

## 基準津波に伴う砂移動評価について

### 1. はじめに

基準津波による水位変動に伴う海底の砂の移動が取水口への通水性に影響がないことを砂移動評価にて確認する。

ここでは、砂移動解析における粒径の違いによる堆積厚さへの影響及び防波堤をモデル化しない状態での堆積厚さへの影響を検討した。

### 2. 粒径のパラメータスタディ

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

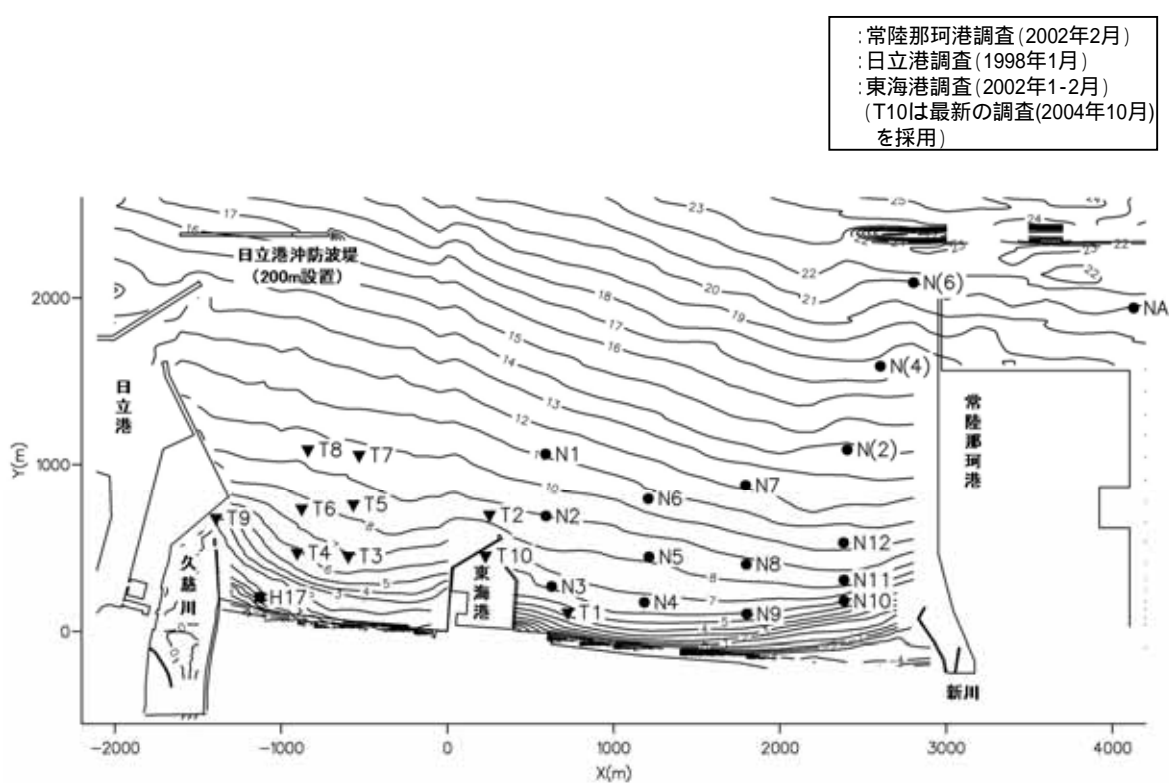
検討は、平均粒径( $D_{50}$ )に加えて、10%粒径( $D_{10}$ )及び90%粒径( $D_{90}$ )を粒径としたケースを追加した。検討ケースを第1表に示す。各試料採取地点の粒径加積曲線から $D_{10}$ 相当及び $D_{90}$ 相当の粒径を求め、平均した結果、 $D_{10}$ 相当は0.10mm、 $D_{90}$ 相当は1.8mmに設定した。試料採取位置を第1図に、各試料採取地点の粒径加積曲線を第2図に示す。

砂移動評価は、基本ケースにおいて、堆積厚さが厚く評価された高橋他(1999)の方法を用いた。評価結果を第2表に、堆積侵食分布図を第3図に示す。

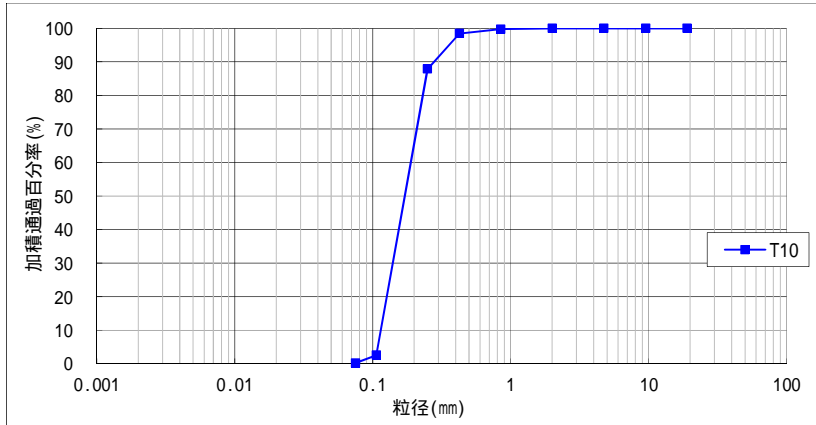
評価結果から、粒径を変えることにより評価地点によって堆積厚さに変動はあるものの、いずれも取水口前面においては、基本ケースより最大堆積厚さが薄くなっており、粒径の違いによる取水口前面における堆積厚さへの影響は小さい。

第1表 検討ケース

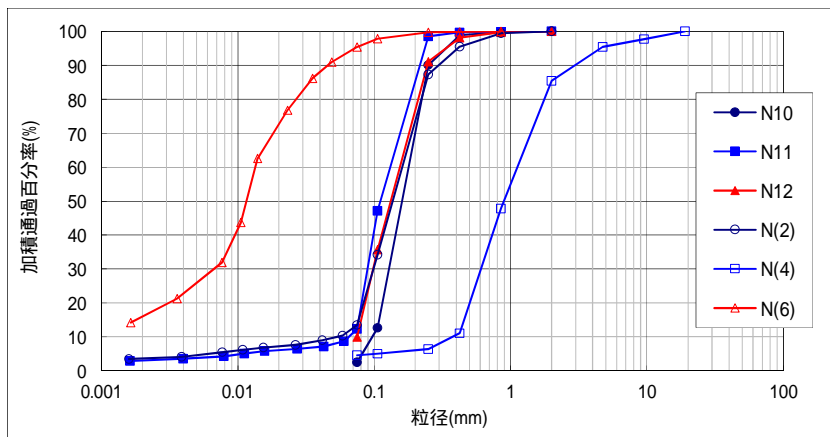
粒径	備考
0.15mm	D <sub>50</sub> , 基本ケース
0.10mm	D <sub>10</sub> 相当
1.8mm	D <sub>90</sub> 相当



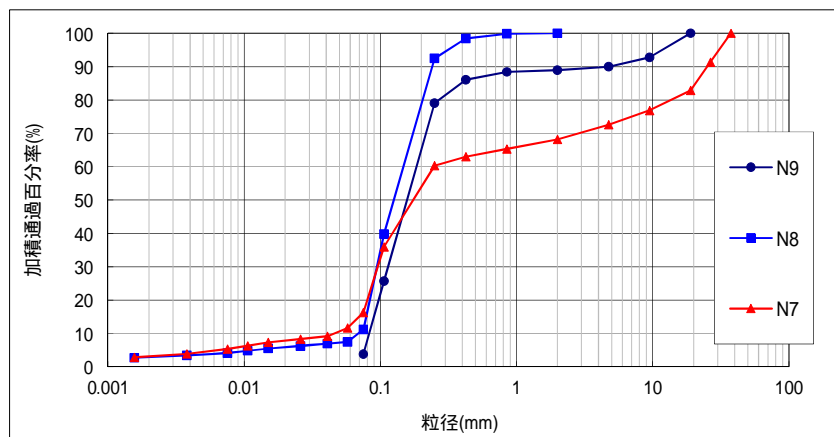
第1図 試料採取地点



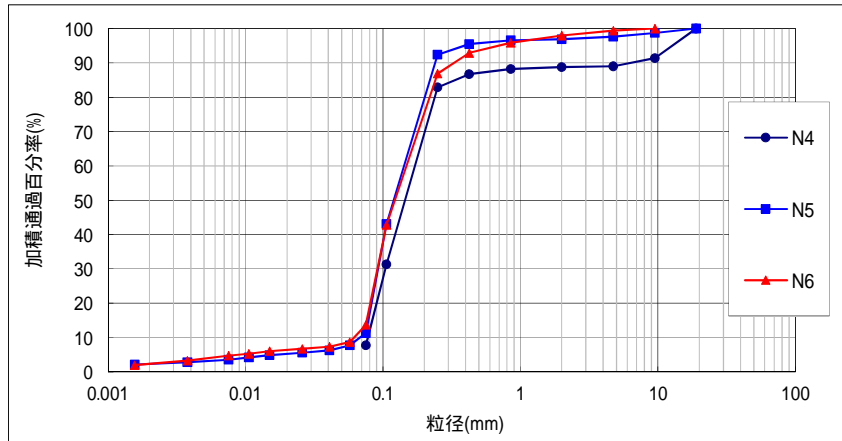
第 2 図(1) 粒径加積曲線 (2004 年 10 月調査, T10)



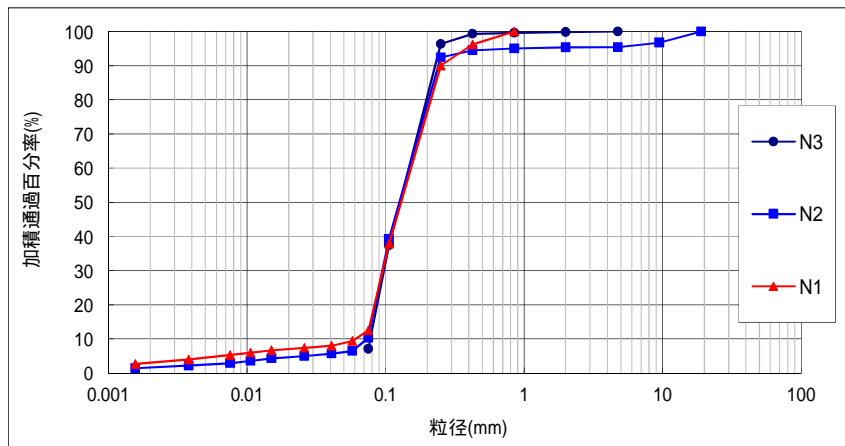
第 2 図(2) 粒径加積曲線 (2002 年 2 月調査, N10/N11/N12/N(2)/N(4)/N(6) )



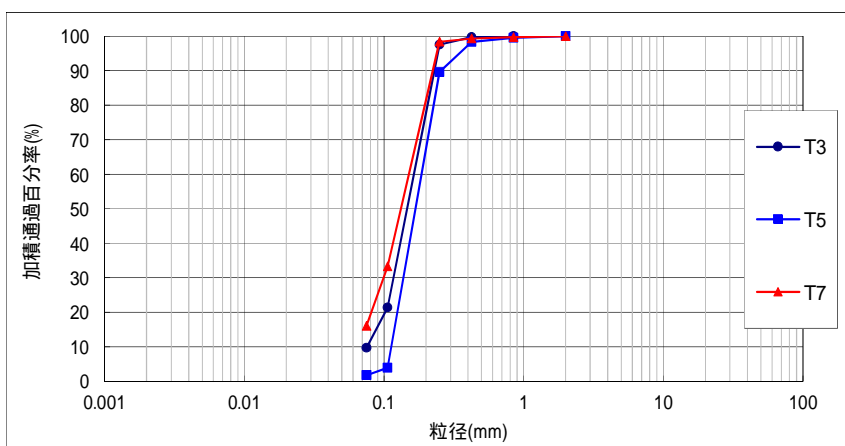
第 2 図(3) 粒径加積曲線 (2002 年 2 月調査, N7/N8/N9)



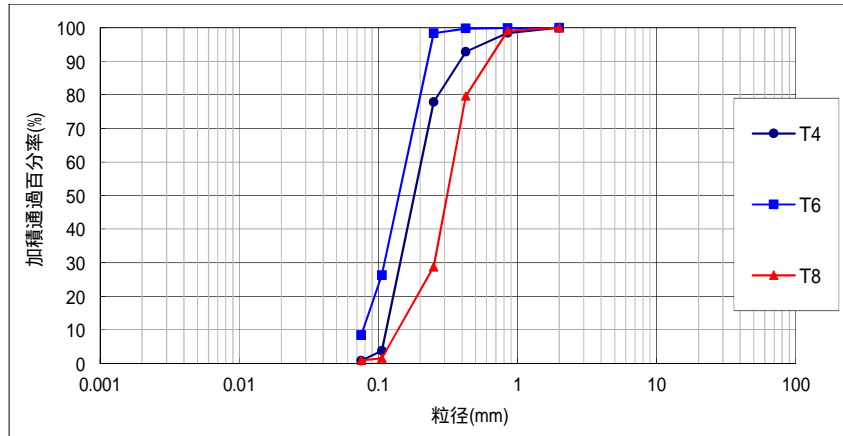
第 2 図(4) 粒径加積曲線 (2002 年 2 月調査, N4/N5/N6)



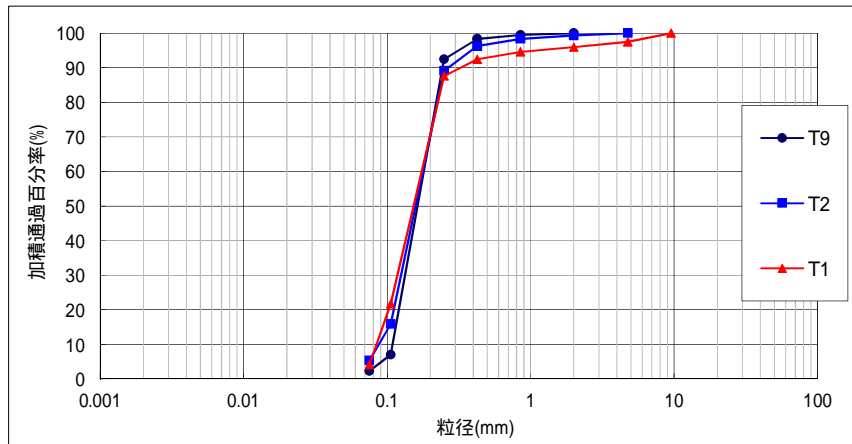
第 2 図(5) 粒径加積曲線 (2002 年 2 月調査, N1/N2/N3)



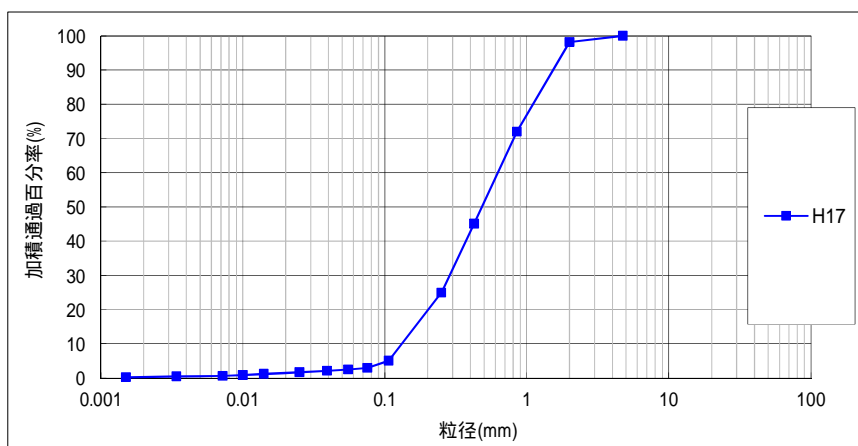
第 2 図(6) 粒径加積曲線 (2002 年 1-2 月調査, T3/T5/T7)



第 2 図(7) 粒径加積曲線 (2002 年 1-2 月調査, T4/T6/T8)



第 2 図(8) 粒径加積曲線 (2002 年 1-2 月調査, T1/T2/T9)



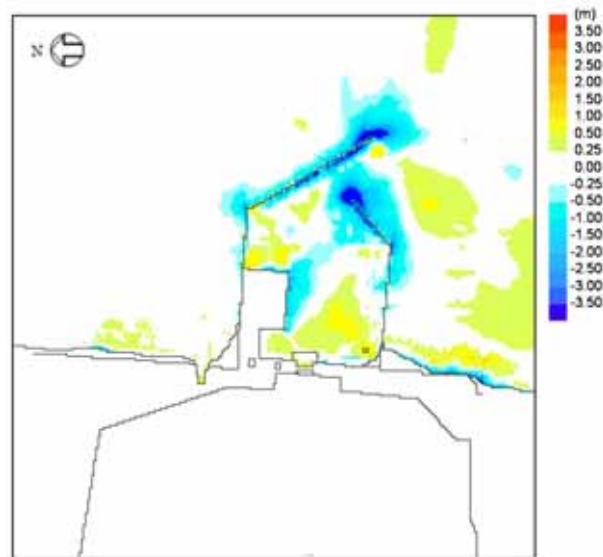
第 2 図(9) 粒径加積曲線 (1998 年 1 月調査, H17)

第 2 表 取水口前面の堆積厚さ

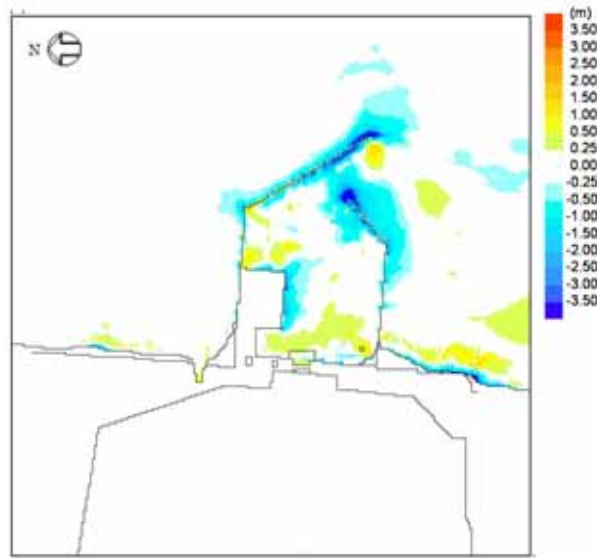
基準津波	粒径	取水口前面
上昇側	D <sub>50</sub> 相当 ( 0.15mm )	0.33m
	D <sub>10</sub> 相当 ( 0.10mm )	0.31m
	D <sub>90</sub> 相当 ( 1.8mm )	0.13m
下降側	D <sub>50</sub> 相当 ( 0.15mm )	0.19m
	D <sub>10</sub> 相当 ( 0.10mm )	0.18m
	D <sub>90</sub> 相当 ( 1.8mm )	0.02m

高橋他 ( 1999 ) , 浮遊砂上限濃度 1%

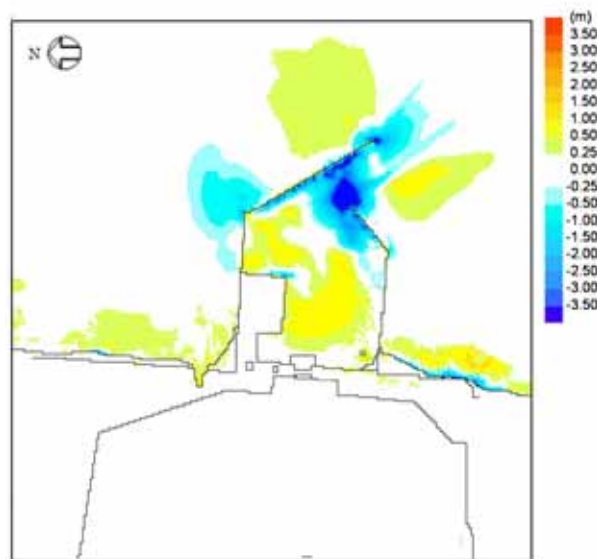
水位上昇側



第 3 図 ( 1 ) 堆積侵食分布図 D<sub>50</sub> 相当 ( 0.15mm )

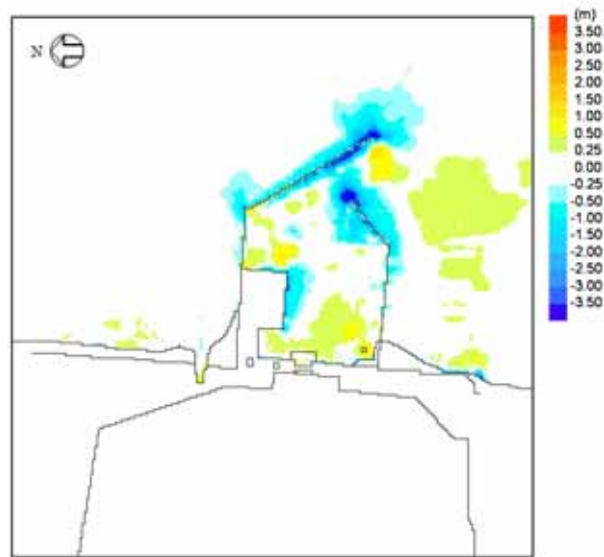


第 3 图 ( 2 ) 堆積侵食分布图  $D_{10}$  相当 ( 0.10mm )

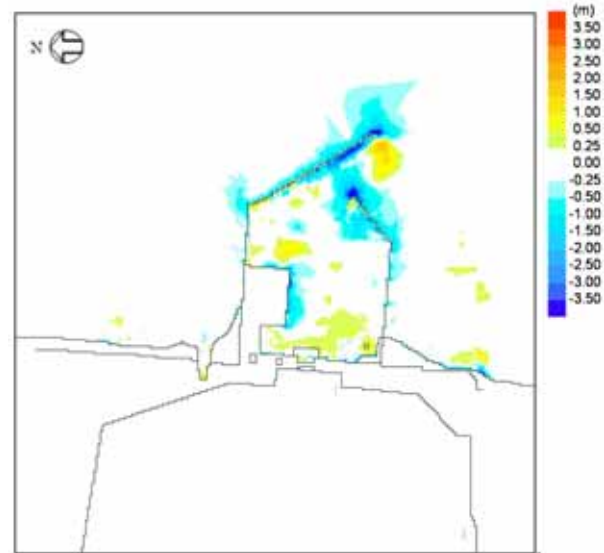


第 3 图 ( 3 ) 堆積侵食分布图  $D_{90}$  相当 ( 1.8mm )

水位下降側

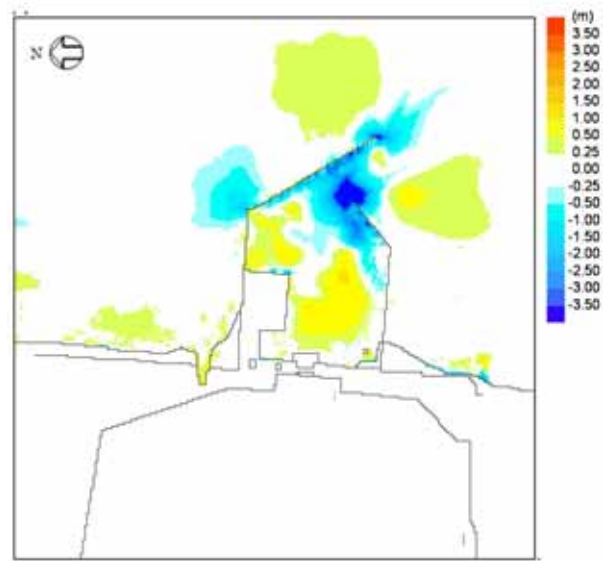


第 3 図 ( 4 ) 堆積侵食分布図  $D_{50}$  相当 ( 0.15mm )



第 3 図 ( 5 ) 堆積侵食分布図  $D_{10}$  相当 ( 0.10mm )





第 3 図 ( 6 ) 堆積侵食分布図  $D_{90}$  相当 ( 1.8mm )

### 3. 防波堤をモデル化しない状態での影響評価

砂移動評価においては、防波堤は健全な状態と仮定して解析を実施している。ここでは、影響評価として、地震時における防波堤の損傷を考慮して、保守的に防波堤をモデル化しない状態とした砂移動解析を実施し、堆積厚さへの影響を検討した。なお、解析条件は「2. 粒径のパラメータスタディ」と同様に、高橋他（1999）を参考に、平均粒径を用いて実施した。

