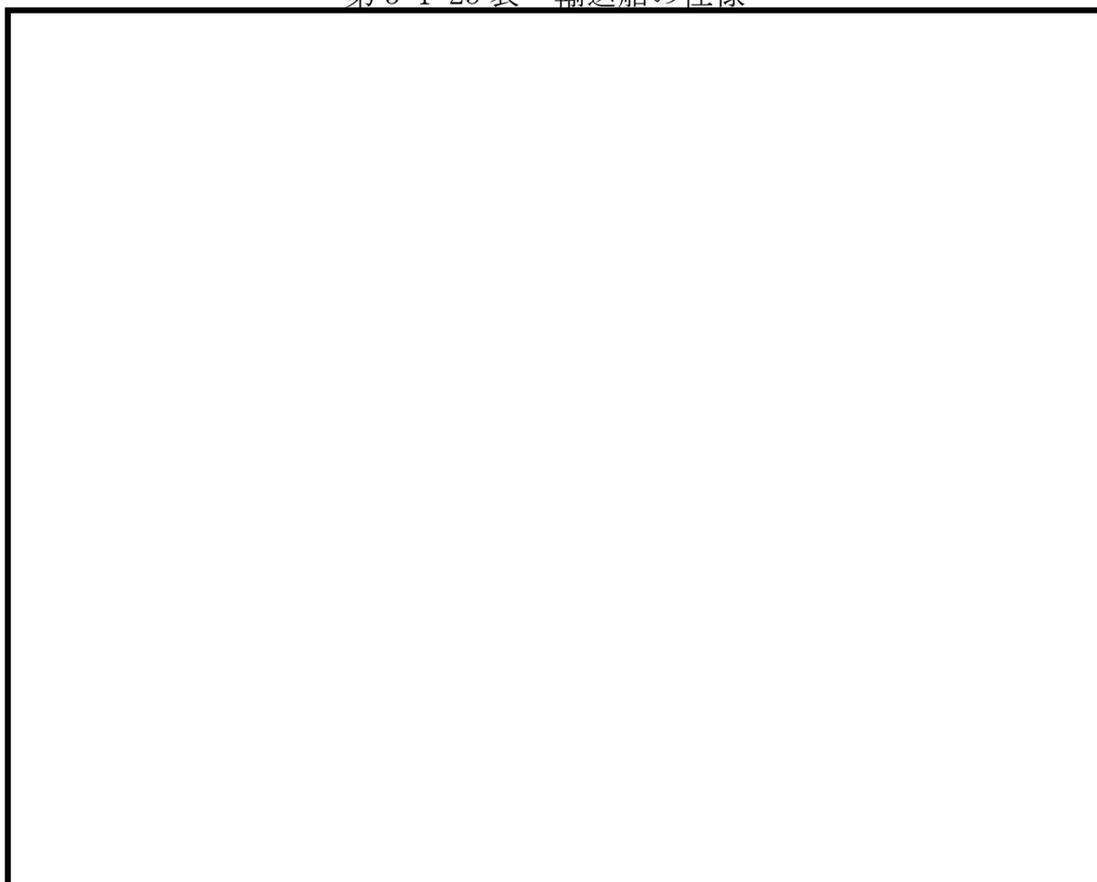
燃料等輸送船（以下「輸送船」という。）の物揚岸壁における停泊中および港湾内で緊急退避中に引き波により着底することを想定し、その際の転覆の可能性について評価する。