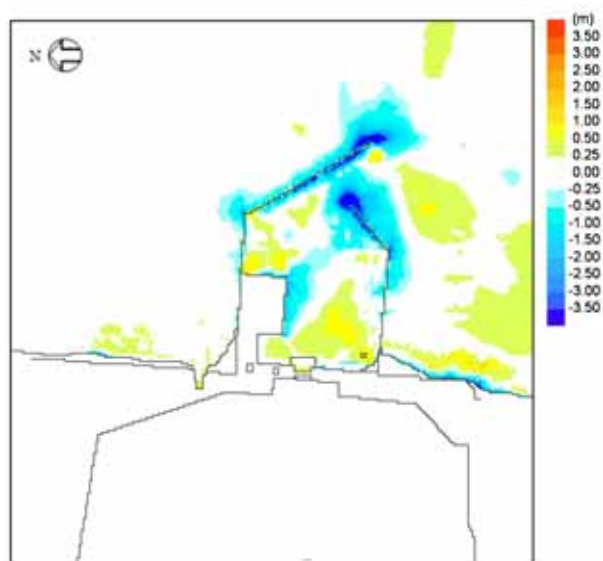
評価結果を第3表に示し、堆積侵食分布図を第4図に示す。防波堤の有無による堆積厚さの変化は評価地点による違いが多少あるものの、最大堆積厚さについては大差なく、防波堤の有無による影響は小さい。

第3表 取水口前面の堆積厚さ

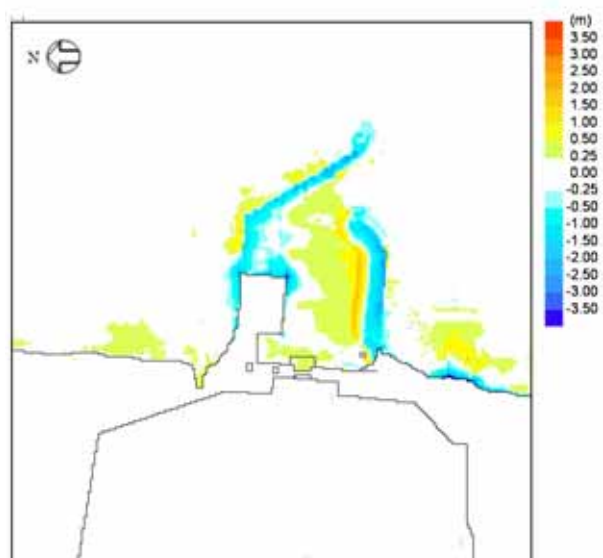
基準津波	防波堤	取水口前面
上昇側	あり	0.33m
	なし	0.36m
下降側	あり	0.19m
	なし	0.23m

高橋他（1999），浮遊砂上限濃度 1%

水位上昇側

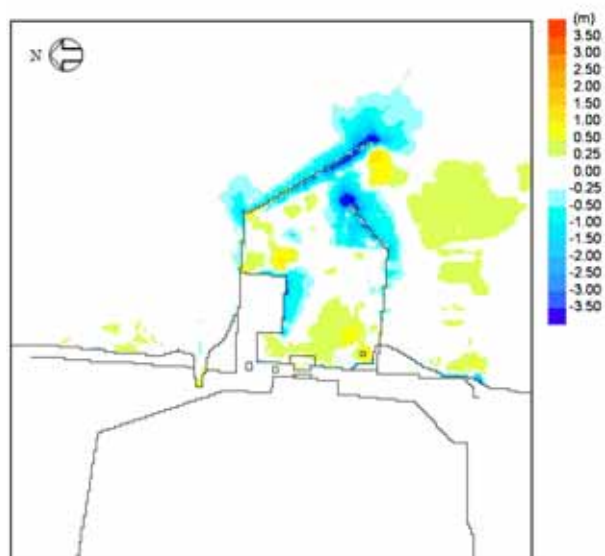


第 4 図 ( 1 ) 堆積侵食分布図 防波堤あり

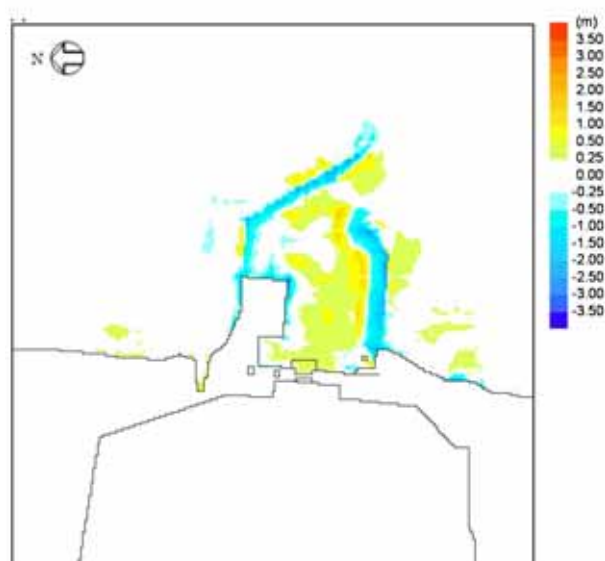


第 4 図 ( 2 ) 堆積侵食分布図 防波堤なし

水位下降側



第 4 図 ( 3 ) 堆積侵食分布図 防波堤あり



第 4 図 ( 4 ) 堆積侵食分布図 防波堤なし

#### 4. 平均粒径よりも大きな粒径を有する砂の浮遊可能性評価

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

高橋他（1999）による土砂移動の式では、土砂の巻き上げ量は以下のように表される。

土砂の時間あたりの巻き上げ量は、

$$E = 0.012\tau_*^2 \sqrt{sgd} \cdot \sigma \quad (1)$$

となる。ただし、 $s$  は土砂の水中比重、 $g$  は重力加速度(=9.8)、 $d$  は土砂の粒径、 $\sigma$  は土砂の密度である。また、 $\tau_*$  はシールズ数で、摩擦速度  $u_*$  を用いて、

$$\tau_* = u_*^2 / (sgd) \quad (2)$$

$$u_* = \sqrt{gn^2U|U|/D^{1/3}}$$

で表される。ここで、 $n$  はマンニングの粗度係数、 $U$  は流速、 $D$  は全水深である。式(1)及び(2)から、流速や水深が同じで粒径のみ異なる場合、

$$E \propto \tau_*^2 \sqrt{d} \propto \frac{1}{d^2} \cdot d^{1/2} = \frac{1}{d^{1.5}}$$

となり、巻き上げ量は粒径の1.5乗に反比例する。

仮に、平均粒径の砂の巻き上げ量を基準とした1mmの粒径を有する砂の巻き上げ量の割合を検討すると、粒径が平均粒径0.15mmの6.6倍程度であるこ

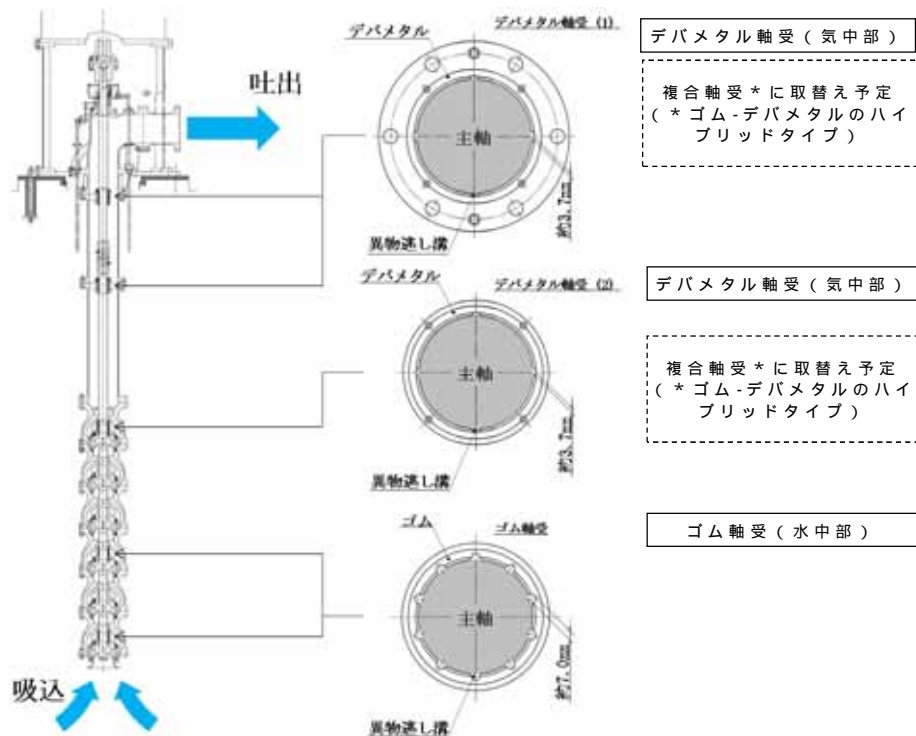
とから ,  $1/6.6^{1.5}=0.059$  倍となる。同様に 2mm の粒径を有する砂の巻き上げ量の割合は 0.021 倍 , 3mm の粒径を有する砂の巻き上げ量の割合は 0.011 倍となった。以上のことから , 粒径数 mm を有する砂については浮遊し難いものであると考えられる。

非常用海水ポンプ軸受の浮遊砂耐性について

1. 非常用海水ポンプ軸受の浮遊砂耐性について

東海第二発電所の非常用海水ポンプは，海水取水時に海水中に含まれる浮遊砂を吸い込み，軸受隙間に入り込む可能性を考慮し，砂が混入してもこれを排出することで機能維持可能な設計としている（第1図）。また，これまでの運転実績から，浮遊砂混入によるトラブルは発生していない。

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

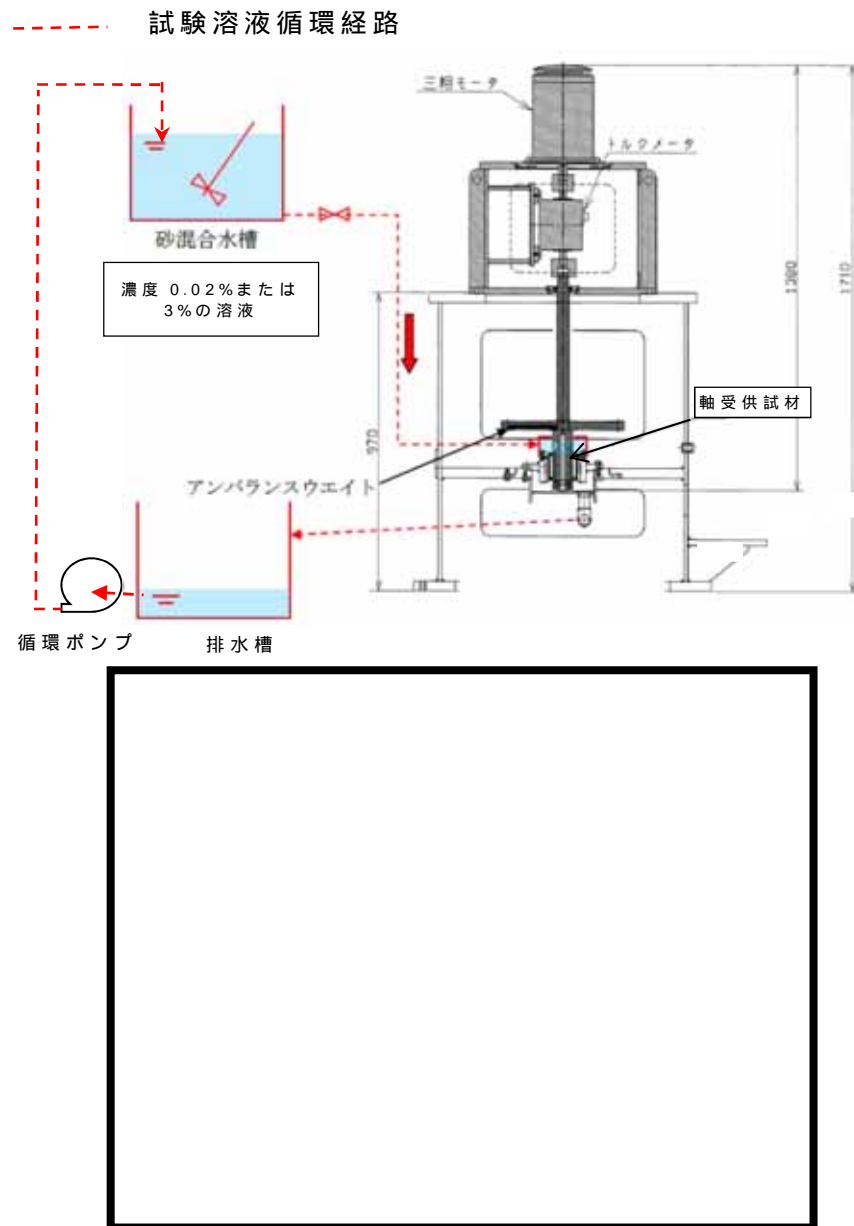


第1図 非常用海水ポンプ断面図，軸受図

## 2. 軸受摩耗試験

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

試験装置の概略構成図を第2図に示す。



第2図 試験装置概略図



軸受供試材は、既設のゴム軸受（水中部）と、複合軸受（デバメタル軸受（気中部）から取替を計画している軸受）の供試材を用いた。

第1表に、軸受摩耗試験条件を示す。

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

A 原子力発電所 a 号炉

A 原子力発電所 b 号炉

B 原子力発電所 a 号炉

B 原子力発電所 b 号炉

B 原子力発電所 c 号炉

B 原子力発電所 d 号炉

C 原子力発電所 a 号炉

第1表 軸受摩耗試験条件

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

\*1：試験時摩耗量に9.4 / 5を乗じて実機周速に補正

\*2：回転体アンバランスによる実機の振れ回りを再現した荷重

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

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

- $K_1$  : 比摩耗量 [ $\text{mm}^2 / \text{kgf}$ ]
- : 摩耗量 [ $\text{mm}$ ]
- $P$  : 軸受面圧 [ $\text{kgf} / \text{mm}^2$ ]
- $V$  : 周速 [ $\text{mm} / \text{s}$ ]
- $T_1$  : 摩耗量 に至るまでの時間 [ $\text{s}$ ]

【ゴム軸受】

- 0.02[wt%]濃度時の比摩耗量 $K_1$  (  $\circ$  )       $2.74 \times 10^{-7} [\text{mm}^2 / \text{kgf}]$
- 3[wt%]濃度時の比摩耗量 $K_1$  (   )       $4.64 \times 10^{-6} [\text{mm}^2 / \text{kgf}]$

【複合軸受】

- 0.02[wt%]濃度時の比摩耗量 $K_1$  (  $\circ$  )       $9.41 \times 10^{-7} [\text{mm}^2 / \text{kgf}]$
- 3[wt%]濃度時の比摩耗量 $K_1$  (   )       $5.76 \times 10^{-6} [\text{mm}^2 / \text{kgf}]$

$\circ$ : 0.02[wt%]における比摩耗量

:3 [wt%]における比摩耗量

### 3. 軸受寿命評価(0.02[wt%] , 3[wt%] )

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

第2表 比摩耗量と軸受寿命(0.02[wt%] , 3[wt%] )

0.02%試験実測値							
軸受/濃度	摩耗量(平均)	面圧[kgf/mm2]	周速[mm/s2]	比摩耗量	許容隙間	軸受寿命(sec)	軸受寿命(hr)
ゴム軸受/ 0.02%	0.0171	0.00037	9400	2.73145E-07	1.012	1065263.158	295.9064327
複合軸受/ 0.02%	0.0589	0.00037	9400	9.40834E-07	1.012	309269.9491	85.90831919
3%試験実測値							
軸受/濃度	摩耗量(平均)	面圧[kgf/mm2]	周速[mm/s2]	比摩耗量	許容隙間	軸受寿命(sec)	軸受寿命(hr)
ゴム軸受/ 3%	0.5814	0.00037	9400	4.64347E-06	1.012	62662.5387	17.40626075
複合軸受/ 3%	0.7201	0.00037	9400	5.75123E-06	1.012	50592.9732	14.05360367

摩耗量 ( 平均 ) : 軸受試験前と試験後の寸法差の平均  
 面圧 : 実機を模擬した面圧  
 周速 : 実機周速  
 比摩耗量 : 式にて算出  
 許容隙間 : 設計許容隙間  
 軸受寿命 : 初期隙間が許容隙間に至るまでの時間

#### 4. 軸受寿命評価(0.48[wt%])

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

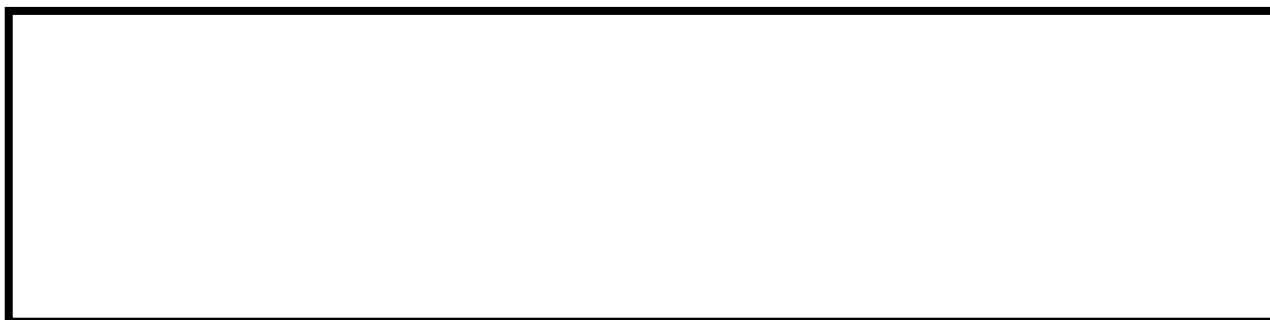
なお，比摩耗量の式( )は公開文献「立軸ポンプセラミックス軸受に関する研究」\*から引用している。この公開文献では，200～3000ppmのスラリー濃度の軸受摩耗量を測定しており，比摩耗量とスラリー濃度との間には相関関係があると結論づけられており，この知見を参考とした。

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

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

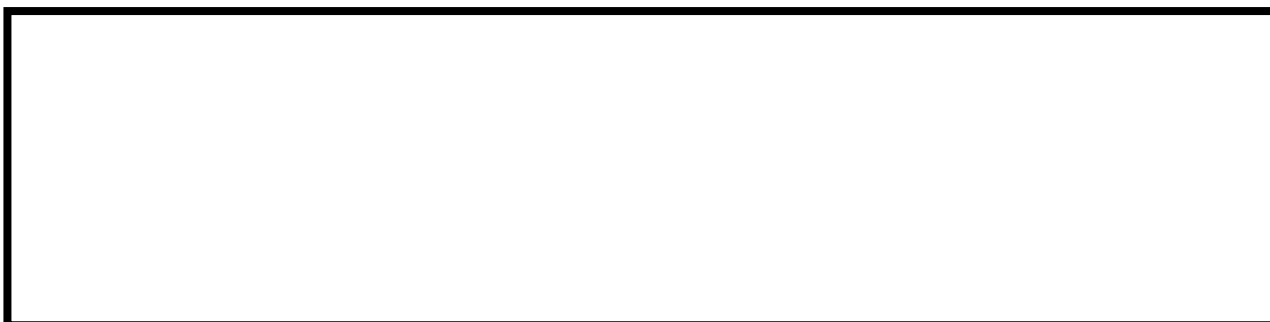
式を参考とし，0.02[wt%]の比摩耗量と3[wt%]の比摩耗量の2点間が線形近似できると評価し，以下の式にて0.48[wt%]におけるゴム軸受と複合軸受の比摩耗量を算出した。

### 【ゴム軸受】



比摩耗量  $k = 1.64748 \times 10^{-6} [\text{mm}^2 / \text{kgf}] \dots$

### 【複合軸受】



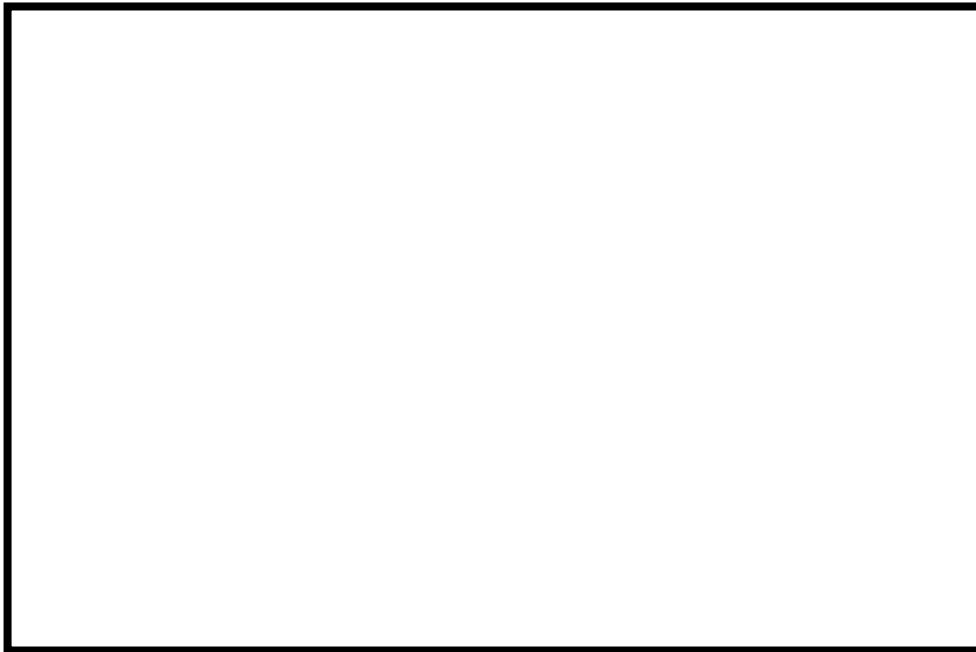
比摩耗量  $k = 2.9662 \times 10^{-6} [\text{mm}^2 / \text{kgf}] \dots$

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

第3表 比摩耗量と軸受寿命(0.48wt%)

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

浮遊砂濃度と比摩耗量との相関関係を第3図及び第4図に示す。



第3図 浮遊砂濃度と比摩耗量との相関図（ゴム軸受）



第4図 浮遊砂濃度と比摩耗量との相関図（複合軸受）

第4表 砂移動計算の諸条件

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

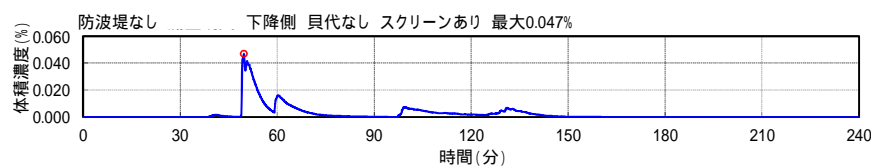
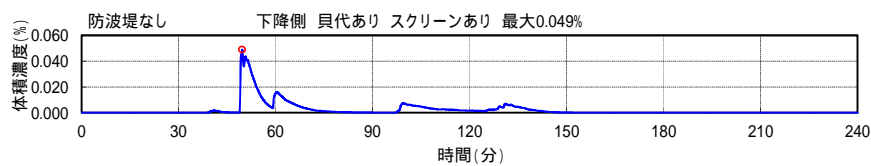
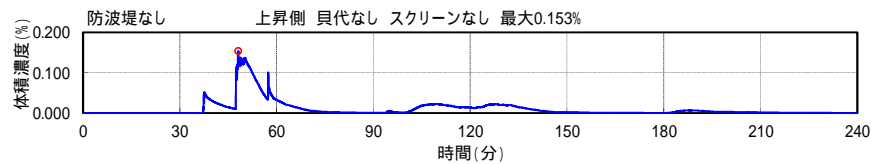
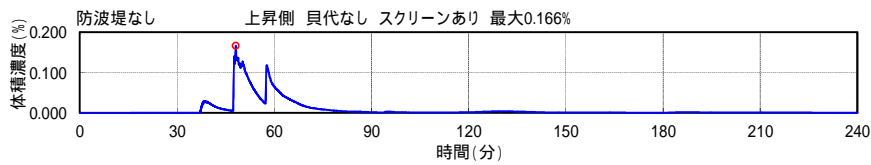
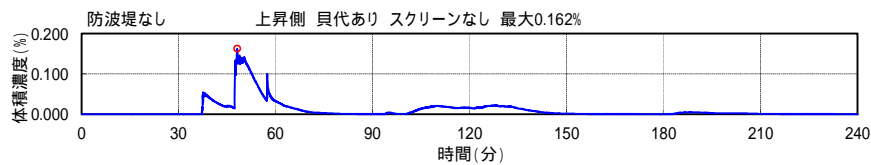
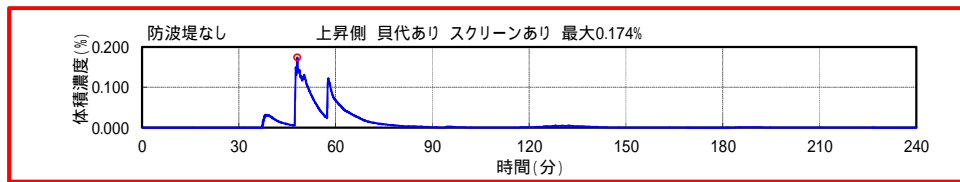
第5表 その他の解析条件

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

\* 非常用海水ポンプ 全台運転、循環水ポンプ、補機冷却系海水ポンプ 停止時の流量

#### 5. 浮遊砂濃度のピーク時間の評価

基準津波時の砂移動計算結果から得られた砂濃度の時刻歴グラフを第5図に示す。非常用海水ポンプが設置される全水路(D水路及びE水路)の計算結果から、もっとも高い砂濃度を示すケースを想定しても、基準津波時の浮遊砂濃度のピークは数分で収束し、軸受摩耗試験で設定したような連続5時間の高濃度の状態は認められない。



第5図 浮遊砂濃度時刻歴グラフ  
 ( E 水路水位上昇時 ( 防波堤なし , 貝代考慮 ,  
 スクリーンあり ) )



## 6. 総合評価

東海第二発電所の非常用海水ポンプの軸受は、基準津波時に海水中に含まれる浮遊砂(中央粒径0.15mm)が混入しても、砂排出溝(約3.7mm～7.0mm)によりこれを排出することで機能維持可能である。

また、基準津波に伴い巻き上げられ浮遊砂が、軸受に巻き込まれたとしても、ポンプピット近傍が高濃度の浮遊砂の状態にある時間は数分で収束することから、試験結果から得られた運転可能時間で十分包絡でき、非常用海水ポンプの軸受は機能維持可能である。

## 燃料等輸送船の係留索の耐力について

### 1. 概 要

燃料等輸送船（以下「輸送船」という。）は、津波警報等発表時は、原則として緊急退避するが、極めて短時間に津波が襲来する場合を考慮し、津波の流向及び物揚岸壁（以下「岸壁」という。）と取水口的位置関係を踏まえ、係留索の耐力について評価を実施する。

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

今回、輸送船が備えている係留索の係留力、及び流圧力について、石油会社国際海事評議会OCIMF(Oil Companies International Marine Forum)の手法を用いて算出し、耐力評価を行う。

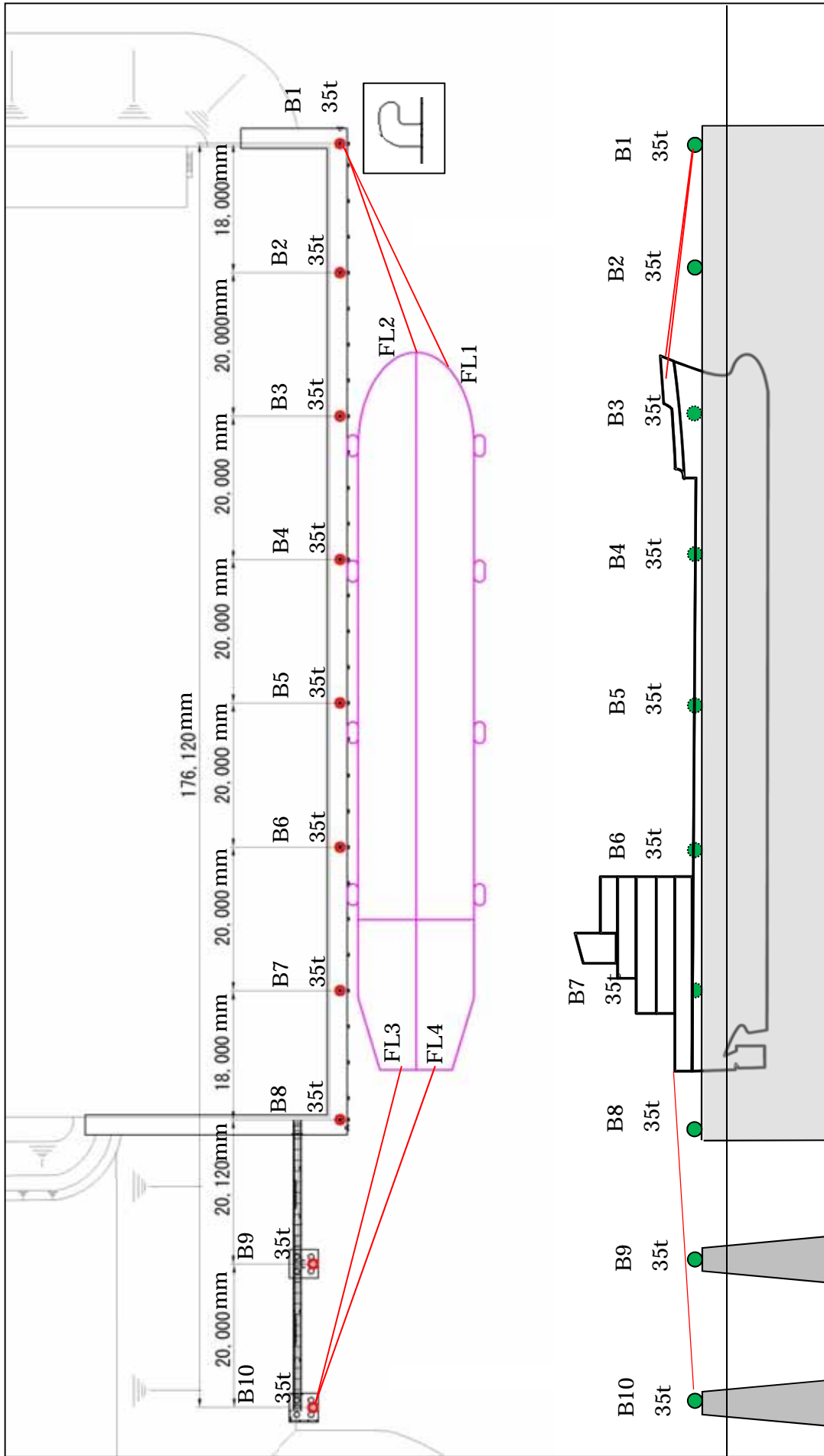
### 2. 評 価

#### (1) 輸送船，係留索，係留柱

輸送船，係留索，係留柱の仕様を第1表に，配置を第1図に示す。

第1表 輸送船，係留索，係留柱の仕様

項 目		仕 様
輸送船	総トン数	約5,000t
	載貨重量トン	約3,000t
	喫水	約5m
	全長	100.0m(垂線間長:94.4m)
	型幅	16.5m
	形状	(第1図参照)
係留索	直径	60mm(ノミナル値)
	素材種別	Polyethylene Rope Grade 1
	破断荷重	279kN(28.5tonf)
	係船機ブレーキ力	28.5tonf×0.7 20.0tonf
係留柱	形状	(第1図参照)
	ビット数,位置	(第1図参照)
	係留状態	(第1図参照)
	強度	35.0tonf

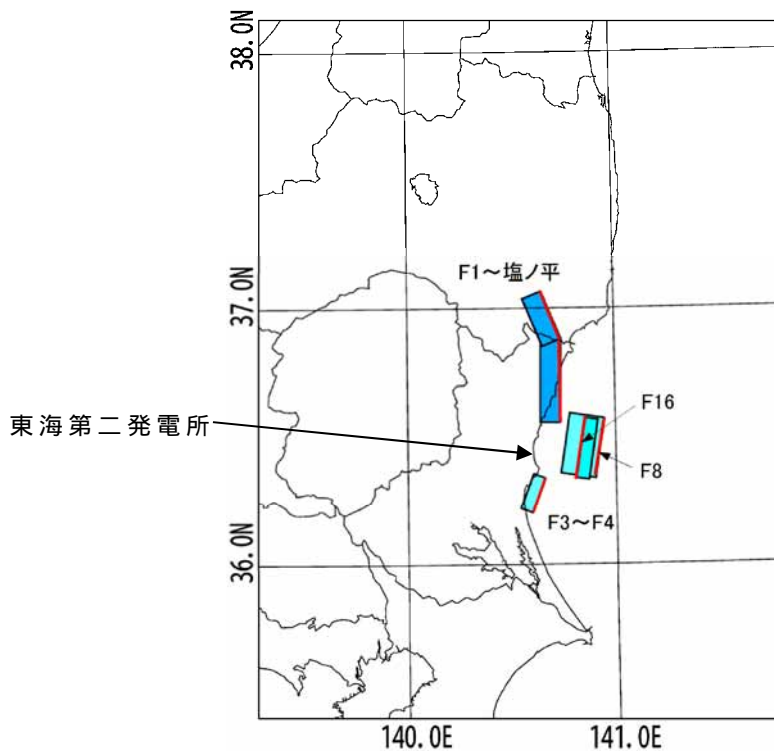


第1図 輸送船，係留索，係留柱の配置

接岸時には通常6本以上で係留する。本評価においては，保守的に鋼船規則上の最低本数（4本）を仮定

(2) 津波条件（流向，水位，流速）

津波警報等発表時は，原則として緊急退避するが，極めて短時間に津波が襲来する場合を考慮し，早く襲来する可能性がある第2図に示す敷地周辺の海域活断層を波源とした津波の中から，評価対象津波を選定する。



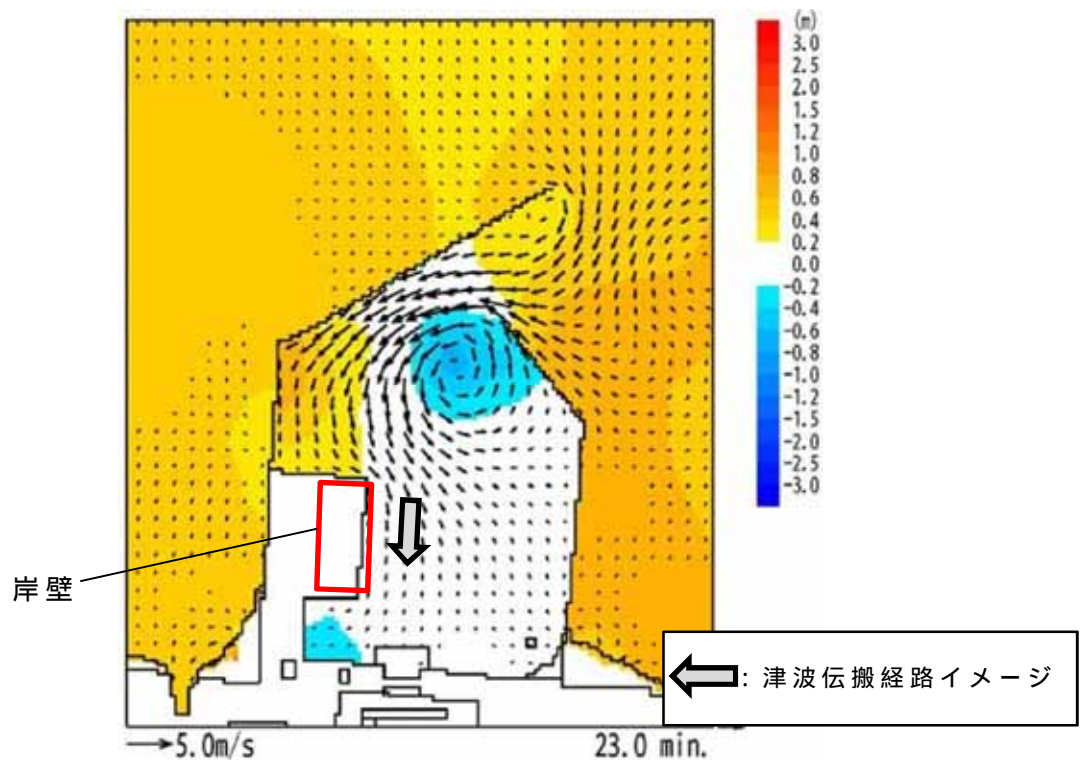
第2図 海域活断層の位置

第2表に，取水口前面位置における各海域活断層の津波高さと到達時間の関係を示す。第2表に示すとおり，F8及びF16を波源とした津波は他の海域活断層を波源とした津波に比べて，早く到達するが，F8及びF16を波源とした津波の到達時刻はほぼ同様であるため，ここでは保守的に最高水位が最も大きいF16を波源とした津波を選定した。

第2表 各海域活断層の津波高さとの到達時間の関係（取水口前面）

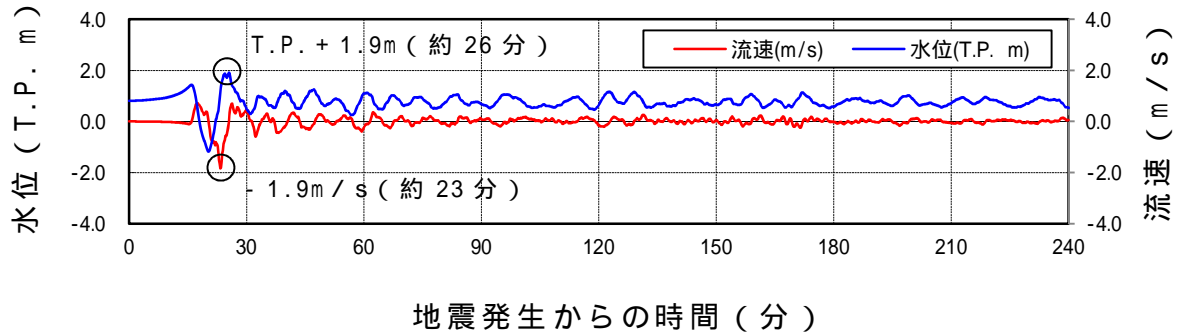
海域活断層名	最高水位（T.P. m）	到達時刻（分）
F1～塩ノ平	+1.7	32
F3～F4	+1.2	43
F8	+1.9	24
F16	+2.0	25

評価対象津波の流向は，第3図に例示するとおり岸壁に対する接線方向の成分が支配的となる。これに対して，輸送船は岸壁と平行して接岸されることから，評価は輸送船の船首及び船尾方向それぞれの流圧力に対する係留索の耐力について実施する。



第3図 評価対象津波の流向

評価対象津波の岸壁位置における水位及び接線方向成分の流速を第4図に示す。



第4図 評価対象津波の水位及び流速（岸壁）

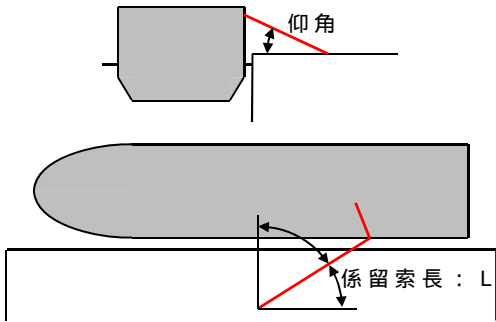
第4図に示すとおり評価対象津波は地震発生後約17分で第一波の最高点に到達後，引き波が発生し，地震発生後約26分の第二波で最高津波高さT.P. + 1.9mに達する。流速は地震発生後約23分に最大1.9m/sに達する。

緊急退避可能時間（本文 第2.5-25図参照）を考慮すると，輸送船は最大流速到達前に退避可能であるものの，今回は係留による対応を仮定し，最大流速1.9m/sで生じる流圧力に対する係留力を評価する。また，係留力の評価にあたっては，第4図に示す押し波高さT.P. + 1.9m( 朔望平均満潮位 (T.P. + 0.61m) 及び2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動 (0.2m沈下) 考慮済み) に上昇側潮位のばらつき (+0.18m) を考慮した最高水位T.P. + 2.1mで評価する。

(3) 係留力

係留力の計算方法を第3表に，計算結果を第4表，第5図及び第6図に示す。

第3表 係留力の計算方法

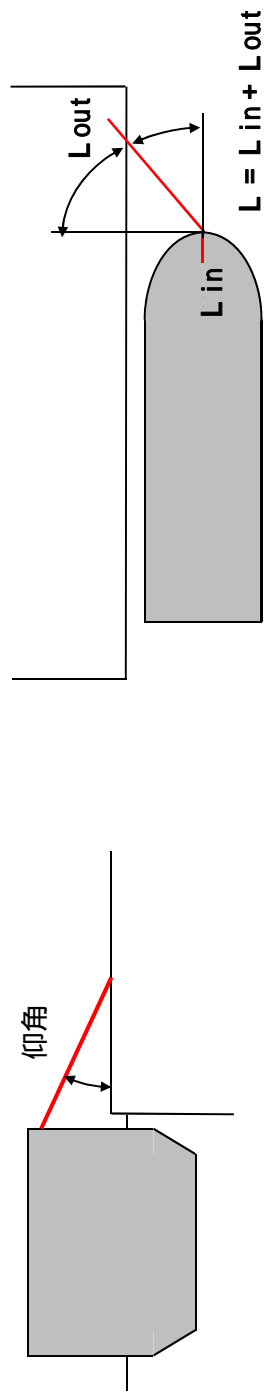
<p>【各索の係留力計算式】</p> $R_x = T \times \left( \frac{\cos^2 \alpha \times \cos^2 \beta}{L} \right) \times \left( \frac{L_c}{\cos \alpha \times \cos \beta} \right)$	
<p> <math>R_x</math> : 前後係留力 [tonf] (前方は添字 f , 後方は添字 a )  <math>T</math> : 係留索 1 本に掛けることができる最大張力 [tonf]  <math>\alpha</math> : 係留索水平角 (岸壁平行線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

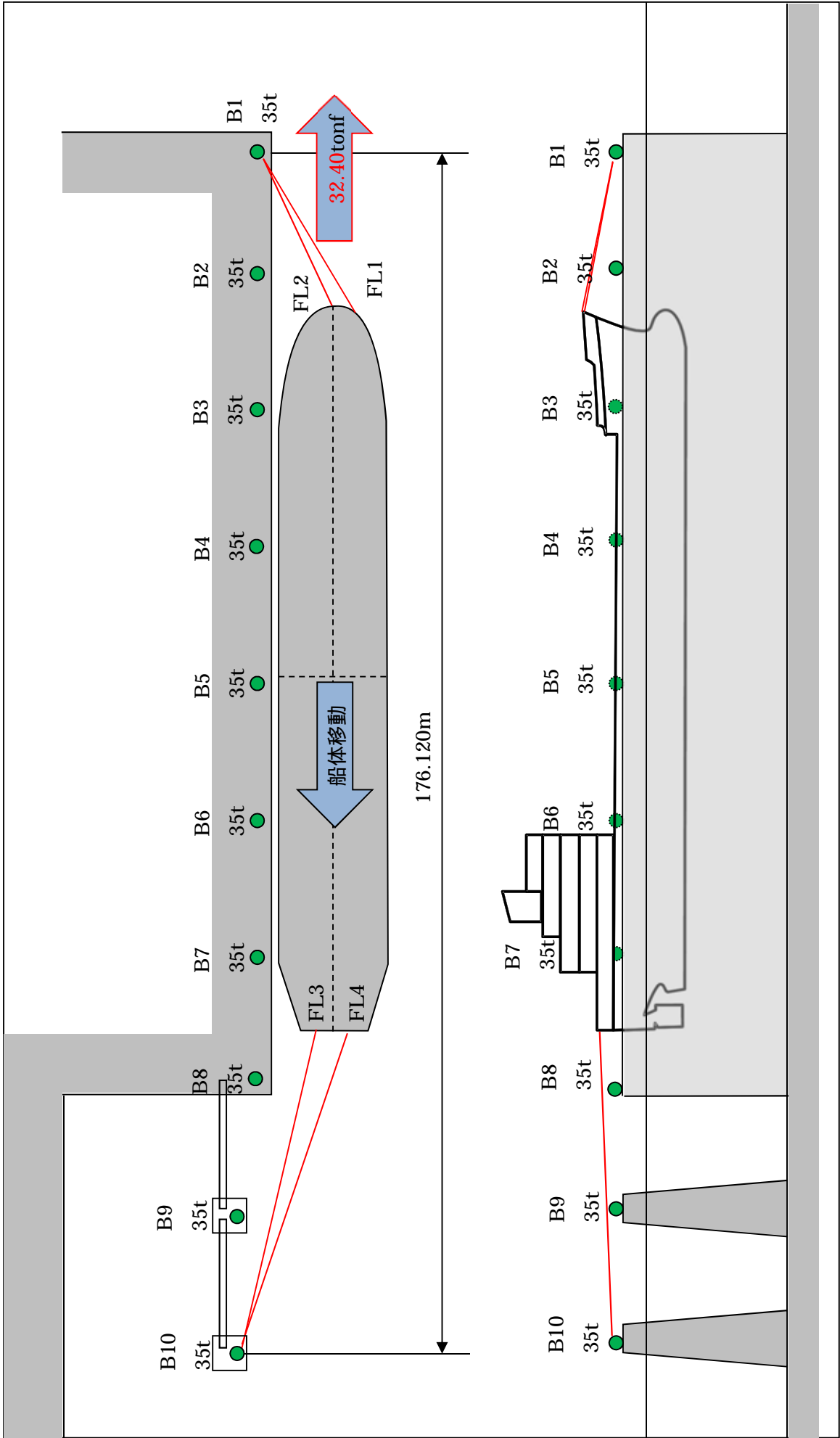
(出典：係留設備に関する指針 OCIMF 刊行)



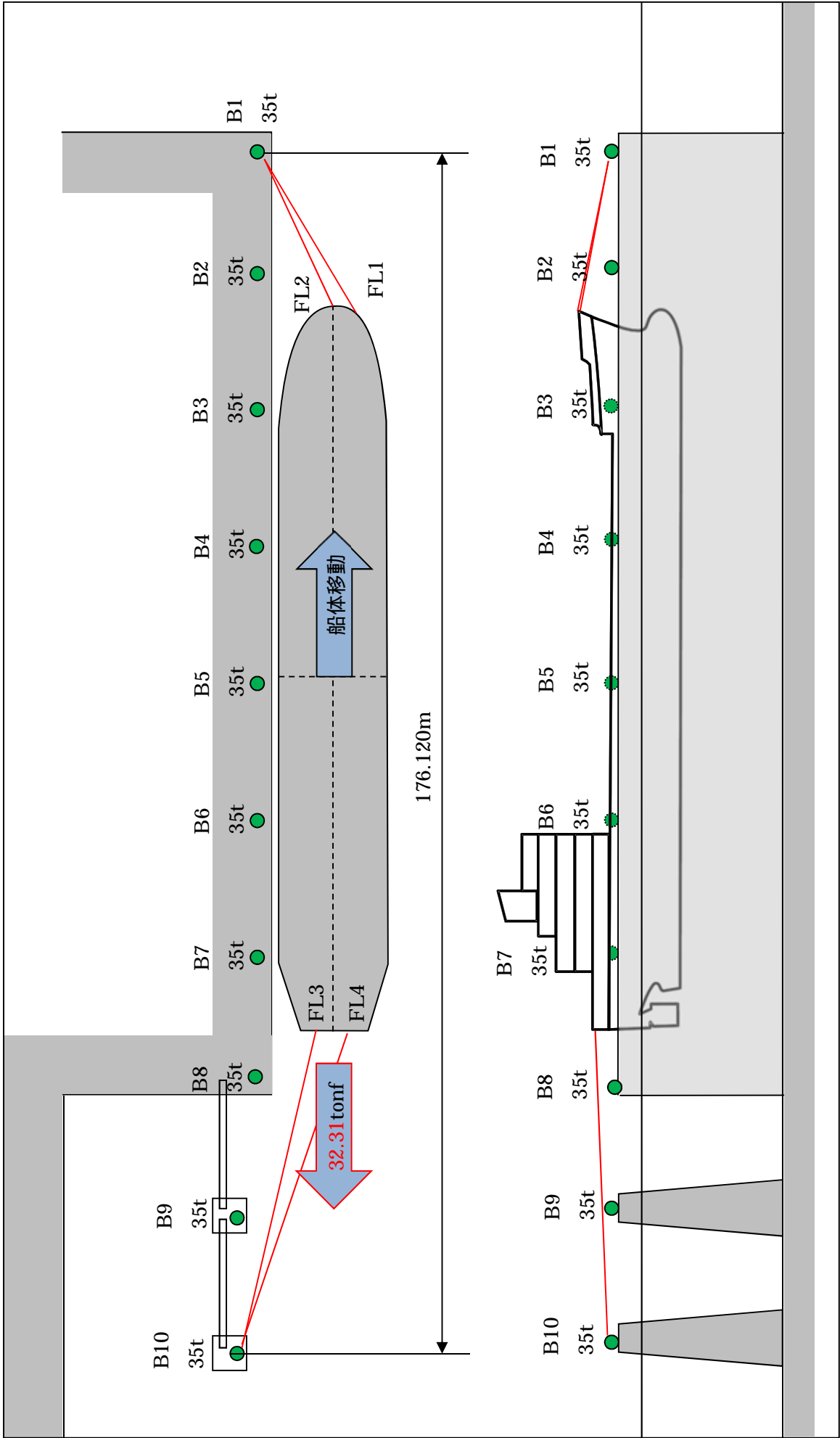
第4表 係留力(第1図)の計算結果

フェアリーダ	係留索	係留柱	係留索長さ		係留角		索張力 T (tonf)	係留力 前後 (tonf)	Bitt Performance				
			船外 (m)		(deg)	(deg)			Bitt Load (tonf)	合計 (tonf)	係留柱強度 (tonf)		
FL1	Line1	B1	36.1		11.3	23.4	17.9	- 16.14	17.93	35.00	35		
FL2	Line2	B1	31.8		12.8	17.9	17.9	- 16.17	17.06				
								<b>- 32.31</b>					
FL3	Line3	B10	49.1		7.9	- 14.3	17.6	16.94	17.64	35.00	35		
FL4	Line4	B10	50.4		7.7	- 19.4	17.6	15.46	17.36				
								<b>32.40</b>					
								前後(+ )計					
								前後(- )計					
								<b>- 32.31</b>					