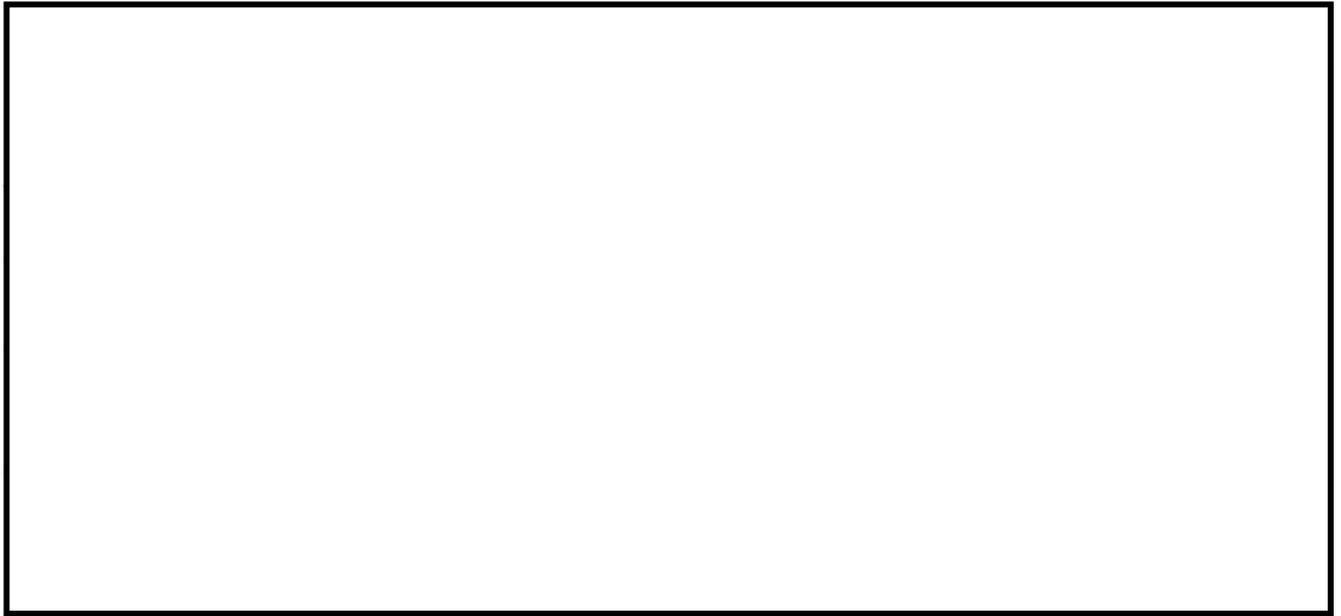
b. 評価条件

(a) 輸送船の仕様・形状

輸送船の仕様を第 3-1-25 表に、外形図を第 3-1-59 図に示す。

第 3-1-25 表 輸送船の仕様





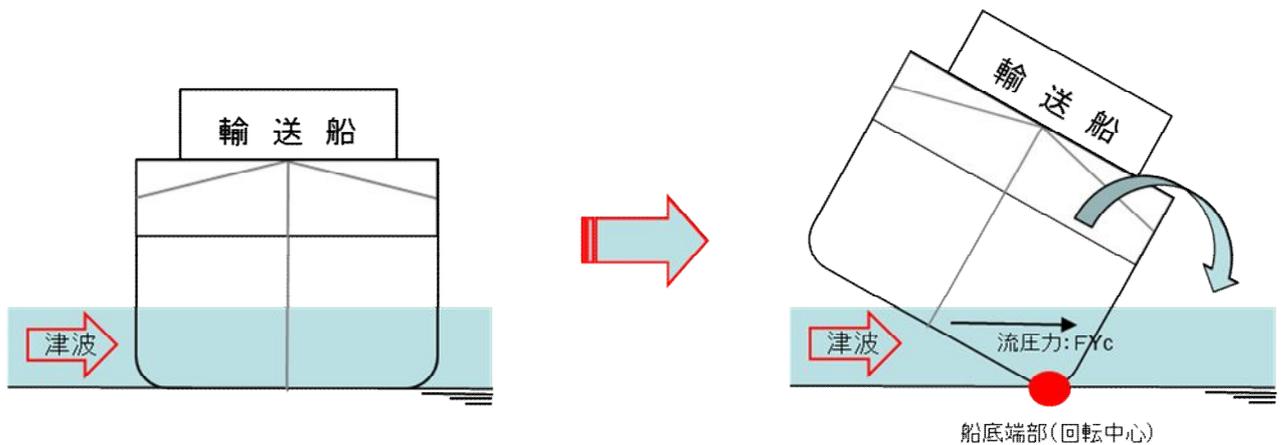
(側面・上面)

(正面)

第 3-1-59 図 輸送船外形図

(b) 転覆モード

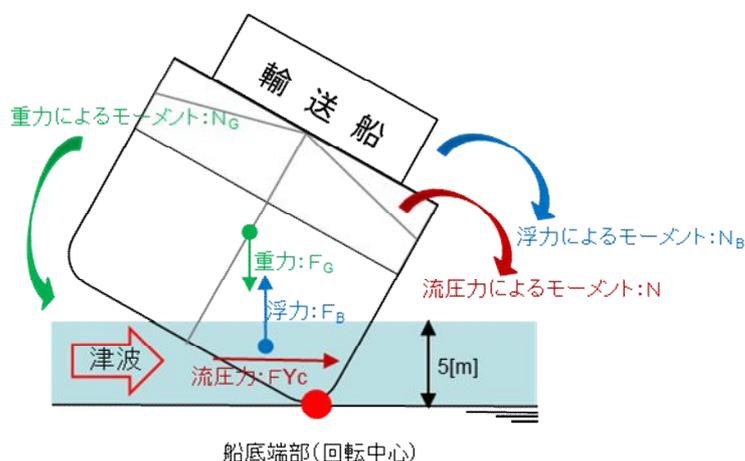
一般の船舶の場合、丸型やV型の船底を有しているものがあるが、輸送船は第 3-1-59 図に示すとおり、断面形状が扁平であり船底が平底型である。このため、引き波により着底した場合にも傾くことなく安定していると考えられるが、ここでは保守的に、第 3-1-60 図に示すように輸送船が津波を受けた際に船底の端部が海底に引っ掛かり、船底端部周りに回転する状況を想定し、転覆可能性の評価を行うものとする。



第 3-1-60 図 想定転覆モード

(c) 転覆評価

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



第 3-1-61 図 輸送船に働く力とモーメント

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

重心位置が回転中心の鉛直線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3-1-26表に示す方法で計算する。