第5図 船尾方向への移動に対する船首方向係留力



第6図 船首方向への移動に対する船尾方向係留力

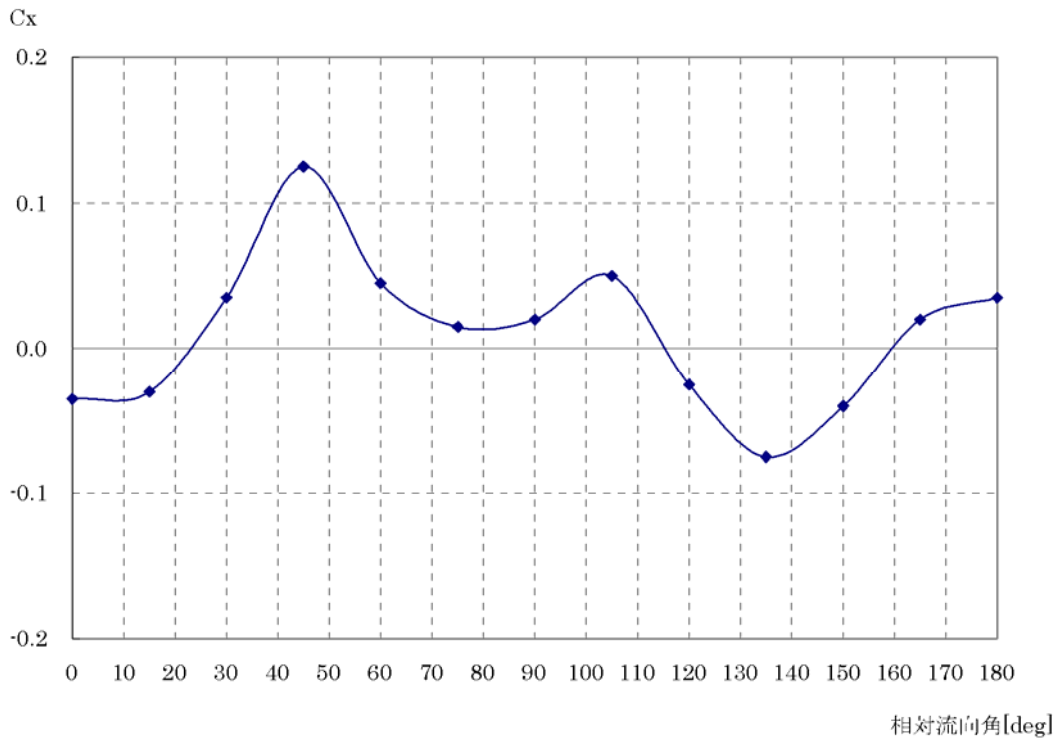
(4) 流圧力

流圧力の計算方法を第5表に示す。計算結果について、前項で求めた係留力と比較した結果を第7図に示す。

第5表 流圧力の計算方法

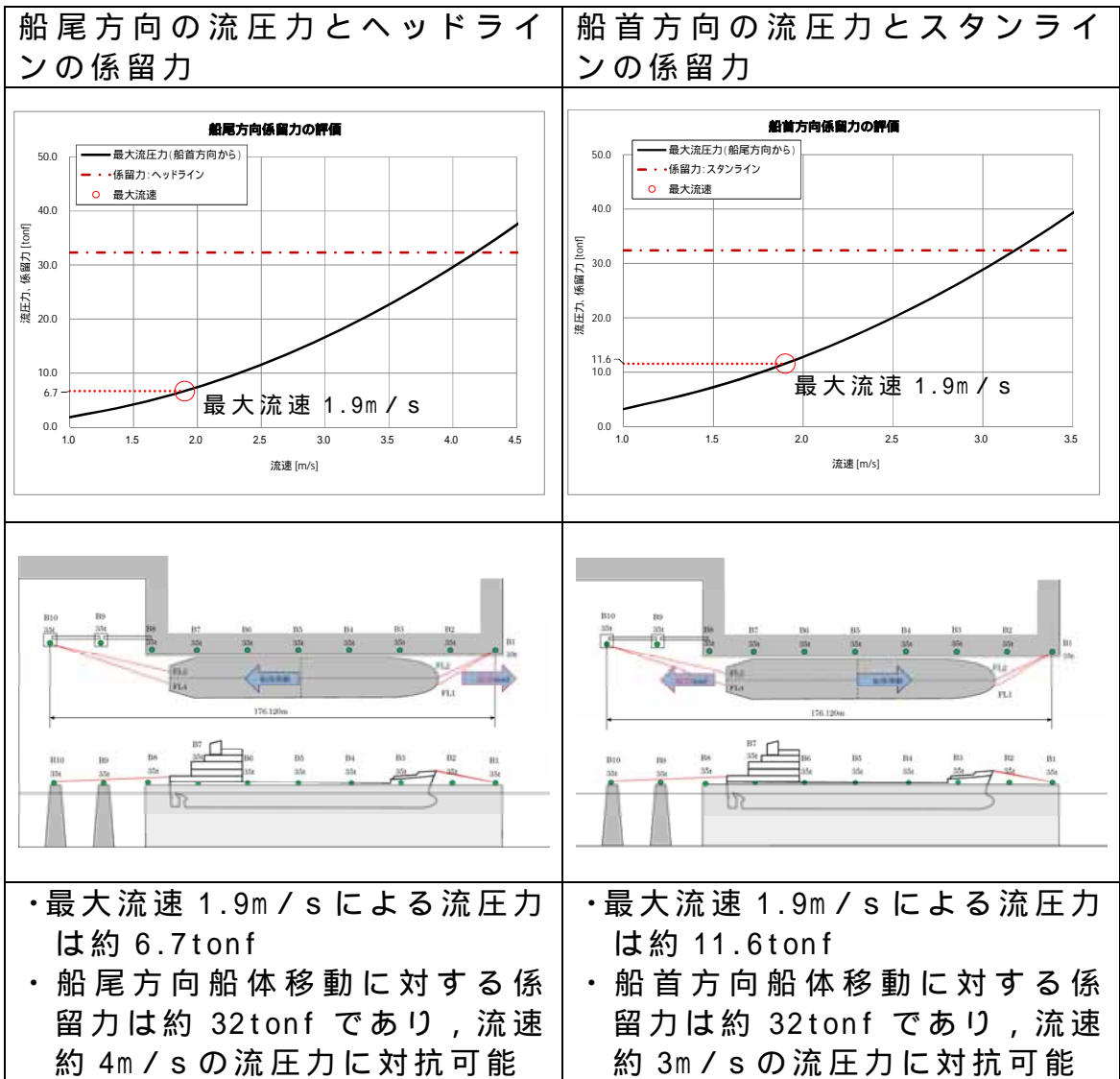
<p>【流圧力計算式】</p> $F_{x_c} = \frac{1}{2} \times C_{x_c} \times \rho_c \times V_c^2 \times L_{pp} \times d$	<p> <math>F_{x_c}</math> : 縦方向流圧力 [kgf]  <math>C_{x_c}</math> : 縦方向流圧力係数  <math>V_c</math> : 流速 [m/s]  <math>L_{pp}</math> : 垂線間長 [m]  <math>d</math> : 喫水 [m]  <math>\rho_c</math> : 水密度 [kg・sec<sup>2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

( 出典 : VLCCにおける風圧及び流圧の予測 OCIMF刊行 )



( 出典 : VLCCにおける風圧及び流圧の予測 OCIMF刊行 )

縦方向流圧力係数 [  $C_x$  ]



第7図 流圧力と係留力比較

### 3. 結 論

評価対象津波(最大流速1.9m / s: 第4図参照)による流圧力に対し，係留力(約32tonf)が上回ることを確認した。

従って，早い津波に対し，輸送船が係留によって対応すると仮定した場合においても，係留力により岸壁に留まり続けることができる。

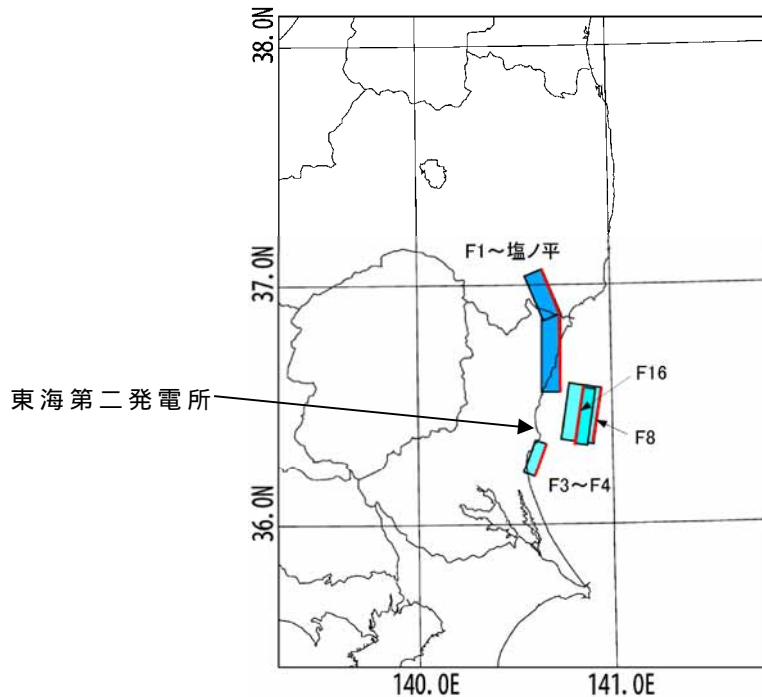
## 燃料等輸送船の喫水と津波高さとの関係について

### 1. 概 要

燃料等輸送船（以下「輸送船」という。）は、津波警報等発表時は、原則として緊急退避するが、極めて短時間に津波が襲来する場合を考慮し、押し波により輸送船が物揚岸壁（以下「岸壁」という。）に乗り上げることはないこと、また引き波により座礁及び転覆するおそれのないことを確認する。

### 2. 評 価

津波警報等発表時は、原則として緊急退避するが、極めて短時間に津波が襲来する場合を考慮し、早く襲来する可能性がある第1図に示す敷地周辺の海域活断層を波源とした津波の中から、**評価対象津波を選定する。**



第1図 検討用海域活断層の位置

第2表に、取水口前面位置における各海域活断層の津波高さと到達時間の関係を示す。第2表に示すとおり、F8及びF16を波源とした津波は他の海域活断層を波源とした津波に比べて、早く到達するが、F8及びF16を波源とした津波の到達時刻はほぼ同様であるため、ここでは保守的に最高水位がもっとも高く、また最低水位がもっとも低いF16を波源とした津波を選定した。

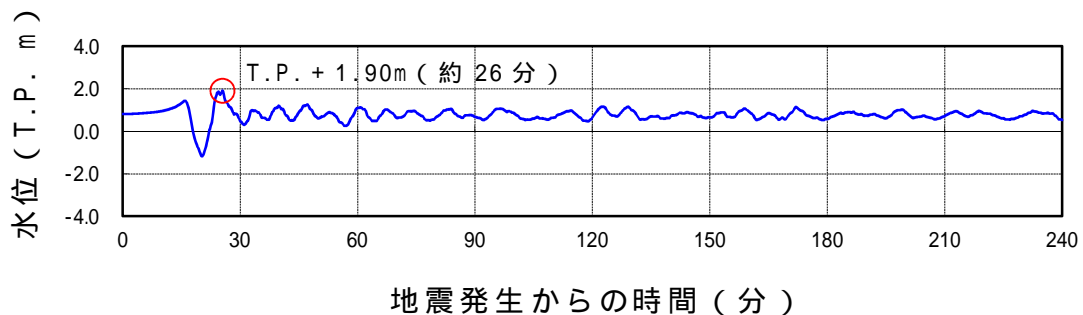
第2表 各海域活断層の津波高さと到達時間の関係（取水口前面）

海域活断層名	押し波		引き波	
	最高水位 (T.P. m)	到達時刻 (分)	最低水位 (T.P. m)	到達時刻 (分)
F1～塩ノ平	+ 1.7	32	- 1.3	43
F3～F4	+ 1.2	43	- 0.8	183
F8	+ 1.9	24	- 1.4	19
F16	+ 2.0	25	- 2.6	21

(1) 津波高さ

a . 押し波

第2図に、最高水位を示した評価対象津波の波形を示す。第2図に示すとおり地震発生後約17分で第一波の最高点に到達後、引き波が発生し、地震発生後約26分の第二波で最高津波高さ（T.P. + 1.90m（朔望平均満潮位（T.P. + 0.61m）及び2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動（0.2m沈下）考慮済み））に達している。

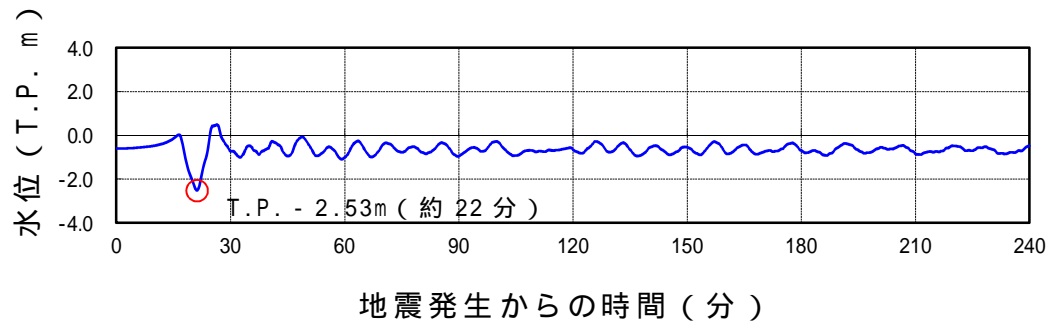


第2図 評価対象津波の波形（最高水位を示したケース，岸壁）

b . 引き波

第3図に、最低水位を示した評価対象津波の波形を示す。第3図に示すとおり地震発生後約17分で第一波の最高点に到達後、引き波が発生し、地震発生後約22分に最低津波高さ（T.P. - 2.53m（朔望平均干潮位（T.P. - 0.81m）及び2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動（0.2m沈下）考慮済み））に達している。



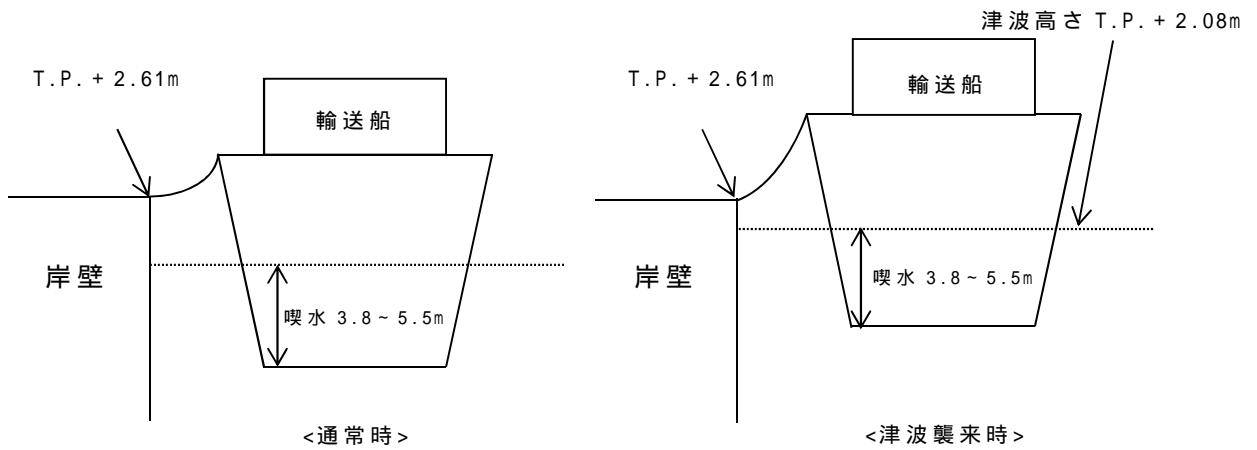


第3図 評価対象津波の波形（最低水位を示したケース，岸壁）

(2) 押し波（岸壁乗上げ評価）

押し波高さと喫水の関係を第4図に示す。第4図に示すとおり，輸送船は岸壁に乗り上げることはないことを確認した。

・ 押し波高さ	T.P. + 1.90m
・ 上昇側潮位のばらつき	+ 0.18m
<hr/>	
（計）	T.P. + 2.08m



第4図 押し波高さと喫水の関係

(備考)

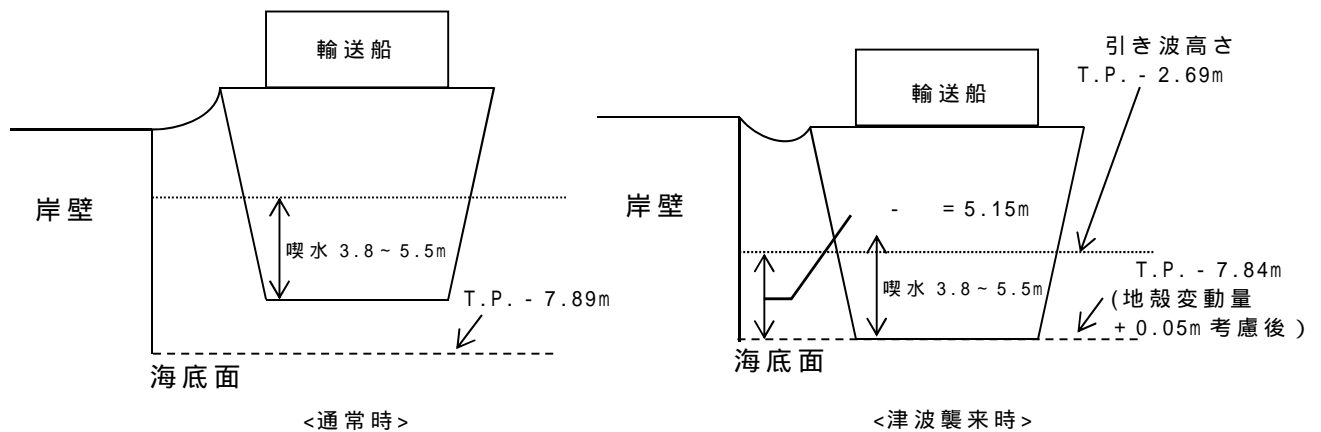
- ・ 津波の原因となる地震による地殻変動（+ 0.05m）は岸壁が高くなる方向に寄与するため，保守的に考慮していない。
- ・ 押し波高さ（T.P. + 1.90m）は，朔望平均満潮位（T.P. + 0.61m）及び2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動（0.2m沈下）を考慮している。
- ・ 輸送船の喫水は，積荷，バラスト水等で変動するが，積荷なしでも3.8m以上（実績）である。

(3) 引き波（着底評価）

引き波高さと喫水の関係を第5図に示す。第5図に示すとおり，輸送船は引き波の最低高さ時には一時的に着底し得るが，この場合も以下の理由により座礁及び転覆することはなく漂流物とならない。

- ・仮に一時的な着底があったとしても，輸送船は二重船殻構造等，十分な船体強度を有しており，水位回復後に退避が可能であり座礁する可能性はない。
- ・輸送船の重量及び扁平的な断面形状より，着底後の引き波による流圧力，又は水位回復時の押し波による流圧力に対して転覆の可能性はない。なお，転覆に関わる評価を別紙に示す。

・ 引き波高さ	T.P. - 2.53m
・ 下降側潮位のばらつき	- 0.16m
<hr/>	
（計）	T.P. - 2.69m



第5図 引き波高さと喫水の関係

(備考)

- ・津波の原因となる地震による地殻変動(+0.05m)を考慮した。
- ・引き波高さ(T.P. - 2.53m)は,朔望平均干潮位(T.P. - 0.81m)及び2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動(0.2m沈下)を考慮している。

### 3. 結 論

朔望平均満潮位,干潮位等の保守的な条件を考慮し,極めて短時間に津波が襲来する場合を仮定しても,輸送船は,津波高さと喫水高さの関係から岸壁に乗り上げることはなく,また,引き波により一時的に着底したとしても,座礁及び転覆せず漂流物とならないことを確認した。

## 燃料等輸送船の着底時の転覆の可能性について

## 1. 概要

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

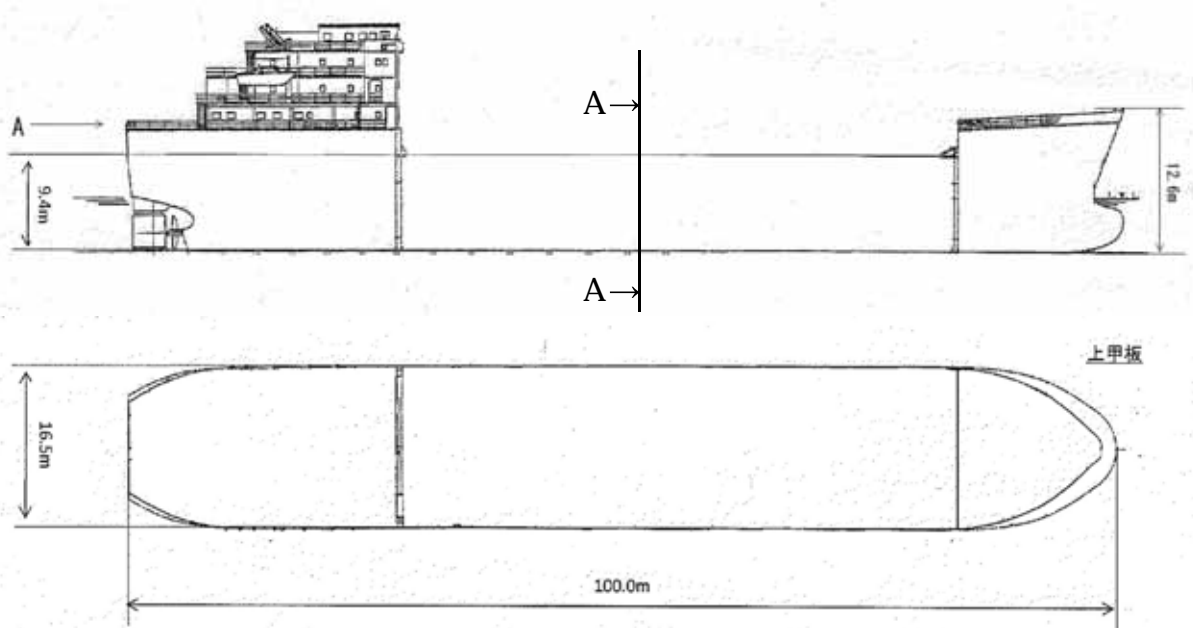
## 2. 評価条件

## (1) 輸送船の仕様・形状

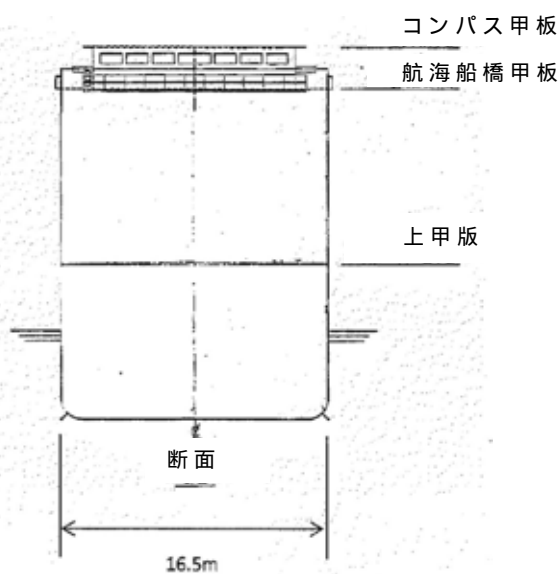
輸送船の仕様を第1表に，外形図を第1図及び第2図に示す。

第1表 輸送船の仕様

項目	仕様
満載排水量	約 7,000t
載貨重量トン	約 3,000t
喫水	約 5m
全長	100.0m（垂線間長：94.4m）
型幅	16.5m



第1図 輸送船外形図

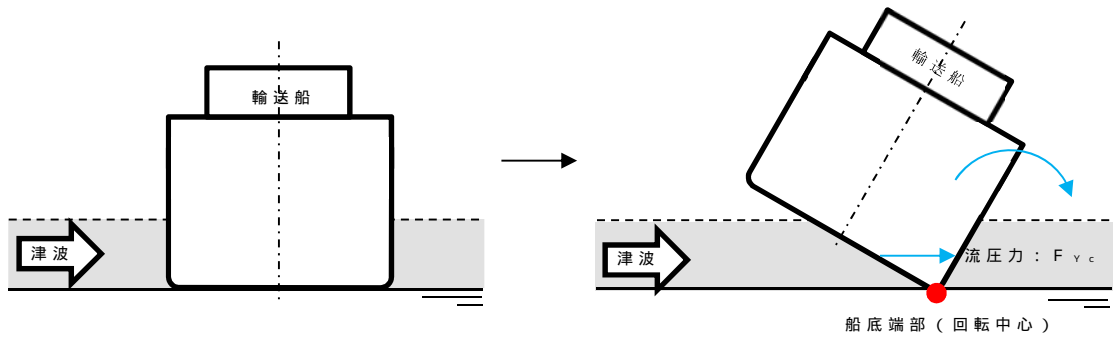


第2図 輸送船外形図（A矢視）

(2) 転覆モード

一般の船舶の場合，丸型やV型の船底を有しているものがあるが，輸送船は第2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