第3-1-26表 横方向流圧力の計算方法

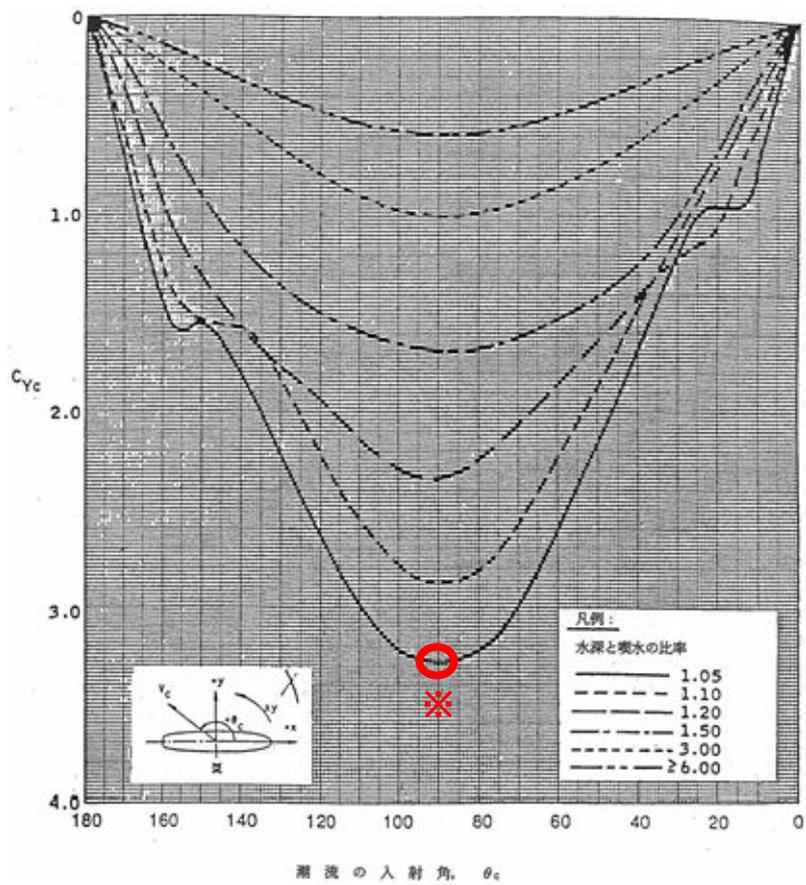
<p>【流圧力計算式】</p> $F_{YC} = \frac{1}{2} \times C_{YC} \times \rho_c \times V_c^2 \times L_{PP} \times d$	<p>F<sub>YC</sub> : 横方向流圧力 [kgf]</p> <p>C<sub>YC</sub> : 横方向流圧力係数</p> <p>V<sub>c</sub> : 流速 [m/s]</p> <p>L<sub>PP</sub> : 垂線間長 [m]</p> <p>d : 喫水 [m]</p> <p>ρ<sub>c</sub> : 水密度 [kg・sec<sup>2</sup>/m<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3-1-26表により  $F_{YC}$  は以下のとおりとなる。

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

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] ( $\doteq 1,700$ )

$X$  (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) 一般車両（燃料輸送車両及び LLW 輸送車両以外の車両）の退避

a. はじめに

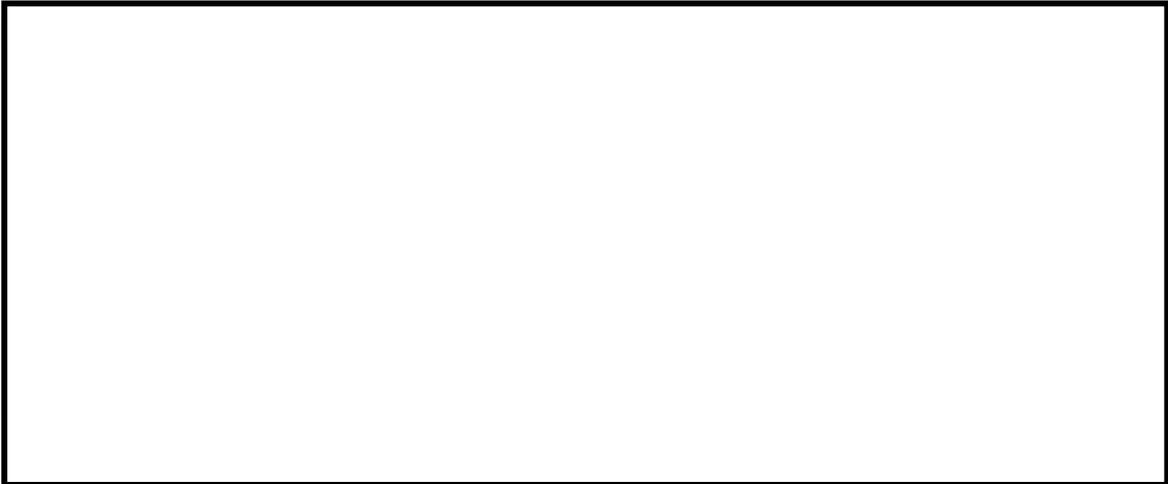
放水口側防潮堤より外側の津波遡上範囲に位置する物揚岸壁においては、燃料等輸送作業時に燃料輸送車両及び LLW 輸送車両が存在する。これに対して、津波時に「漂流物とならないこと」、「津波波力及び滑動により津波防護施設へ衝突しないこと」を確認しているが、発電所構外において津波と想定される潮位の変動を観測した場合は、より安全性を高めるために可能な範囲で津波が到達しない場所へ退避する方針としている。

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は、津波時における漂流物の津波防護施設への影響を可能な限り低減することを目的に、燃料輸送車両及び LLW 輸送車両と同様に退避することとしており、以降にて、その成立性及び運用の詳細について検討を行った。

b. 退避運用の成立性について

(a) 基本方針

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

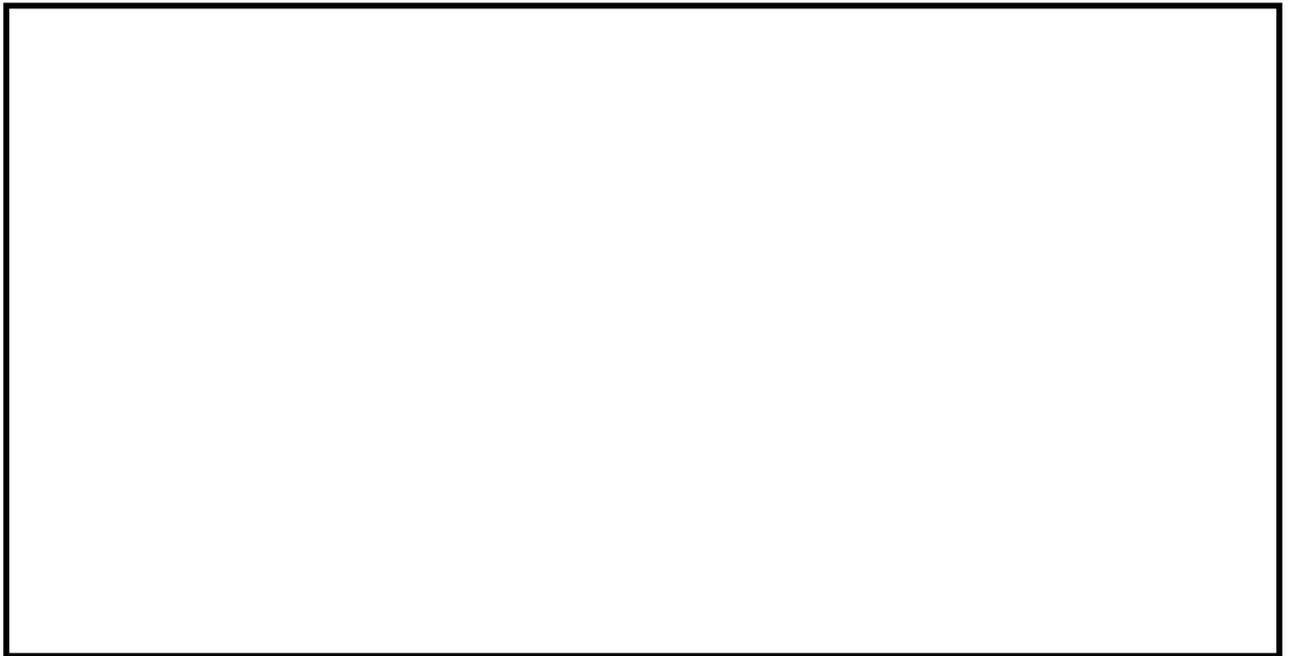


第 3-1-53 図 津波遡上範囲（灰色部）

(b) 基本方針を踏まえた退避運用の成立性について

イ. 退避場所

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



第 3-1-54 図 車両退避場所

ロ. 退避手順及び退避運用の成立性

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

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

**【車両退避に係る退避手順】**

- ①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. 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

放送を行い、津波遡上範囲にいる車両に対し、退避場所への退避を周知する。(津居山地点の津波到達を起点とすると、約5分後)

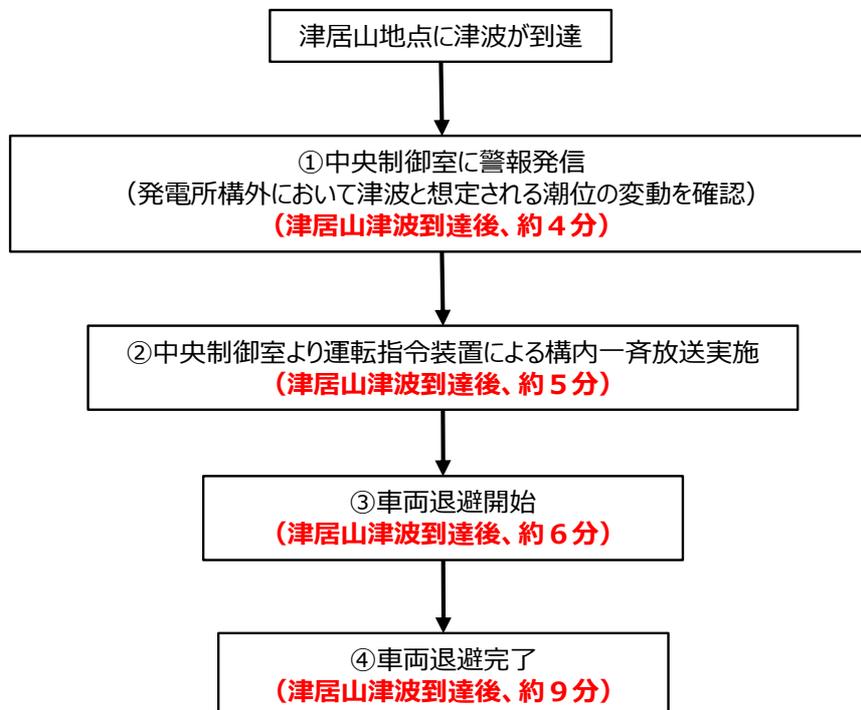
(時間根拠) 構内一斉放送に要する時間は多く見積もって40秒程度であるが、余裕を持たせ、約1分と算定

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

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

- ④車両が退避完了する。(津居山地点の津波到達を起点とすると、約9分後)

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



第3-1-55 図 車両退避フロー

時系列	
車両退避	
基準津波3の時刻歴波形	

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

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

- c. 退避手順及び退避場所に係る教育方法
  - 新規入構者に対しては、入所時教育において、退避手順及び退避場所の教育を実施する。また、実際に津波遡上範囲に入域する作業がある場合においては、安全作業指示書に退避に対する注意事項を明記した上で作業を実施することにより周知徹底を図る。