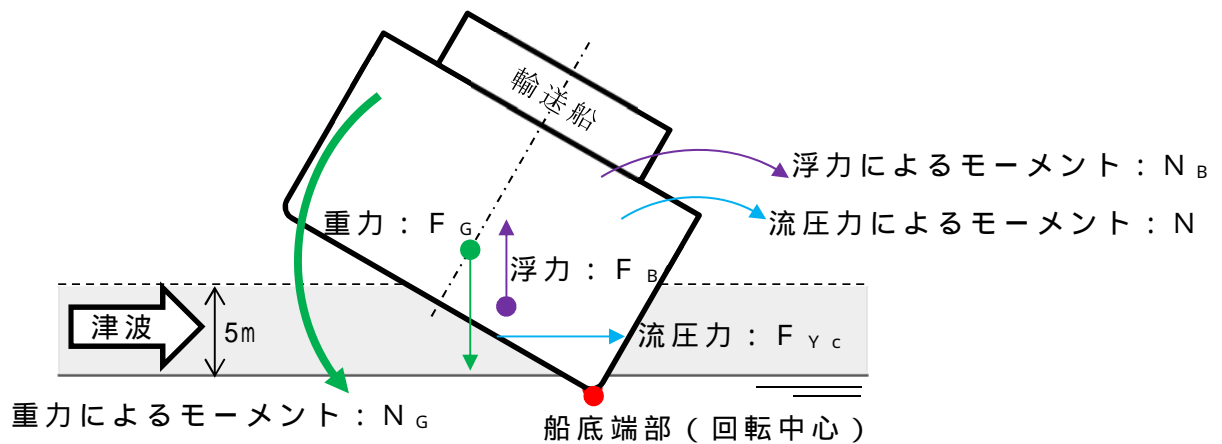
に輸送船が津波を受けた際に船底の端部が海底に引っ掛かり，船底端部周りに回転する状況を想定し，転覆可能性の評価を行うものとする。



第3図 想定転覆モード

### 3. 転覆評価

第3図の転覆モードにおいて輸送船に働く力とモーメントを第4図に示す。



第4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  $F_G$

$N_G$ によるモーメント  $N_G$  がこれらのモーメントと逆方向に発生し輸送船の傾きを戻す。この際、流圧力及び浮力によるモーメントにより傾きが増大し、重心位置が回転中心の鉛直線上を超える場合には転覆する。

重心位置が回転中心の鉛直線上にあるときの傾きは約  $48^\circ$  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。

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

$N_G$  : 重力によるモーメント [ tonf · m ]

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

$X(GR)$  : 重心と回転中心の水平方向距離 [ m ] ( 4.5 )

次に流圧力によるモーメント  $N$  は次式にて計算できる。

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

$N$  : 流圧力によるモーメント [ tonf · m ]

$F_{Yc}$  : 流圧力 [ tonf ]

$W$  : 水位 [ m ]

$d$  : 喫水 [ m ] ( = 5 )



ここで、流圧力は受圧面積が最大の際に**もっとも**大きくなり、かつ、流圧力によるモーメントは流圧力の作用点と回転中心との距離が最大の際に**もっとも**大きくなるため、本評価における水位は喫水と同等とした。

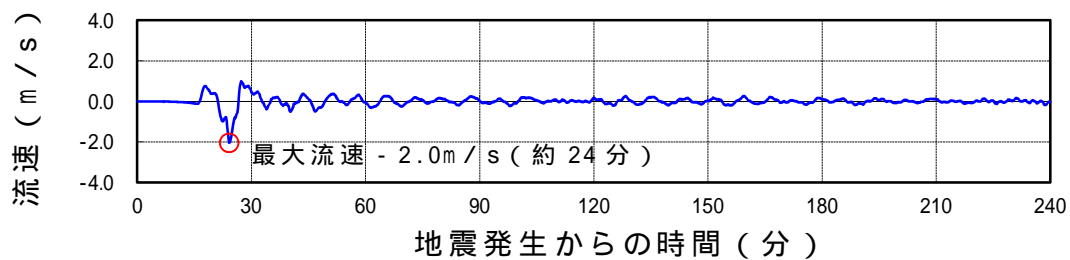
また、横方向の流圧力  $F_{Yc}$  を第2表に示す方法で計算する。

第2表 横方向流圧力の計算方法

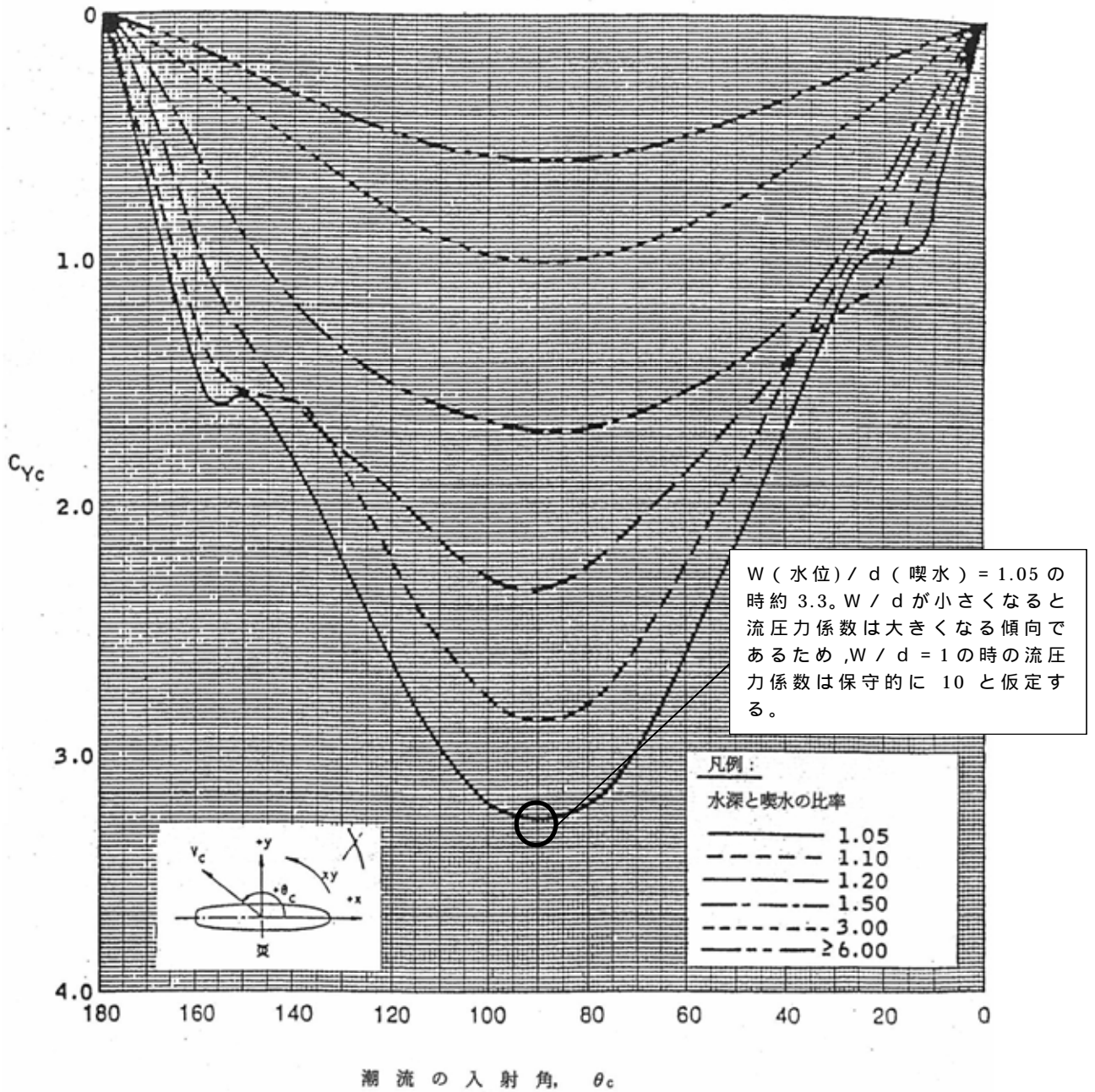
<p>【流圧力計算式】</p> $F_{Yc} = \frac{1}{2} \times C_{Yc} \times c \times V_c^2 \times L_{pp} \times d$	<p><math>F_{Yc}</math> : 横方向流圧力 [kgf]</p> <p><math>C_{Yc}</math> : 横方向流圧力係数</p> <p><math>V_c</math> : 流速 [m/s]</p> <p><math>L_{pp}</math> : 垂線間長 [m]</p> <p><math>d</math> : 喫水 [m]</p> <p><math>c</math> :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

( 出典 : VLCCにおける風圧及び流圧の予測 OCIMF刊行 )

このとき、流速は第5図に示す最低水位を示した早く襲来する津波の最大流速2.0m/sを適用し、横方向流圧力係数を第6図より10と仮定する。



第5図 早く襲来する津波の流速 (最低水位を示したケース, 岸壁)



( 出典 : VLCCにおける風圧及び流圧の予測 OCIMF刊行 )

第6図 横方向流圧力係数

第2表により  $F_{Yc}$  は以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned}
 F_{Yc} &= 1 \div 2 \times 10 \times 104.5 \times 2.0^2 \times 94.4 \times 5 \\
 &= 986,480 \text{ [ kgf ]} \\
 &= 1,000 \text{ [ tonf ]}
 \end{aligned}$$

したがって、流圧力によるモーメント $N$ は以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned} N &= F_{Yc} \times d \div 2 \\ &= 1,000 \times 5 \div 2 \\ &= 2,500 \text{ [ tonf}\cdot\text{m ]} \end{aligned}$$

最後に浮力によるモーメント $N_B$ は次式にて評価する。

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

$N_B$  : 浮力によるモーメント [ tonf·m ]

$F_{Br}$  : 傾いた際の輸送船の浮力 [ tonf ] ( 1,700 )

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

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

$$\begin{aligned} N + N_B &= 2,500 + 5,100 \\ &= 7,600 \text{ [ tonf}\cdot\text{m ]} < N_G (= 18,000) \text{ [ tonf}\cdot\text{m ]} \end{aligned}$$

#### 4. 結 論

輸送船は着底後に津波による流圧力を受けてもその形状から通常の状態であれば転覆することはない、また、保守的に船底の一部が固定されるような状態を想定した場合であっても転覆しないことを確認した。

## 基準類における衝突荷重の算定式

## 1. はじめに

東海第二発電所において考慮する漂流物の衝突荷重の算定に当たり，既往の算定式について調査するとともに，その結果に基づき適用する算定式について検討した。

## 2. 基準類における衝突荷重算定式について

「耐津波設計に係る工認審査ガイド」において，記載されている参考規格・基準類のうち，漂流物の衝突荷重又は衝突エネルギーについて記載されているものは，「道路橋示方書・同解説 共通編（（社）日本道路協会，平成14年3月）」及び「津波漂流物対策設計ガイドライン（案）（財）沿岸技術研究センター，（社）寒地港湾技術研究センター（平成21年）」であり，それぞれ以下のように適用範囲・考え方，算定式を示している。

## 2.1 道路橋示方書・同解説 共通編

## (1) 適用範囲・考え方

橋（橋脚）への自動車，流木あるいは船舶等が衝突する場合の衝突荷重を算定する式を示している。

## (2) 算定式

$$\text{衝突力 } P = 0.1 \times W \times v$$

ここで， $P$ ：衝突力（kN）

$W$ ：流送物の重量（kN）

$v$ ：表面流速（m/s）

これは、衝突荷重として、基準に示される唯一の算定式である。

## 2.2 津波漂流物対策設計ガイドライン（案）

### (1) 適用範囲・考え方

「漁港・漁場の施設の設計の手引き（全国漁港漁場協会2003年版）」の接岸エネルギーの算定方法に準じて設定されたもので、漁船のほか、車両、流木、コンテナにも適用される。支柱及び漂流物捕捉スクリーンの変形でエネルギーを吸収させることにより、漂流物の侵入を防ぐための津波漂流物対策施設の設計に適用される式を示している。

### (2) 算定式

$$\text{船舶の衝突エネルギー } E = E_0 = W \times v^2 / 2g$$

船の回転により衝突エネルギーが消費される（1/4点衝突）の場合：

$$E = E_0 = W \times v^2 / 4g$$

$$\text{ここで、} W = W_0 + W_w = W_0 + (1/4) \times D^2 L \times \gamma_w$$

W：仮想重量（kN）

W<sub>0</sub>：排水トン数（kN）

W<sub>w</sub>：付加重量（kN）

D：喫水（m）

L：横付けの場合は船の長さ，縦付けの場合は船の幅（m）

γ<sub>w</sub>：海水の単位体積重量（kN/m<sup>3</sup>）

これは、鋼管杭等の支柱の変形及びワイヤーロープの伸びにより衝突エネルギーを吸収する考え方であり、弾性設計には適さないものである。

## 3. 漂流物の衝突荷重算定式の適用事例

安藤ら（2006）<sup>1</sup>によれば、南海地震津波による被害を想定して、高知港

を対象に平面二次元津波シミュレーション結果に基づいた被害予測手法の検討を行い、特に漂流物の衝突による構造物の被害、道路交通網等アクセス手段の途絶について検討を行い、港湾全体における脆弱性評価手法を検討している。この中で、荷役設備・海岸施設の漂流物による被害を検討するに当たって、漂流物の衝突力を算定しており、船舶については道路橋示方書による式を選定している（下表参照）。

1：地震津波に関する脆弱性評価手法の検討 沿岸技術研究センター論文集 No.6(2006)

表-1 各施設の許容漂流速度

		選 定 式	対象施設		
			クレーン	水門	倉庫
車両		陸上遡上津波と漂流物の衝突力に関する実験的研究 <sup>4)</sup>	4.8 m/s	1.5 m/s	1.5 m/s
コンテナ	20ft	陸上遡上津波と漂流物の衝突力に関する実験的研究 <sup>4)</sup>	4.9 m/s	1.5 m/s	1.5 m/s
	40ft	陸上遡上津波と漂流物の衝突力に関する実験的研究 <sup>4)</sup>	4.7 m/s	1.5 m/s	1.5 m/s
船舶	小型	衝突荷重（道路橋示方書）	5.0m/s超	5.0m/s超	5.0m/s超
	大型	衝突荷重（道路橋示方書）	5.0m/s超	1.8 m/s	1.8 m/s
木材		陸上遡上津波と漂流物の衝突力に関する実験的研究 <sup>4)</sup>	5.0m/s超	1.7 m/s	1.7 m/s

また、船舶による衝突荷重の算出においては、（財）沿岸技術研究センター及び国土交通省国土技術政策総合研究所による研究においても、道路橋示方書に示される算定式が採用されており、船舶による漂流荷重に対する適用性が示されている。

#### 4. 漂流物による衝突力算定式に関する既往の研究論文

平成23年度 建築基準整備促進事業「40．津波危険地域における建築基準等の整備に資する検討」中間報告 その2（平成23年10月 東京大学生産技術研究所）では、「漂流物が建築物に及ぼす影響の評価について研究途上の段階であり、断片的な知見が得られているのみである。また、建築物に被害をもたらした漂流物の詳細情報は被害調査から得られず、既往の知見は検

証できなかった」としている。また、漂流物が建築物に衝突する際に瞬間的に作用する衝突力に関する既往の研究を示しているが、「対象としている漂流物は(a)，(b)，(d)，(e)が流木，(c)，(d)，(e)がコンテナである（(e)は任意の漂流物を対象としているものの実質流木とコンテナしか算定できない）。」としている。一方、東海第二発電所において漂流物として選定されたものは、作業台船及び漁船であり、対象が異なることから、これら評価式は適用できない。以下にそれぞれの評価式（(a)～(e)）を示す。

### 漂流物による衝突力評価式に関する既往の研究論文（1/2）

既往の評価式	内 容
(a) 松富の評価式  [1] 松富英夫：流木衝突力の実用的な評価式と変化特性，土木学会論文集，No. 621，pp. 111-127，1999.5	松富[1]は、津波による流木の衝突力を次式の通り提案している。本式は、円柱形状の流木が縦向きに衝突する場合の衝突力評価式である。 $\frac{F_m}{\gamma D^2 L} = 1.6 C_{MA} \left\{ \frac{v_{A0}}{(gD)^{0.5}} \right\}^{1.2} \left( \frac{\sigma_f}{\gamma L} \right)^{0.4}$ ここで、 $F_m$ ：衝突力 $C_{MA}$ ：見かけの質量係数（段波，サージでは1.7，定常流では1.9） $v_{A0}$ ：流木の衝突速度 $D$ ：流木の直径 $L$ ：流木の長さ $f$ ：流木の降伏応力 $\gamma$ ：流木の単位体積重量 $g$ ：重力加速度
(b) 池野らの評価式  [2] 池野正明・田中寛好：陸上遡上津波と漂流物の衝突力に関する実験的研究，海岸工学論文集，第50巻，pp. 721-725，2003	池野ら[2]は、円柱以外にも角柱，球の形状をした木材による衝突力を次式の通り提案している。 $\frac{F_H}{gM} = S \cdot C_{MA} \left\{ \frac{V_H}{(g^{0.5} D^{0.25} L^{0.25})} \right\}^{2.5}$ ここで、 $F_H$ ：漂流物の衝突力 $S$ ：係数（5.0） $C_{MA}$ ：付加質量係数（円柱横向き：2.0（2次元），1.5（3次元），角柱横向き：2.0～4.0（2次元），1.5（3次元），円柱縦向き：2.0程度，球：0.8程度） $V_H$ ：段波波速 $D$ ：漂流物の代表高さ $L$ ：漂流物の代表長さ $M$ ：漂流物の質量 $g$ ：重力加速度
(c) 水谷らの評価式  [3] 水谷法美ら：エプロン上のコンテナに作用する津波力と漂流衝突力に関する研究，海岸工学論文集，第52巻pp. 741-745，2005	水谷ら[3]は、津波により漂流するコンテナの衝突力を次式の通り提案している。 $F_m = 2\rho_w \eta_m B_c V_x^2 + \frac{WV_x}{gdt}$ ここで、 $F_m$ ：漂流衝突力 $dt$ ：衝突時間 $m$ ：最大遡上水位 $w$ ：水の密度 $B_c$ ：コンテナ幅 $V_x$ ：コンテナの漂流速度 $W$ ：コンテナ重量 $g$ ：重力加速度

漂流物による衝突力評価式に関する既往の研究論文（2 / 2）

既往の評価式	内 容															
<p>(d) 有川らの評価式</p> <p>[4] 有川太郎ら：遡上津波によるコンテナ漂流力に関する大規模実験，海岸工学論文集，第54巻，pp.846-850，2007</p> <p>[5] 有川太郎ら：津波による漂流木のコンクリート壁面破壊に関する大規模実験，土木学会論文集B2，Vol.66，No.1，pp.781-785，2010</p>	<p>有川ら[4]は，コンクリート構造体に鋼製構造物（コンテナ等）が漂流衝突する際の衝突力を次式の通り提案している。</p> $F = \gamma_p \chi^{2/5} \left( \frac{5}{4} \tilde{m} \right)^{3/5} v^{6/5}$ $\chi = \frac{4\sqrt{a}}{3\pi} \frac{1}{k_1 + k_2}, \quad k = \frac{1-v^2}{\pi E}, \quad \tilde{m} = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$ <p>ここで，F：衝突力  a：衝突面半径の1/2（コンテナ衝突面の縦横長さの平均の1/4）  E：ヤング率（コンクリート版）  ：ポアソン比  m：質量  v：衝突速度  p：塑性によるエネルギー減衰効果（0.25）  m やk の添え字は，衝突体と被衝突体を示す。  また，有川ら[5]は，松富[1]にならひ，上式において<math>m = C_{MA} m</math>（<math>C_{MA}</math>：サージタイプの1.7）とすることで，流木のコンクリート版に対する衝突力を評価できるとしている。</p>															
<p>(e) FEMA の評価式</p> <p>[6] FEMA, Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis, FEMA P646,</p>	<p>FEMA P646[6]では，漂流物による衝突力を正確に評価するのは困難としながら，以下の式を一例として示している。</p> $F_i = C_m u_{\max} \sqrt{km}$ <p>ここで，<math>F_i</math>：衝突力  <math>C_m</math>：付加質量係数（2.0 を推奨）  <math>u_{\max}</math>：最大流速  m：漂流物の質量  k：漂流物の有効剛性  漂流物の質量・有効剛性は主要な漂流物について表3.1の通り概略値が与えられているが，それ以外の漂流物については設計において評価することとなっている。</p> <p style="text-align: center;">表 3.1 漂流物の質量と有効剛性</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>漂流物</th> <th>質量 <math>m</math> [kg]</th> <th>有効剛性 <math>k</math> [N/m]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>材木・丸太</td> <td>450</td> <td><math>2.4 \times 10^6</math></td> </tr> <tr> <td>40ft コンテナ</td> <td>3,800（空載）</td> <td><math>6.5 \times 10^8</math></td> </tr> <tr> <td>20ft コンテナ</td> <td>2,200（空載）</td> <td><math>1.5 \times 10^9</math></td> </tr> <tr> <td>20ft 重量コンテナ</td> <td>2,400（空載）</td> <td><math>1.7 \times 10^9</math></td> </tr> </tbody> </table>	漂流物	質量 $m$ [kg]	有効剛性 $k$ [N/m]	材木・丸太	450	$2.4 \times 10^6$	40ft コンテナ	3,800（空載）	$6.5 \times 10^8$	20ft コンテナ	2,200（空載）	$1.5 \times 10^9$	20ft 重量コンテナ	2,400（空載）	$1.7 \times 10^9$
漂流物	質量 $m$ [kg]	有効剛性 $k$ [N/m]														
材木・丸太	450	$2.4 \times 10^6$														
40ft コンテナ	3,800（空載）	$6.5 \times 10^8$														
20ft コンテナ	2,200（空載）	$1.5 \times 10^9$														
20ft 重量コンテナ	2,400（空載）	$1.7 \times 10^9$														

5. まとめ

既往の知見によると，さまざまな漂流物の衝突力算定式が提案されているが，いずれも東海第二発電所で想定する作業台船及び漁船の衝突とは状況が



異なり適用できない。これに対して、(財)沿岸技術研究センター及び国土交通省による検討においても、船舶の衝突荷重の算定については、「耐津波設計に係る工認審査ガイド」に記載されている道路橋示方書に示される算定式を採用していることから、東海第二発電所で想定する漂流物の衝突荷重は、道路橋示方書による方法で算定することとする。