#### 4.1 加振試験の条件について

##### 4.1.1 概要

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

##### 4.1.2 加振条件の設定

###### (1) 潮位計のうち潮位検出器

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

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

加振試験においては水平方向、鉛直方向の2軸同時加振を実施する。

###### (2) 潮位計のうち監視モニタ

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

加振試験においては水平方向、鉛直方向の2軸同時加振を実施する。

###### (3) 衛星電話（津波防護用）のうち衛星電話機（津波防護用）

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

加振試験においては水平方向、鉛直方向の2軸同時加振を実施する。

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

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

加振試験においては水平方向、鉛直方向の2軸同時加振を実施する。

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

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

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

加振試験においては水平方向、鉛直方向の2軸同時加振を実施する。

(6) 衛星電話（固定）のうち衛星電話機（中央制御室）

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

加振試験においては水平方向、鉛直方向の 2 軸同時加振を実施する。

(7) 衛星電話（固定）のうち中央制御室用衛星設備収容架

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

加振試験においては水平方向、鉛直方向の 2 軸同時加振を実施する。

4.1.3 判断基準の設定

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

4.1.4 加振試験の詳細

(1) 潮位計

a. 加振条件

第4-1-1表 潮位検出器の加振条件

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

第4-1-2表 監視モニタの加振条件

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

第4-1-3表 衛星電話機（津波防護用）の加振条件

試験体	振動波形	方向	加速度
衛星電話機 （津波防護用）	時刻暦波	水平、鉛直	水平 2.33G 鉛直 1.16G

第4-1-4表 中央制御室用衛星設備収容架（津波防護用）の加振条件

試験体	振動波形	方向	加速度
中央制御室用衛星設備収容架（津波防護用） （1号及び2号機）	時刻暦波	水平、鉛直	水平 3.31G 鉛直 1.64G
中央制御室用衛星設備収容架（津波防護用） （3号及び4号機）	時刻暦波	水平、鉛直	水平 2.05G 鉛直 0.99G

第4-1-5表 中央制御室用衛星電話用アンテナ（津波防護用）の加振条件

試験体	振動波形	方向	加速度
中央制御室用衛星電話用アンテナ（津波防護用）	正弦 ビート波	水平、鉛直	水平 6.58G 鉛直 2.13G

第4-1-6表 衛星電話機（中央制御室）の加振条件

試験体	振動波形	方向	加速度
衛星電話機 （中央制御室）	時刻暦波	水平、鉛直	水平 2.33G 鉛直 1.16G

第4-1-7表 中央制御室用衛星設備収容架の加振条件

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

b. 加振試験の評価方法と判定基準

第4-1-8表 潮位検出器の加振試験の判定基準

部 材	評価・確認方法	判定基準
潮位検出器	加振試験後において、外観点検及び入出力試験を実施する。	・変形や割れ、破損がないこと。 ・計器精度以内に調整可能なこと。

第4-1-9表 監視モニタの加振条件

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

第4-1-10表 衛星電話機（津波防護用）の加振条件

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

第4-1-11表 中央制御室用衛星設備収容架（津波防護用）の加振条件

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

第4-1-12表 中央制御室用衛星電話用アンテナ（津波防護用）の加振条件

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

第4-1-13表 衛星電話機（中央制御室）の加振条件

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

第4-1-14表 中央制御室用衛星設備収容架の加振条件

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

#### 4.2 潮位観測システム（防護用）の設備構成及び電源構成について

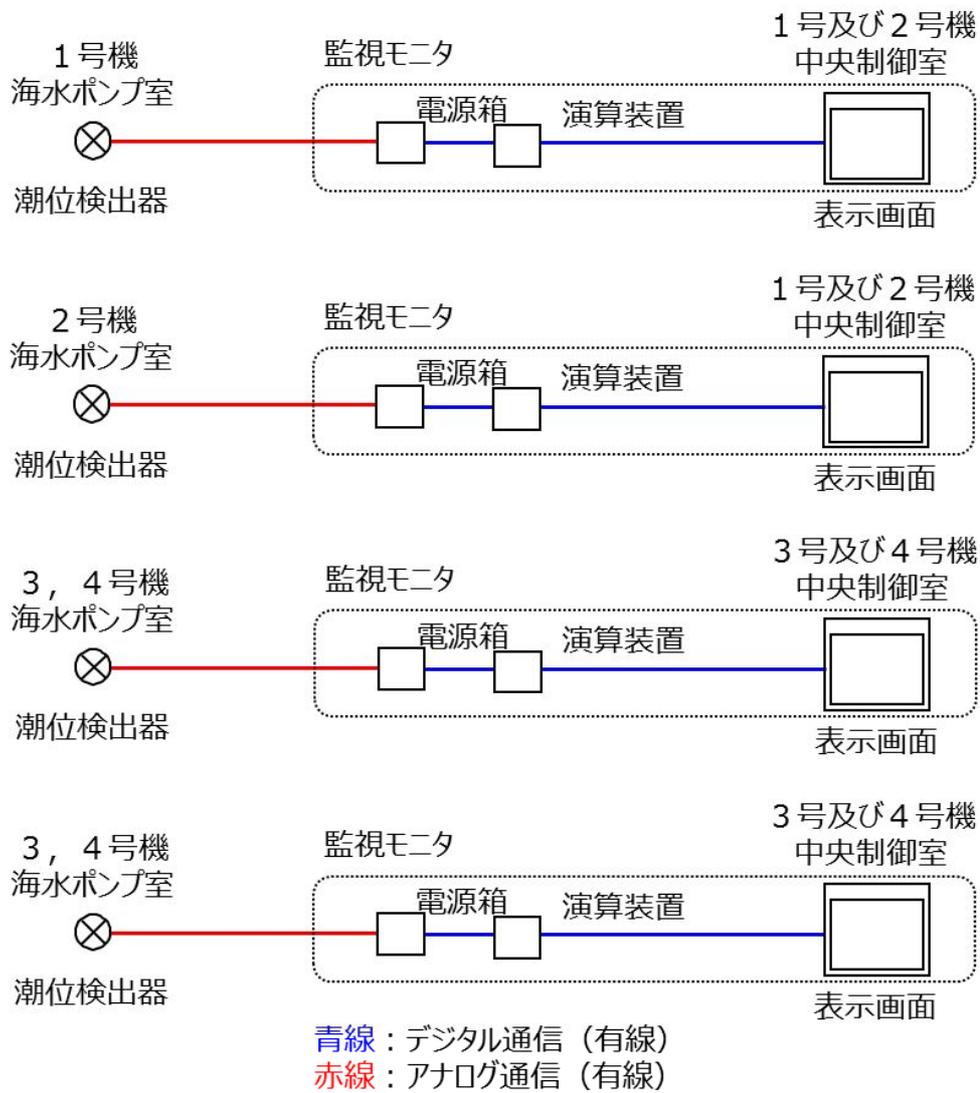
本資料は、潮位観測システム（防護用）の中央制御室での監視機能及び非常用所内電源からの給電を説明するものである。

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

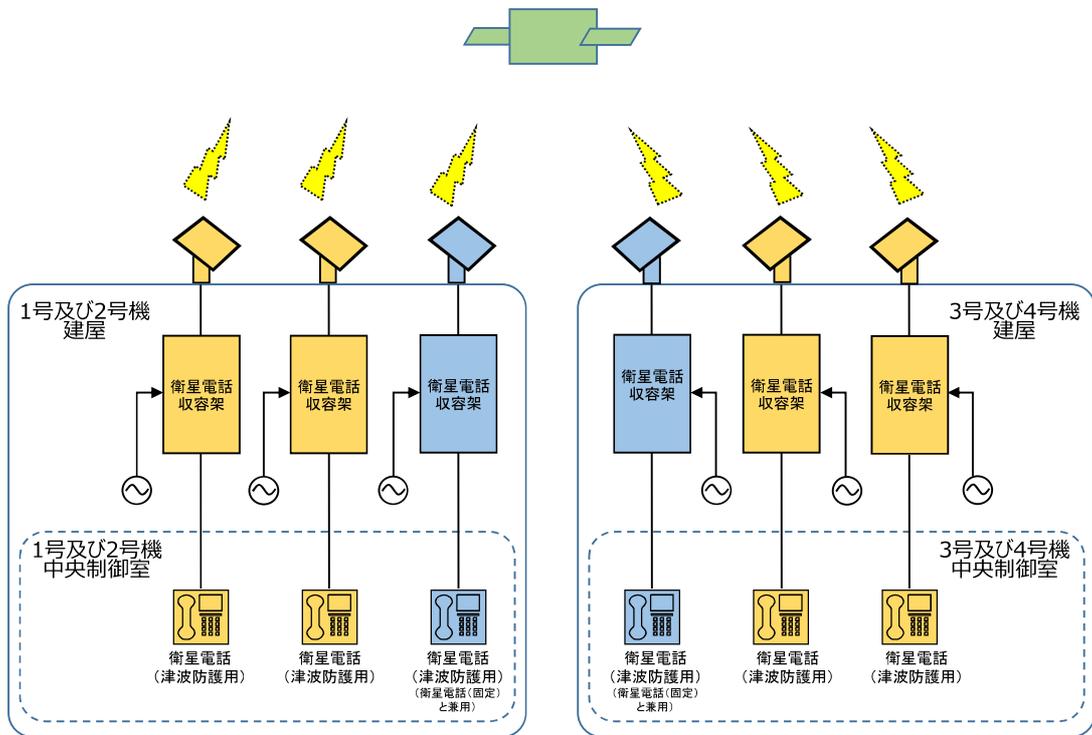
潮位観測システム（防護用）のうち潮位計の概略構成図を第 4-2-1 図に、衛星電話（津波防護用）の概略構成図を第 4-2-2 図に示す。