### 漂流物の移動量算出の考え方について

漂流物調査の範囲は、漂流物が東海第二発電所へ到達する可能性がある距離から、東海第二発電所から半径約 5km を範囲として設定している。漂流物が到達する可能性がある距離として、津波の流向及び流速とその継続時間から漂流物の移動量を算出している。漂流物の移動量算出の考え方の詳細について、以下に示す。

漂流物の移動量は、東海第二発電所周辺の海域の 18 箇所の抽出地点での流向及び流速より求める。第 1 図に水位、流向及び流速の抽出地点を示す。

津波の流向が発電所の方向へ向かっている時に、漂流物が発電所に接近すると考え、取水口より北側の抽出地点では東から西への方向かつ北から南への方向の流向を抽出し、取水口より南側の抽出地点では東から西への方向かつ南から北への方向の流向を抽出して評価する。また、90°方向については、東から西へ向かう方向の流向を抽出して評価する。第 2 図に、各抽出地点において考慮する流向の範囲を示す。

流速については、発電所へ向かう流向が継続している間にも流速は刻々と変化しているが、保守的に最大流速が継続しているものと仮定する。

以上より、抽出された流向の継続時間と最大流速の積により漂流物の移動量を算出する。

各抽出地点における各々の抽出された流向について、同様に漂流物の移動量を算出し、最大となった値をその抽出地点の漂流物の移動量とする。

抽出地点(1km,90°)(防波堤あり)においては、8箇所東から西へ向かう流向となる。これらの抽出された流向のうち、継続時間37.2分、最大流速1.6m/sの時に移動量が最大となり、移動量は3.6km(3572m)となる。第3図に抽出地点(1km,90°)(防波堤あり)における漂流物の移動量の算出の考え方を示す。

抽出地点(3km,150°)(防波堤なし)においては、11箇所東から西かつ南から北へ向かう流向となる。これらの抽出された流向のうち、継続時間9.9分、最大流速5.2m/sの時に移動量が最大となり、移動量は3.1km(3089m)となる。第4図に抽出地点(3km,150°)(防波堤なし)における漂流物の移動量の算出の考え方を示す。

他の抽出地点においても同様に漂流物の移動量を算出する。第1表に、各抽出地点における漂流物の移動量の算出結果を示す。

また、第5-1図から第16-3図に各抽出地点における水位、流速及び流向の時刻歴を示す。

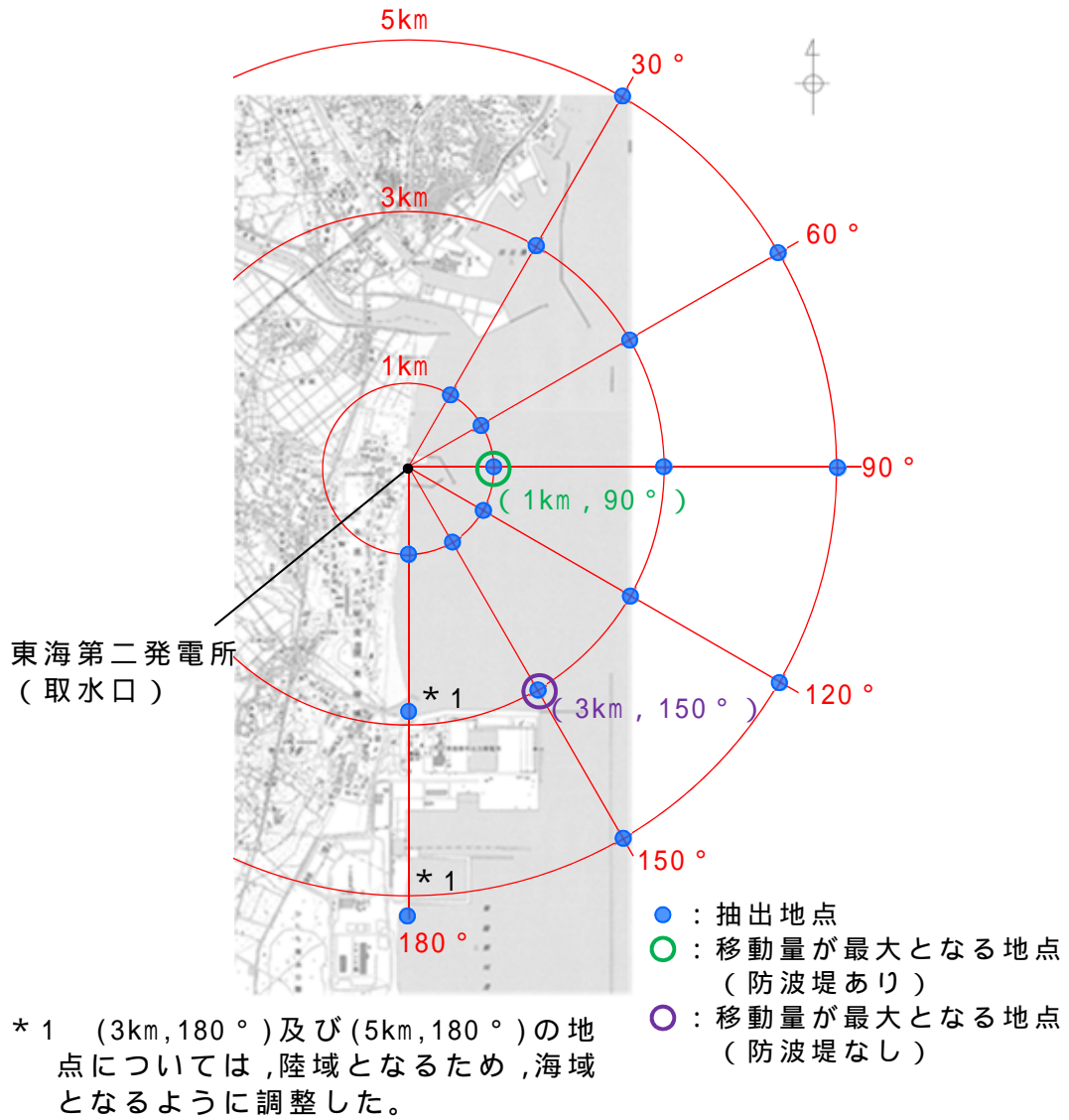
第 1 表 各抽出地点における漂流物の移動量

( 防波堤ありの場合 )

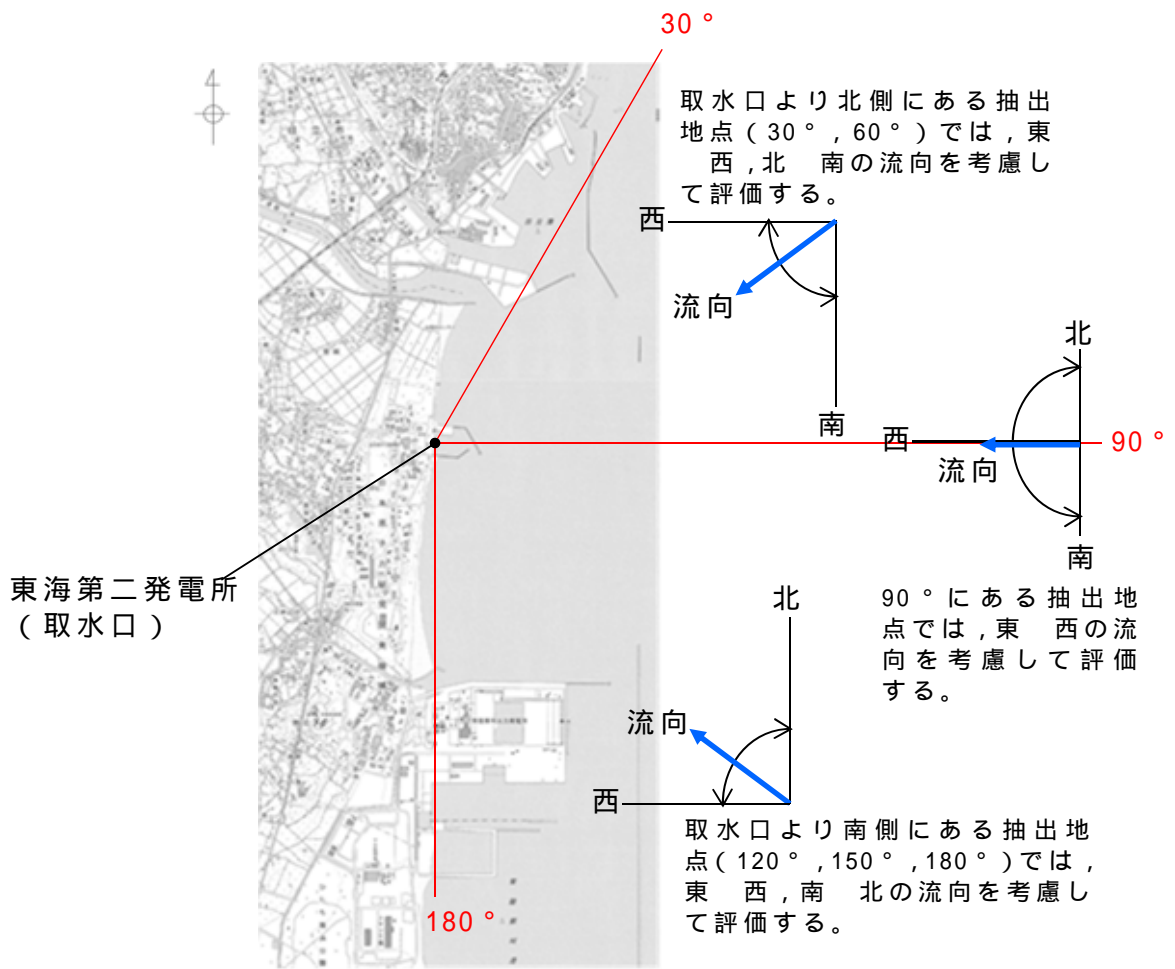
抽出地点	30 °	60 °	90 °	120 °	150 °	180 °
1km	206m	510m	3572m	1275m	2099m	2278m
3km	170m	1131m	1772m	22m	1014m	1512m
5km	429m	572m	1575m	644m	610m	1422m

( 防波堤なしの場合 )

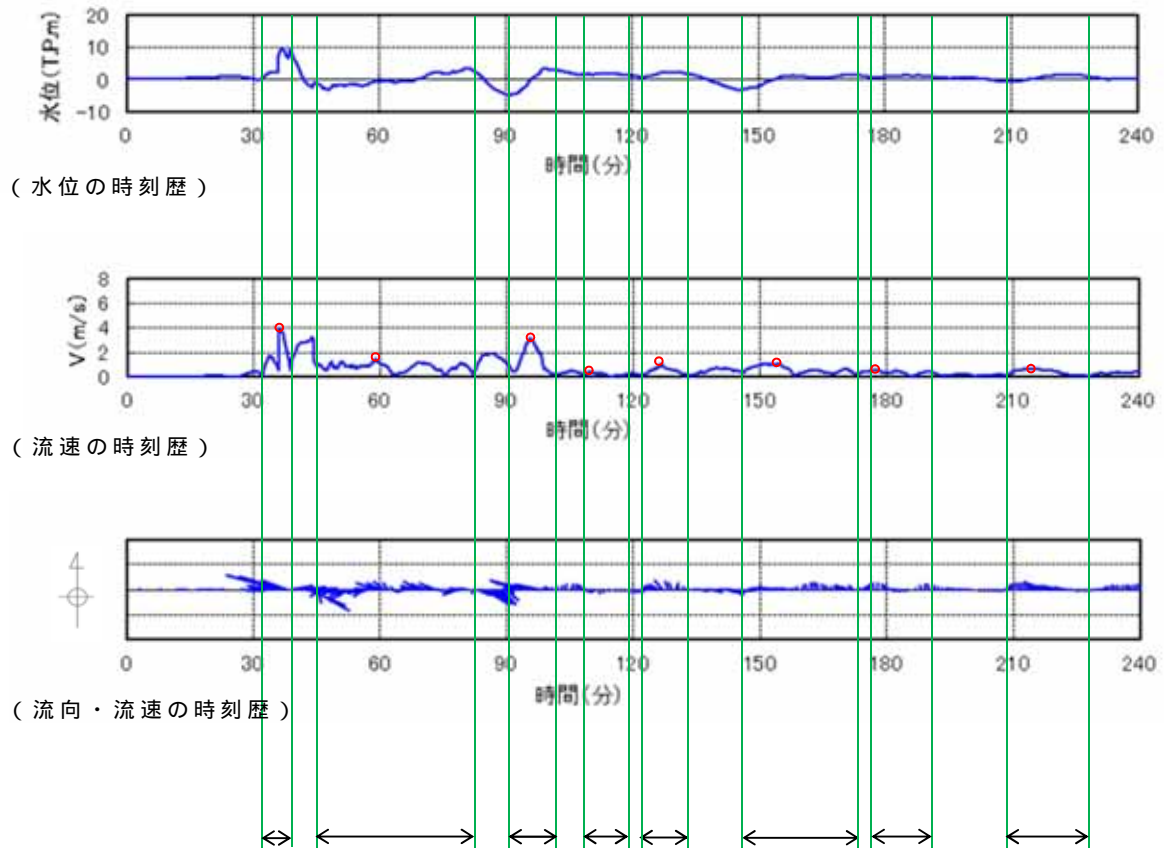
抽出地点	30 °	60 °	90 °	120 °	150 °	180 °
1km	461m	792m	1449m	1268m	1155m	1710m
3km	445m	857m	1772m	1556m	3089m	10m
5km	1232m	1063m	1575m	1575m	1470m	1617m



第 1 図 水位, 流向, 流速の抽出地点

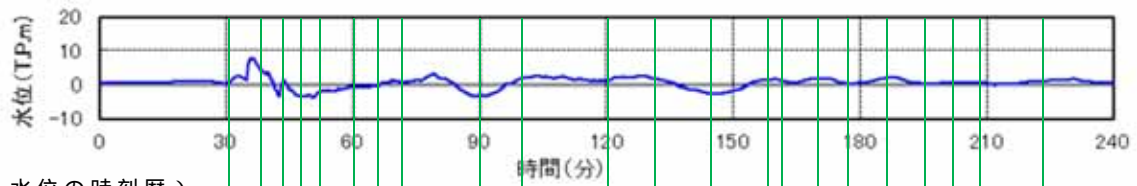


第 2 図 時系列データの抽出地点において考慮する流向の範囲

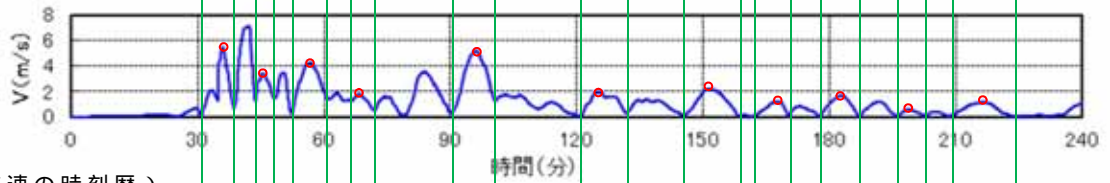


(継続時間)	×	(最大流速)	=	(移動量)
6.9[分]	×	4.0[m/s] × 60	=	1656[m]    1.7[km]
<u>37.2[分]</u>	×	<u>1.6[m/s] × 60</u>	=	<u>3572[m]</u> <u>3.6[km]</u>
10.8[分]	×	3.1[m/s] × 60	=	2009[m]    2.1[km]
10.9[分]	×	0.5[m/s] × 60	=	327[m]    0.4[km]
11.1[分]	×	1.1[m/s] × 60	=	733[m]    0.8[km]
26.9[分]	×	1.1[m/s] × 60	=	1776[m]    1.8[km]
14.5[分]	×	0.6[m/s] × 60	=	522[m]    0.6[km]
19.1[分]	×	0.8[m/s] × 60	=	917[m]    1.0[km]

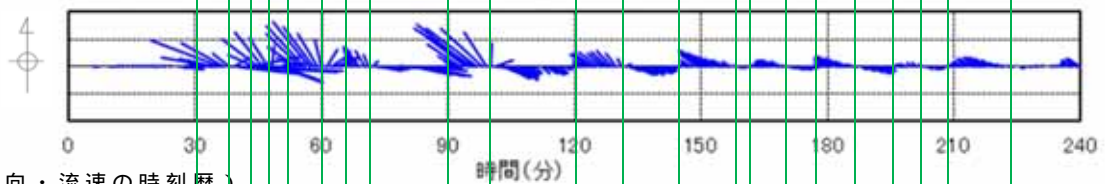
第3図 抽出地点(1km, 90°)(防波堤あり)における漂流物の移動量の算出の考え方



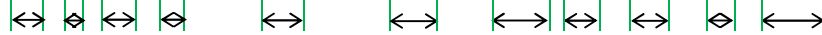
(水位の時刻歴)



(流速の時刻歴)



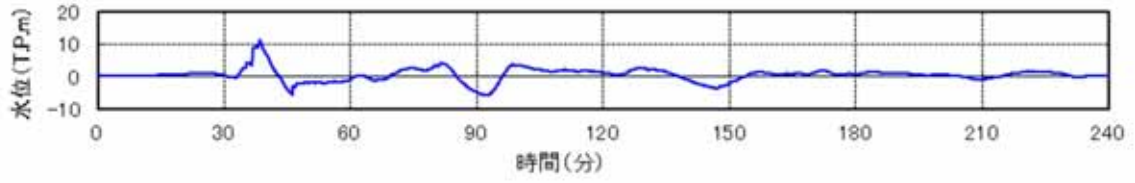
(流向・流速の時刻歴)



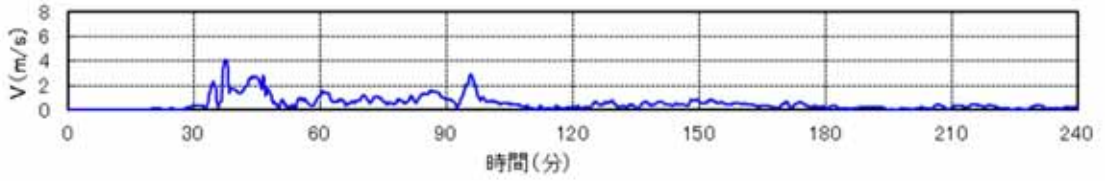
(継続時間)	×	(最大流速)	=	(移動量)
7.9[分]	×	5.5[m/s] × 60	=	2607[m] 2.7[km]
4.5[分]	×	3.4[m/s] × 60	=	918[m] 1.0[km]
8.3[分]	×	4.3[m/s] × 60	=	2142[m] 2.2[km]
5.7[分]	×	1.8[m/s] × 60	=	616[m] 0.7[km]
<u>9.9[分]</u>	×	<u>5.2[m/s] × 60</u>	=	<u>3089[m]</u> <u>3.1[km]</u>
10.5[分]	×	2.0[m/s] × 60	=	1260[m] 1.3[km]
13.4[分]	×	2.2[m/s] × 60	=	1769[m] 1.8[km]
8.8[分]	×	1.3[m/s] × 60	=	687[m] 0.7[km]
9.5[分]	×	1.7[m/s] × 60	=	969[m] 1.0[km]
6.1[分]	×	0.7[m/s] × 60	=	257[m] 0.3[km]
15.6[分]	×	1.2[m/s] × 60	=	1124[m] 1.2[km]

第4図 抽出地点(3km, 150°)(防波堤なし)における漂流物の移動量の算出の考え方

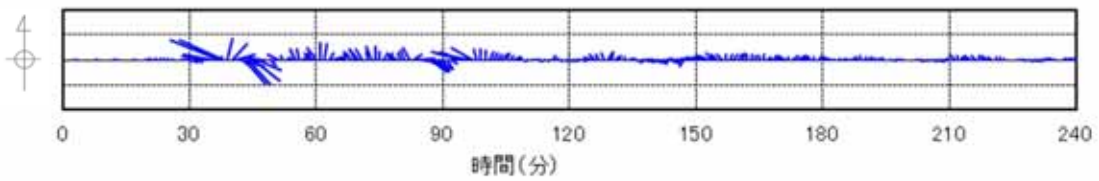




(水位の時刻歴)

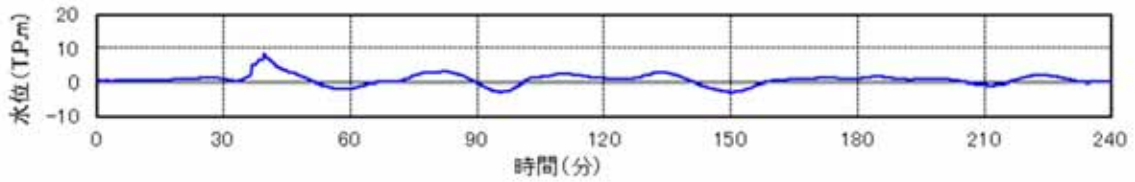


(流速の時刻歴)

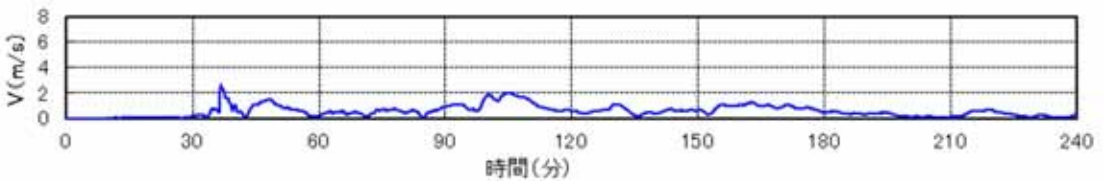


(流向・流速の時刻歴)

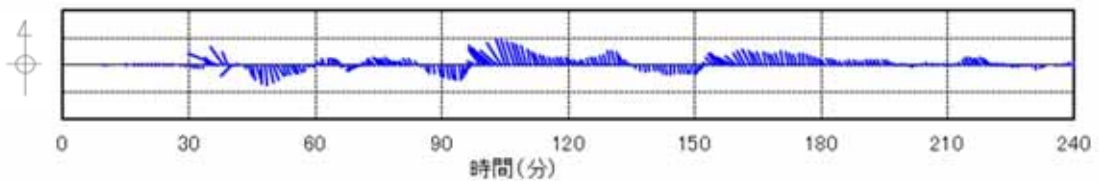
第 5-1 図 抽出地点 (1km, 30°)(防波堤あり) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

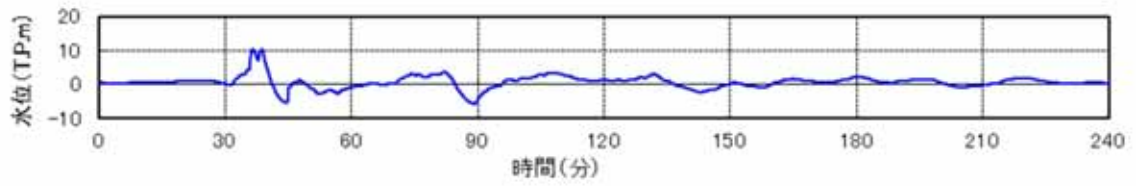


(流速の時刻歴)

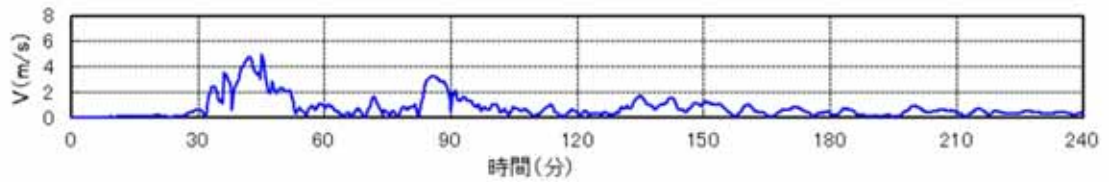


(流向・流速の時刻歴)

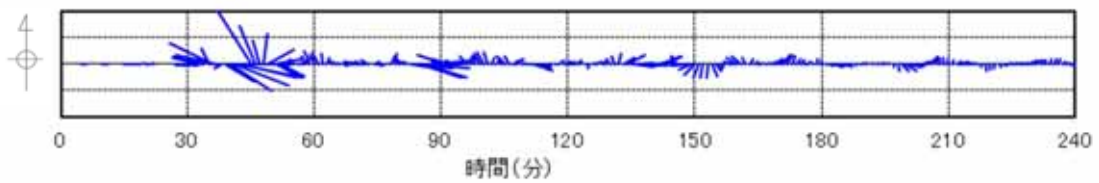
第 5-2 図 抽出地点 (3km, 30°)(防波堤あり) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