潮位観測システム（防護用）の概略電源系統図を第 4-2-3 図に示す。

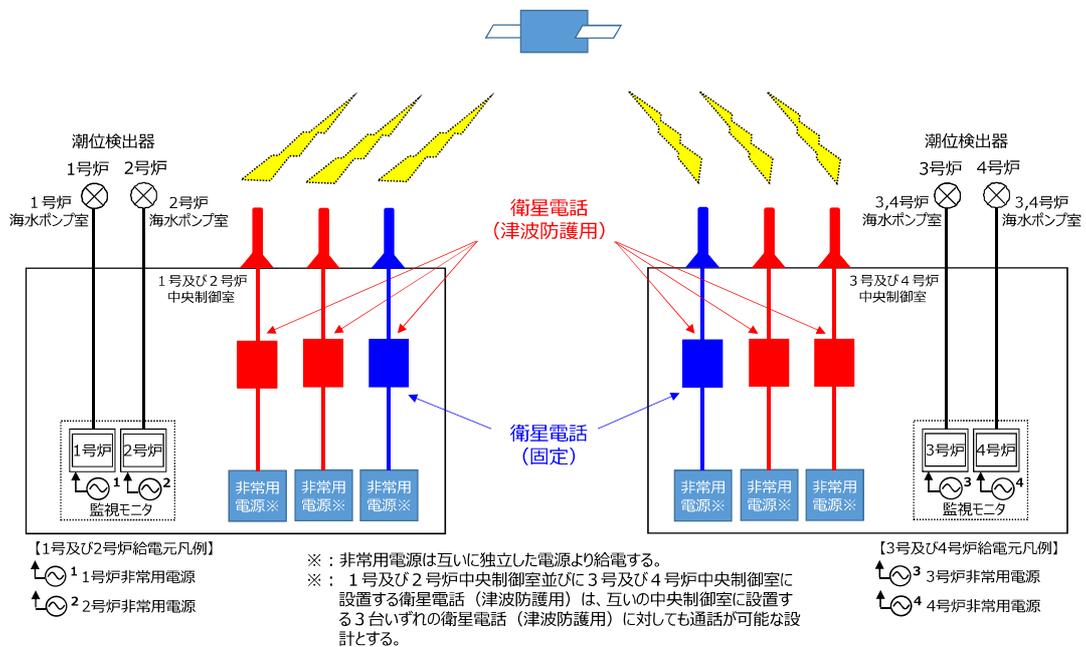
潮位観測システム（防護用）のうち監視モニタの機能を第 4-2-1 表に示す。



第 4-2-1 図 潮位計の概略構成図



第4-2-2図 衛星電話（津波防護用）の概略構成図



第4-2-3図 潮位観測システム（防護用）の概略電源系統図

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

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

第4-2-1表 監視モニタの機能

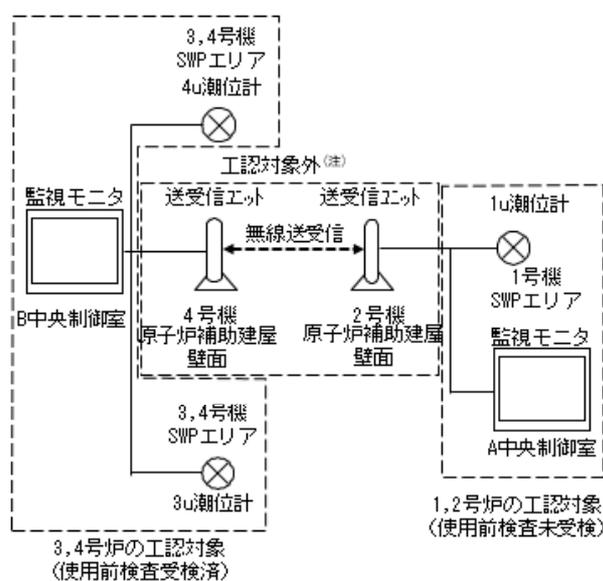
## 5.1 潮位観測システム（防護用）の設計に関する補足資料

### 5.1.1 潮位観測システム（防護用）の概要

#### (1) 既許可における潮位計の位置づけ

本資料は、潮位観測システム（防護用）の設計について説明するものである。

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



第5-1-1図 既許可の潮位計の設備構成

#### (2) 今回の対応を踏まえた設備の位置づけ

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

#### (3) 潮位観測システム（防護用）のうち潮位計の仕様

潮位計は、潮位検出器、電源箱、演算装置、監視モニタ及び有線電路（電源系

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

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

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

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

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

#### (4) 津波監視設備のうち潮位計の仕様

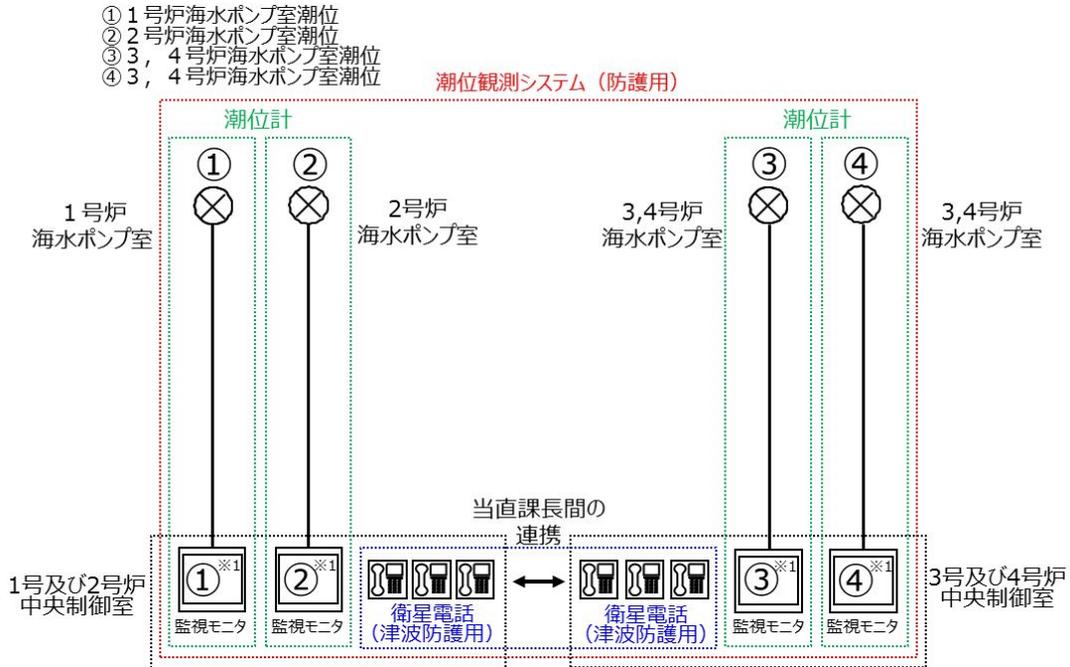
既許可の潮位計は、津波高さ計測を目的とした「津波監視設備」としての機能に変更はない。ただし、2号機海水ポンプ室に設置する潮位計の追加並びに3号機及び4号機潮位モニタを分離する設計とする。この設備構成を第5-1-2図に示す。