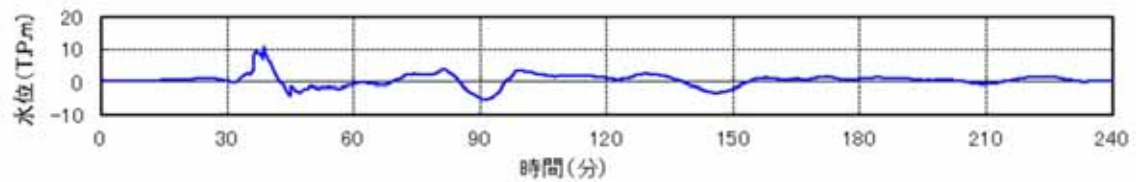


(流速の時刻歴)

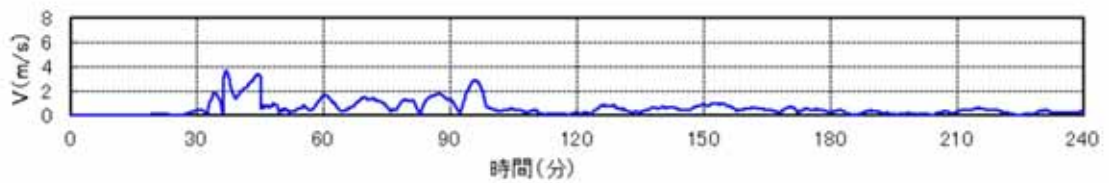


(流向・流速の時刻歴)

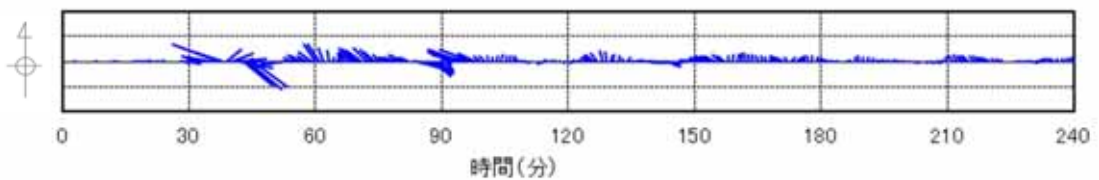
第 5-3 図 抽出地点 (5km, 30°) (防波堤あり) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

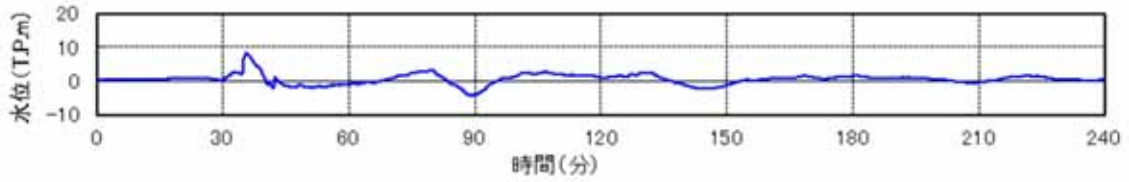


(流速の時刻歴)

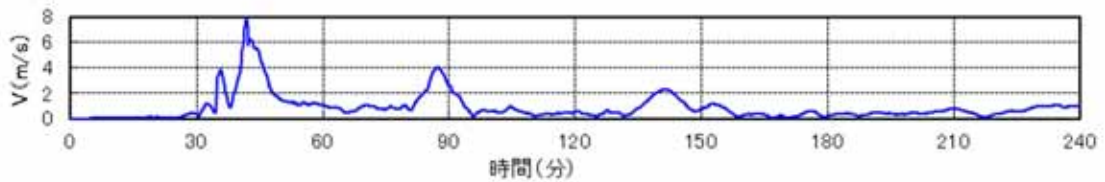


(流向・流速の時刻歴)

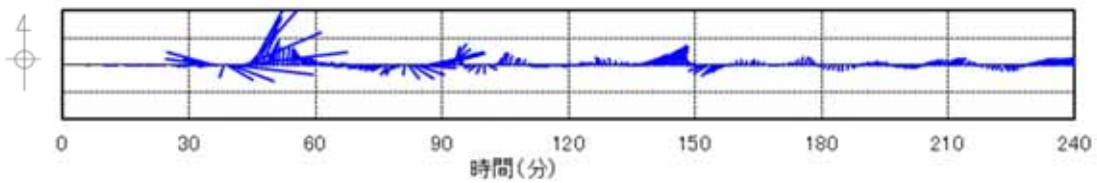
第 6-1 図 抽出地点 (1km, 60°) (防波堤あり) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

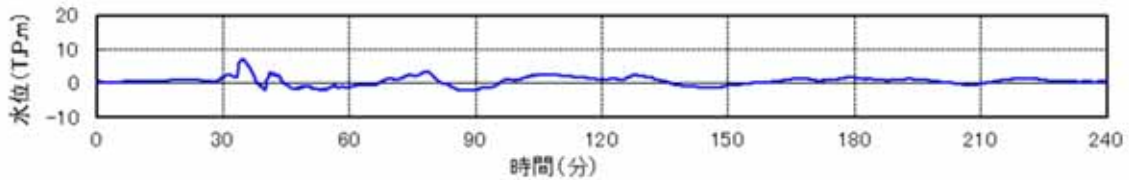


(流速の時刻歴)

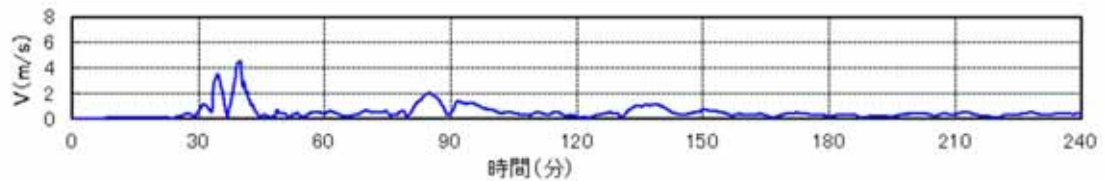


(流向・流速の時刻歴)

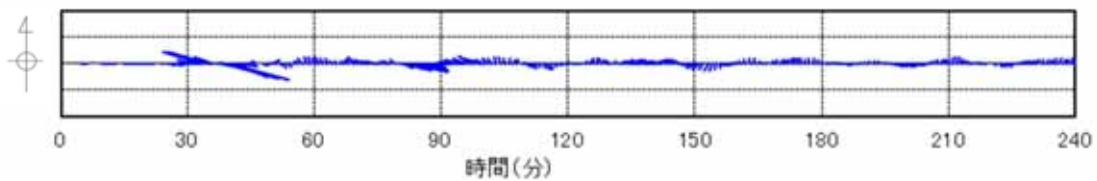
第 6-2 図 抽出地点 (3km, 60°) (防波堤あり) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

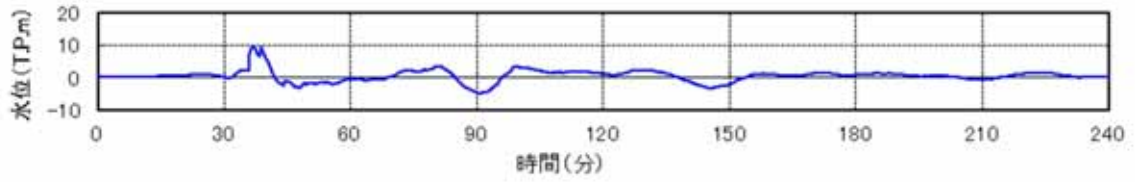


(流速の時刻歴)

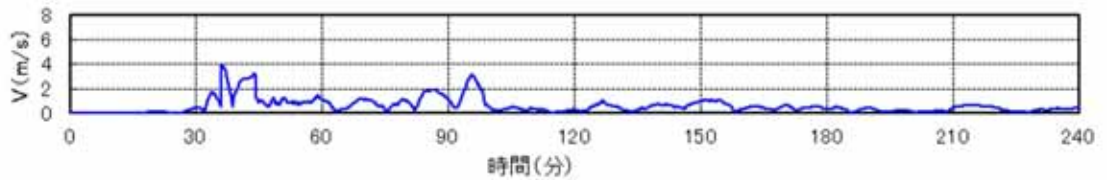


(流向・流速の時刻歴)

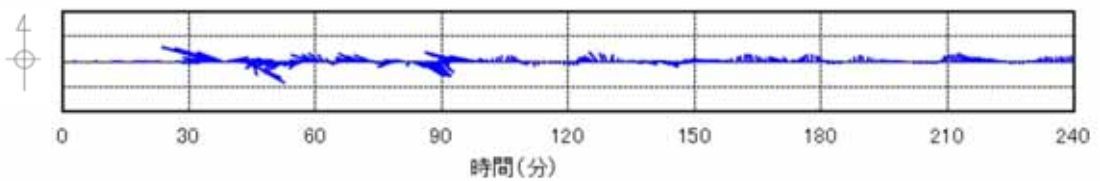
第 6-3 図 抽出地点 (5km, 60°) (防波堤あり) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

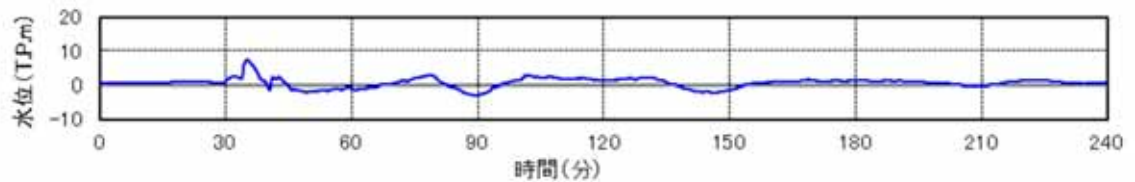


(流速の時刻歴)

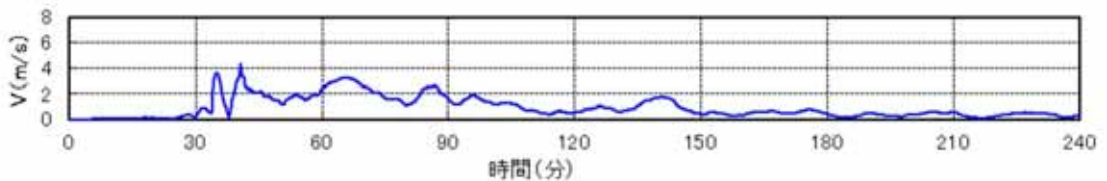


(流向・流速の時刻歴)

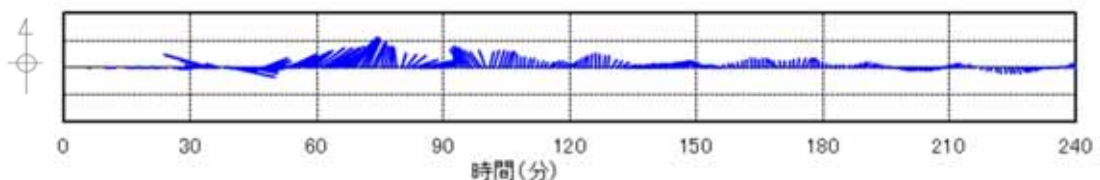
第 7-1 図 抽出地点 (1km, 90°) (防波堤あり)  
の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

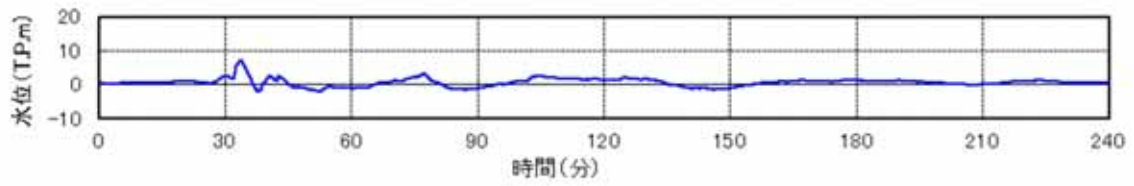


(流速の時刻歴)

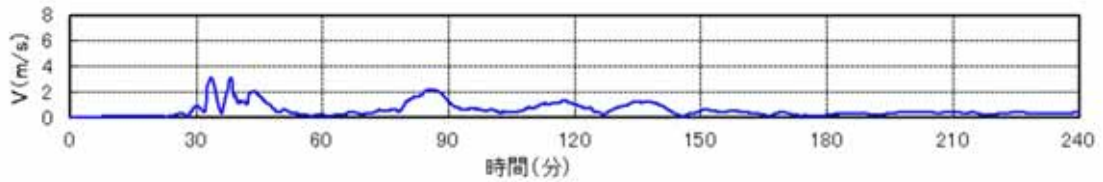


(流向・流速の時刻歴)

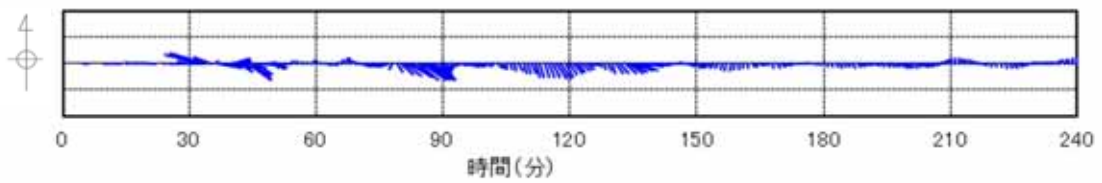
第 7-2 図 抽出地点 (3km, 90°) (防波堤あり)  
の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

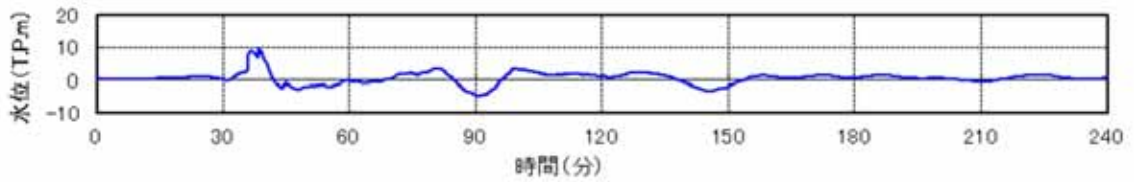


(流速の時刻歴)

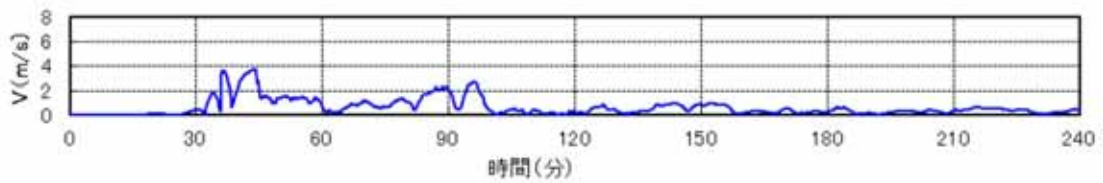


(流向・流速の時刻歴)

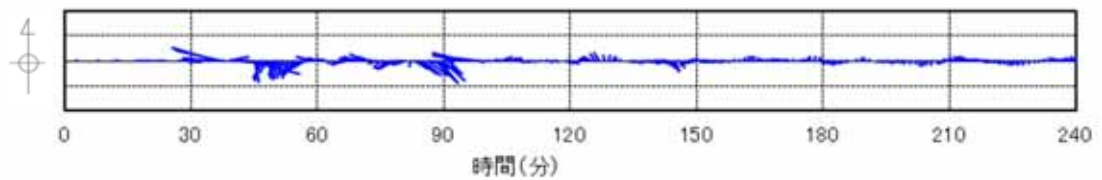
第 7-3 図 抽出地点 (5km, 90°) (防波堤あり)  
の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)



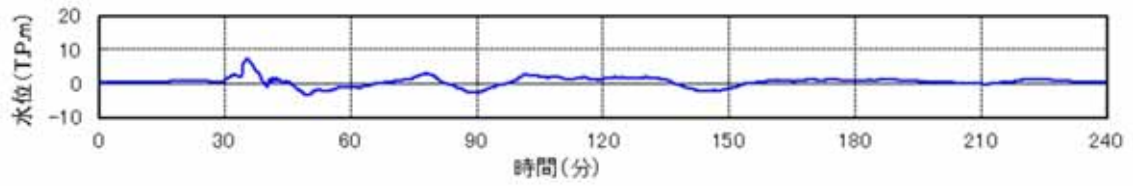
(流速の時刻歴)



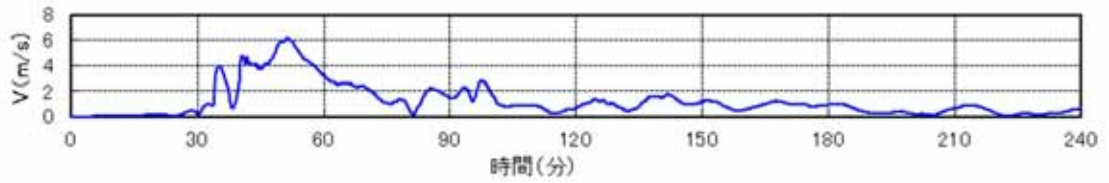
(流向・流速の時刻歴)

第 8-1 図 抽出地点 (1km, 120°) (防波堤あり)  
の水位, 流速及び流向

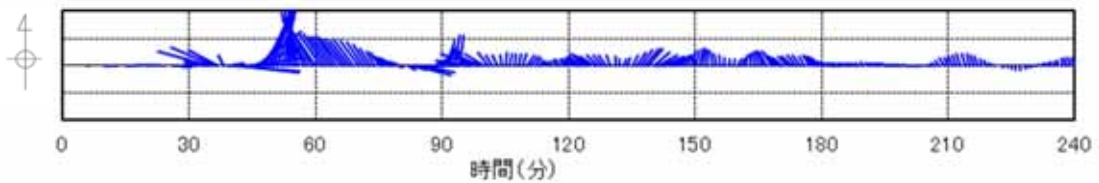




(水位の時刻歴)

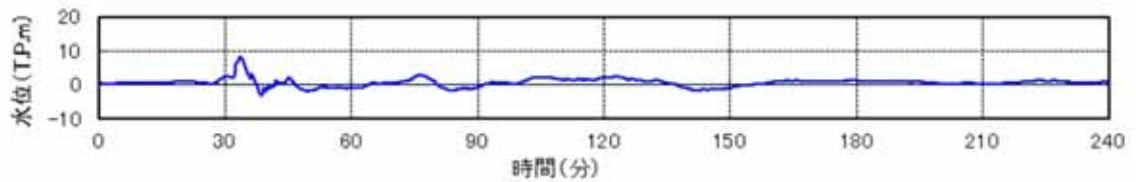


(流速の時刻歴)

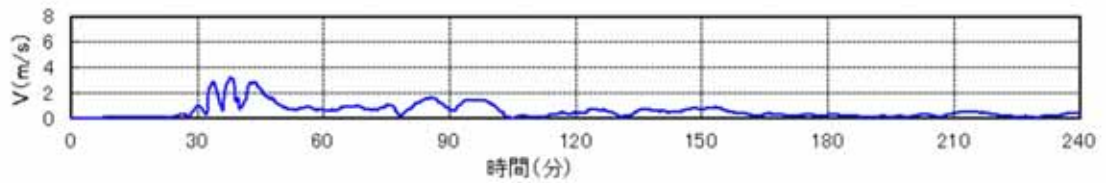


(流向・流速の時刻歴)

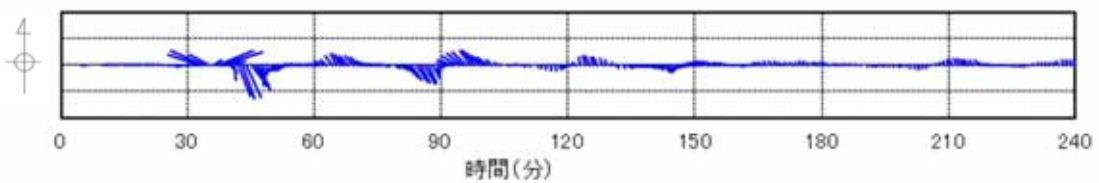
第 8-2 図 抽出地点 (3km, 120°) (防波堤あり)  
の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

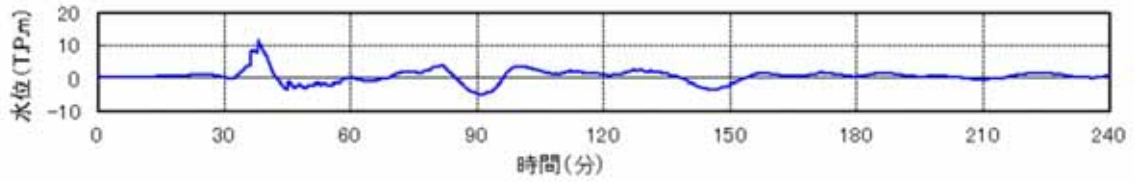


(流速の時刻歴)

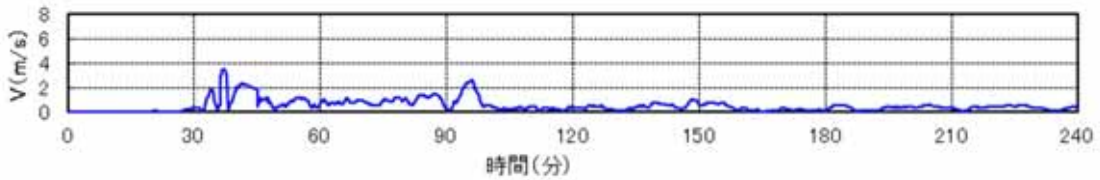


(流向・流速の時刻歴)

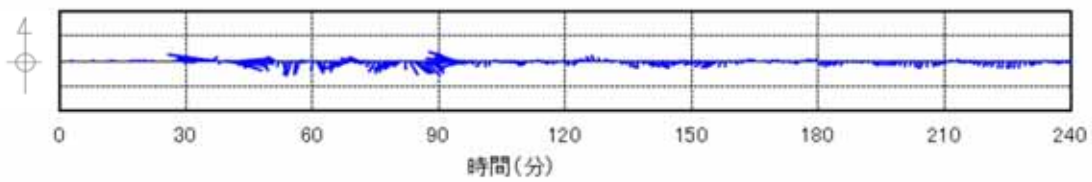
第 8-3 図 抽出地点 (5km, 120°) (防波堤あり)  
の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

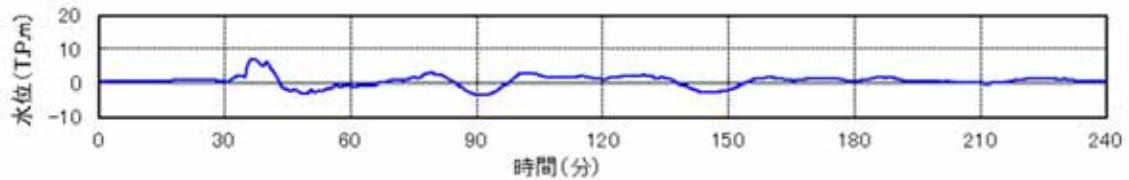


(流速の時刻歴)

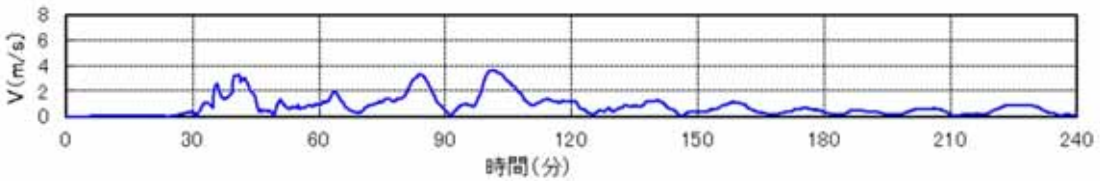


(流向・流速の時刻歴)

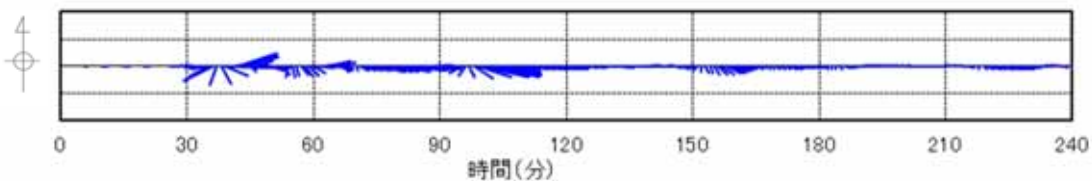
第 9-1 図 抽出地点 (1km, 150°) (防波堤あり)  
の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