#### (5) 潮位観測システム(防護用)のうち衛星電話(津波防護用)の仕様

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

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

機中央制御室に3台、3号及び4号機中央制御室に3台設置する。



※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5-1-2図 潮位観測システム（防護用）の構成図

第5-1-1表 潮位計の仕様

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

第5-1-2表 衛星電話（津波防護用）の仕様

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

※：3台のうち1台は衛星電話（固定）と兼用

### 5.1.2 潮位観測システム（防護用）の設計方針

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

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

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

潮位観測システム（防護用）は、以下の方針で設計する。

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

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

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

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

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

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

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

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

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

潮位観測システム（防護用）の設置位置を第5-1-3図に示す。



3、4号機海水ポンプ室 1号機海水ポンプ室 2号機海水ポンプ室  
潮位計：2台 潮位計：1台 潮位計：1台

第5-1-3図 潮位観測システム（防護用）の構成図

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

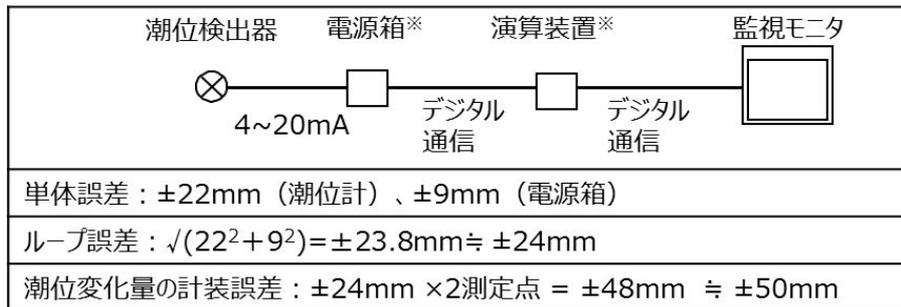
今回の対策においては、潮位観測システム（防護用）のうち、2台の潮位計の観測潮位がいずれも10分以内に0.5m以上下降し、その後、最低潮位から10分以内に0.5m以上上昇すること、又は10分以内に0.5m以上上昇し、その後、最高潮位から10分以内に0.5m以上下降することを取水路防潮ゲートの閉止判断基準（トリガー）とすることから、10分以内の潮位変動を確実に捉える必要があり、これについて説明する。

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

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

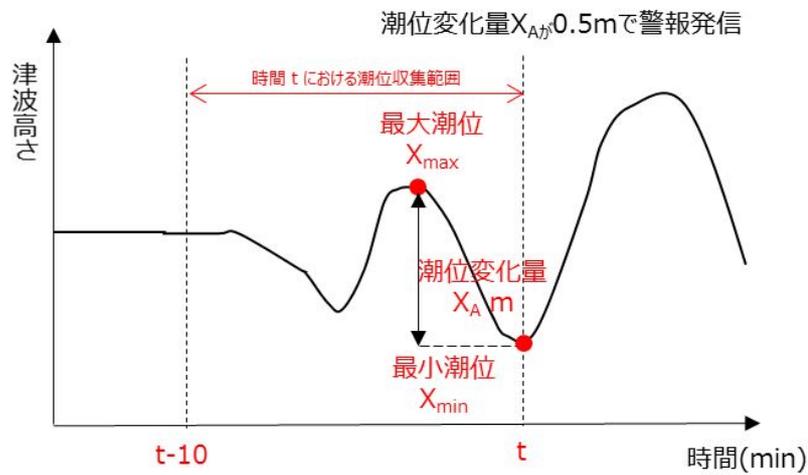
また、10分以内の $\pm 0.5m$ の潮位変動後、最大潮位又は最小潮位に達した時点から10分以内に、潮位変化量が0.5mに達した時点で、その潮位計の監視モニタに警報発信する（第5-1-6図参照）。

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

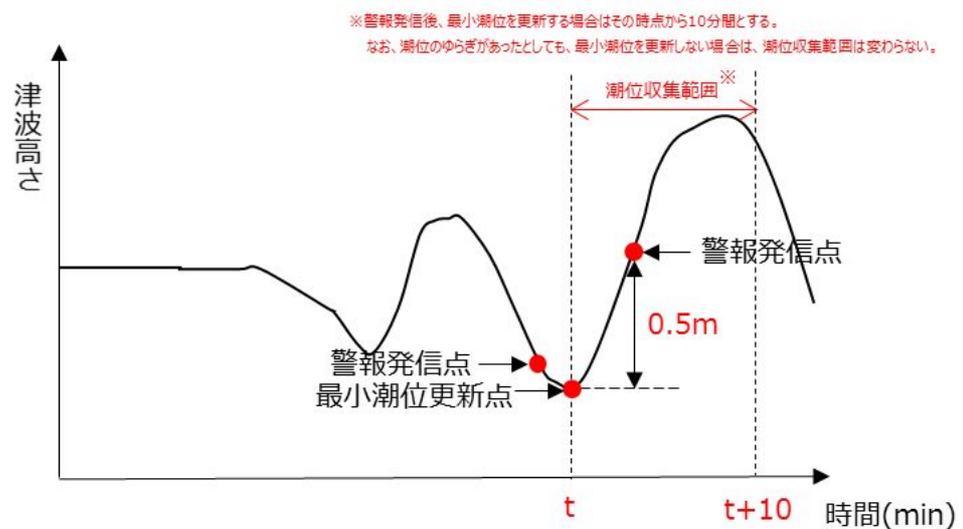


※電源箱及び演算装置は監視モニタの盤内機器であり監視モニタの一部である。

第 5-1-4 図 潮位計のシステム構成図及び計装誤差の考え方



第 5-1-5 図 潮位変化量の算出方法



第 5-1-6 図 警報発信の考え方