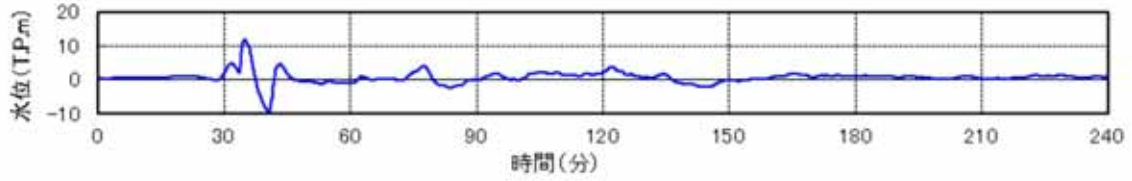


(流速の時刻歴)

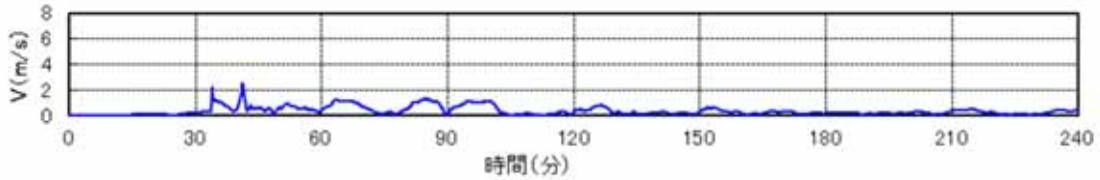


(流向・流速の時刻歴)

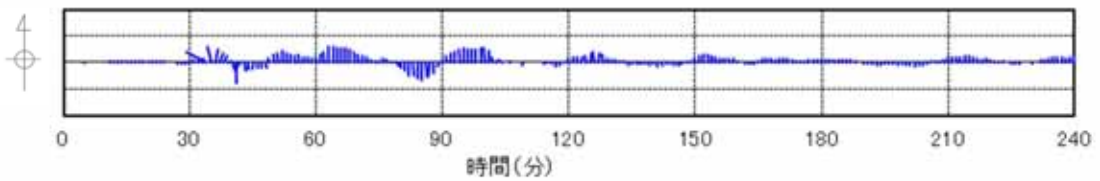
第 9-2 図 抽出地点 (3km, 150°) (防波堤あり)  
の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

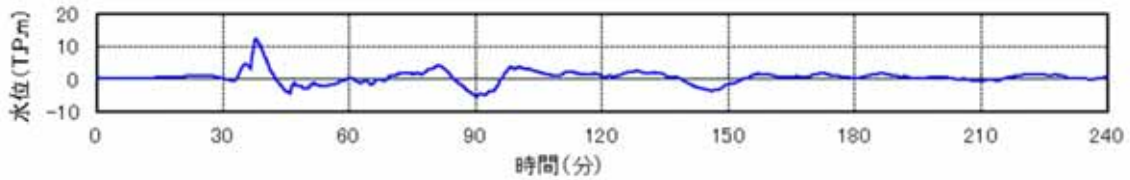


(流速の時刻歴)

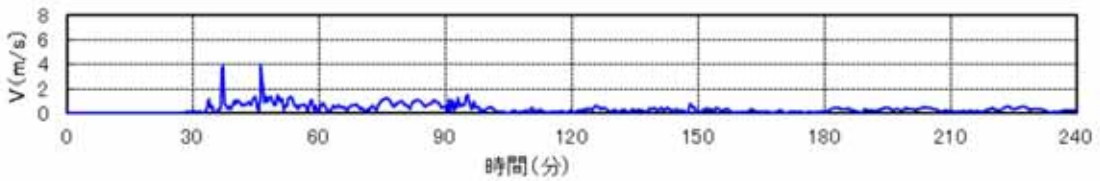


(流向・流速の時刻歴)

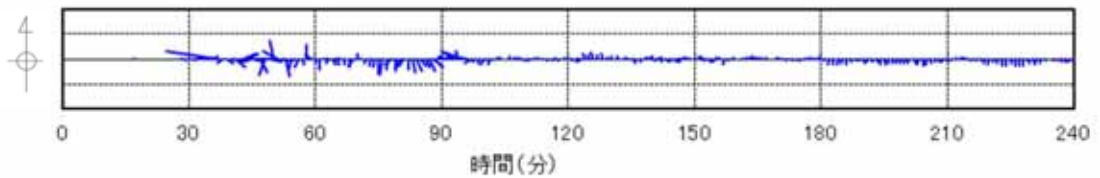
第 9-3 図 抽出地点 (5km, 150°) (防波堤あり) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)



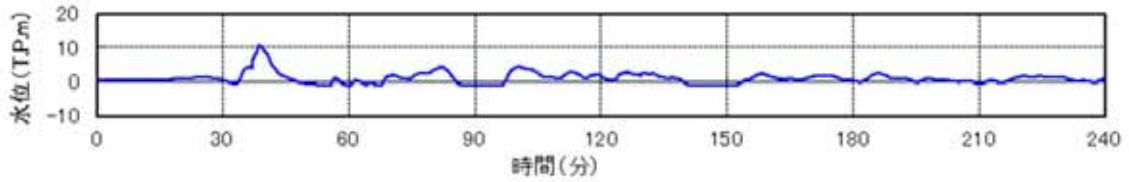
(流速の時刻歴)



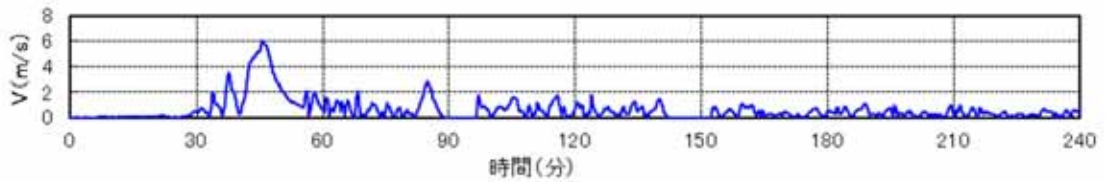
(流向・流速の時刻歴)

第 10-1 図 抽出地点 (1km, 180°) (防波堤あり) の水位, 流速及び流向

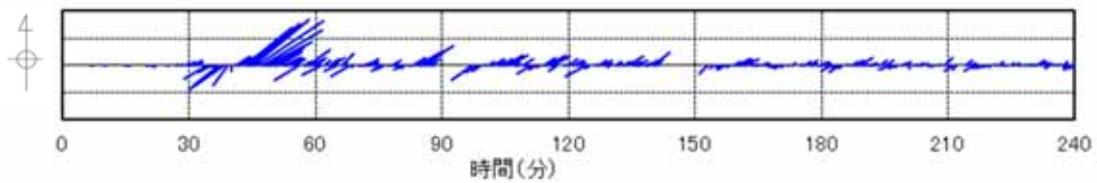




(水位の時刻歴)

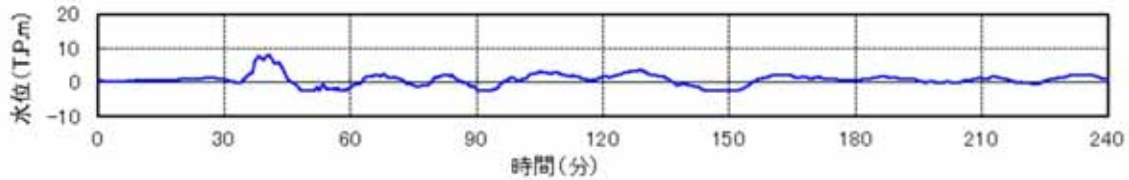


(流速の時刻歴)

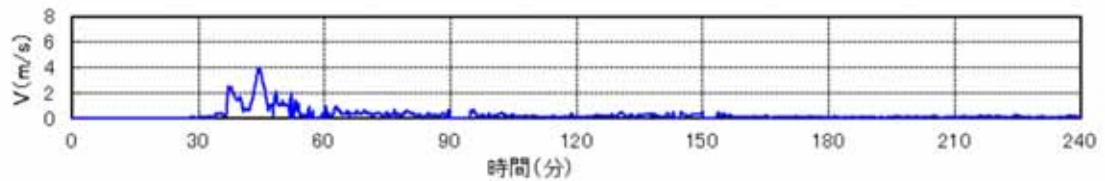


(流向・流速の時刻歴)

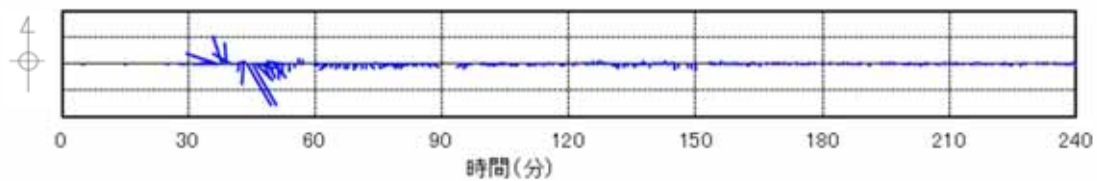
第 10-2 図 抽出地点 (3km, 180°) (防波堤あり) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

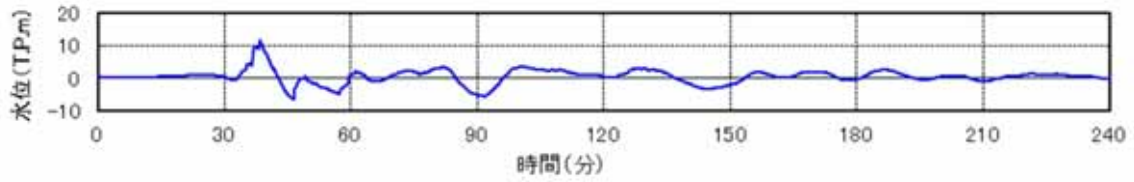


(流速の時刻歴)

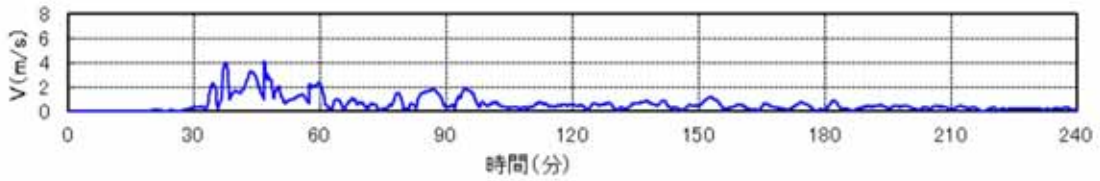


(流向・流速の時刻歴)

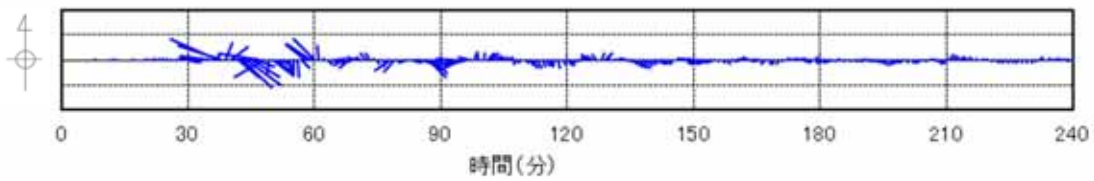
第 10-3 図 抽出地点 (5km, 180°) (防波堤あり) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

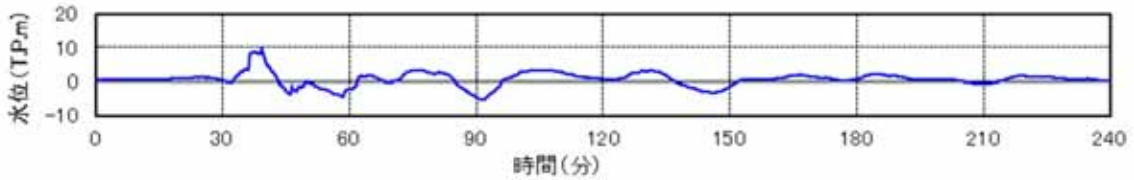


(流速の時刻歴)

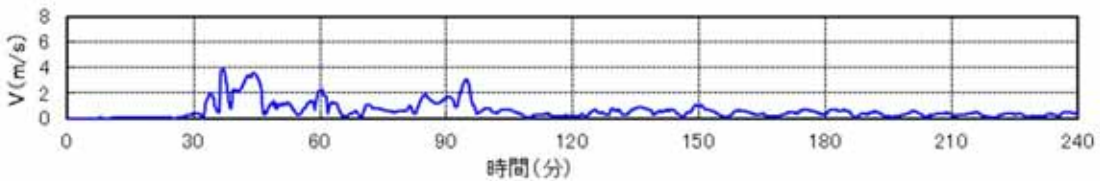


(流向・流速の時刻歴)

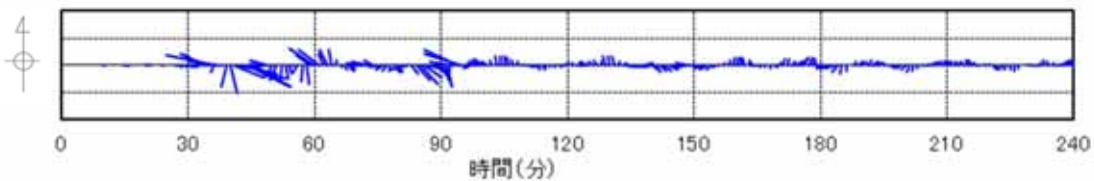
第 11-1 図 抽出地点 (1km, 30°)(防波堤なし)  
の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

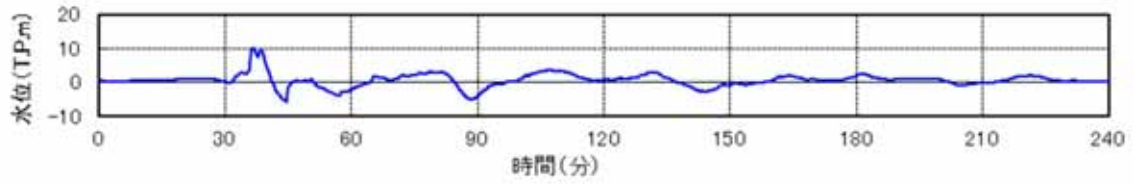


(流速の時刻歴)

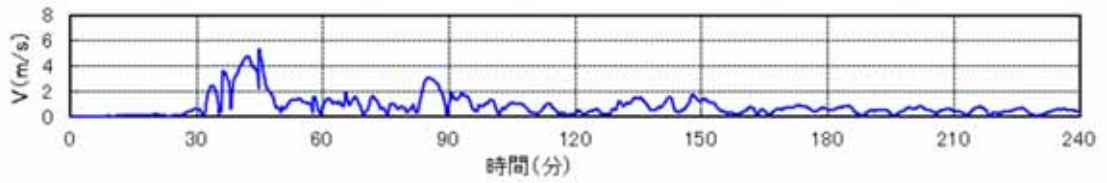


(流向・流速の時刻歴)

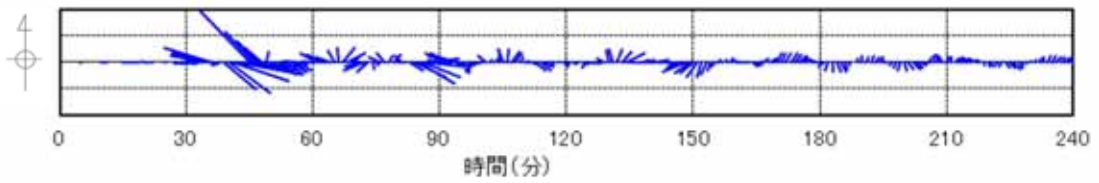
第 11-2 図 抽出地点 (3km, 30°)(防波堤なし)  
の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

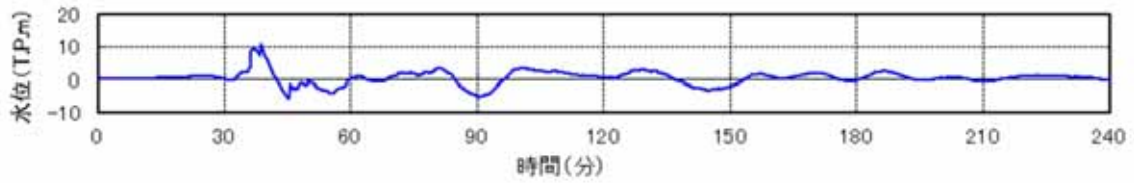


(流速の時刻歴)

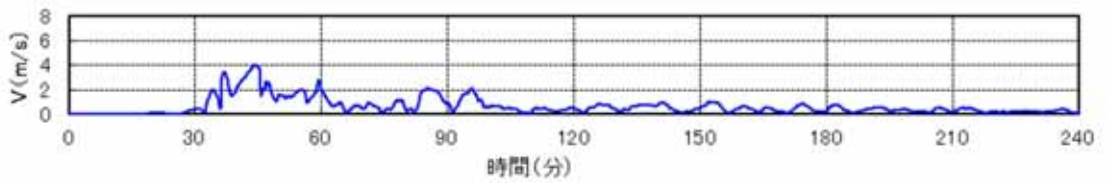


(流向・流速の時刻歴)

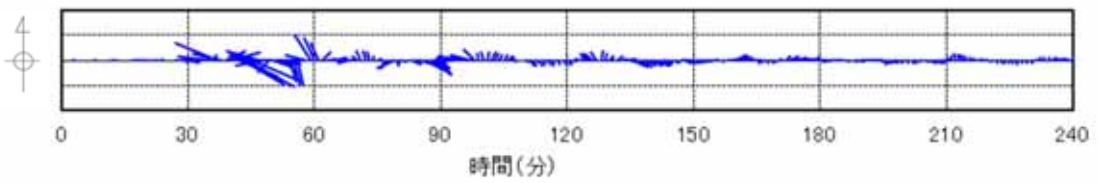
第 11-3 図 抽出地点 (5km, 30°) (防波堤なし)  
の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

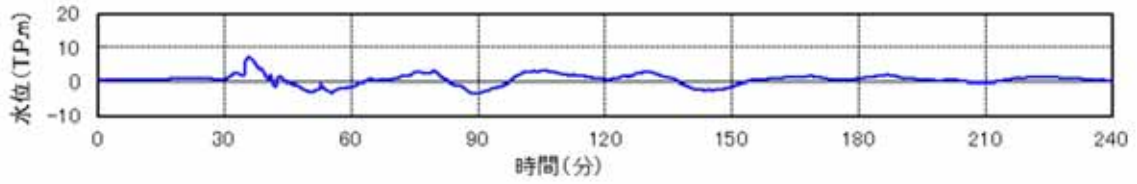


(流速の時刻歴)

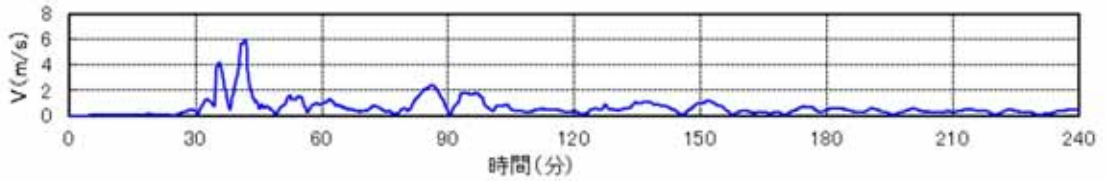


(流向・流速の時刻歴)

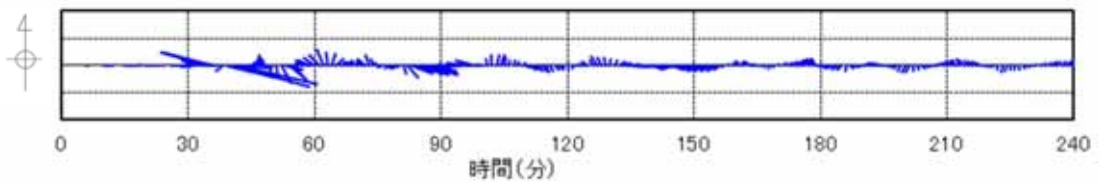
第 12-1 図 抽出地点 (1km, 60°) (防波堤なし)  
の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

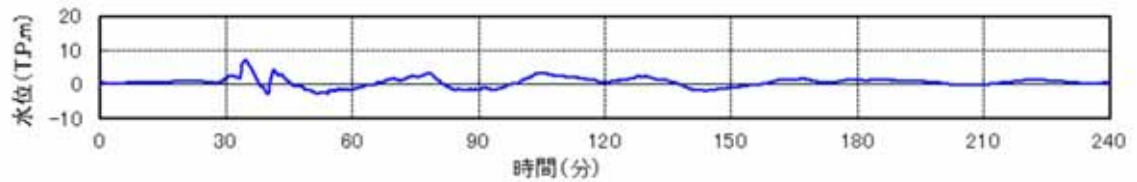


(流速の時刻歴)

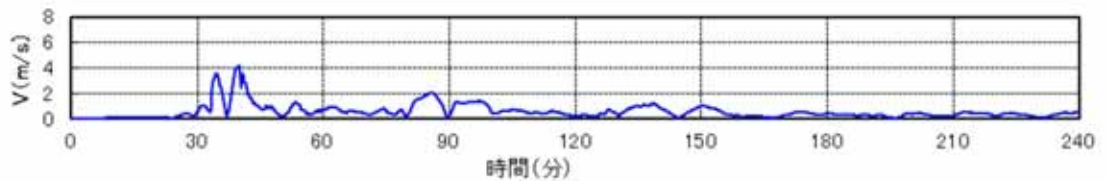


(流向・流速の時刻歴)

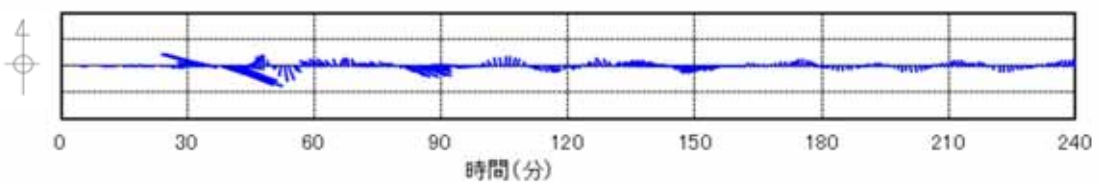
第 12-2 図 抽出地点 (3km, 60°)(防波堤なし)  
の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)



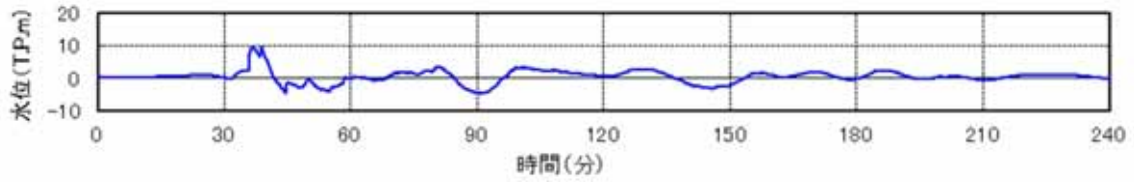
(流速の時刻歴)



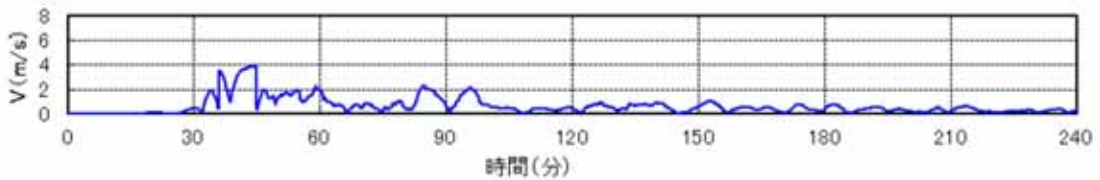
(流向・流速の時刻歴)

第 12-3 図 抽出地点 (5km, 60°)(防波堤なし)  
の水位, 流速及び流向

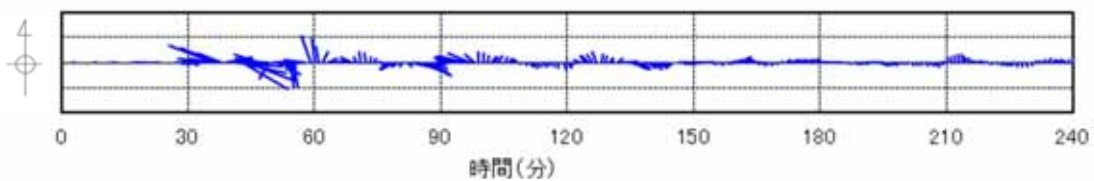




(水位の時刻歴)

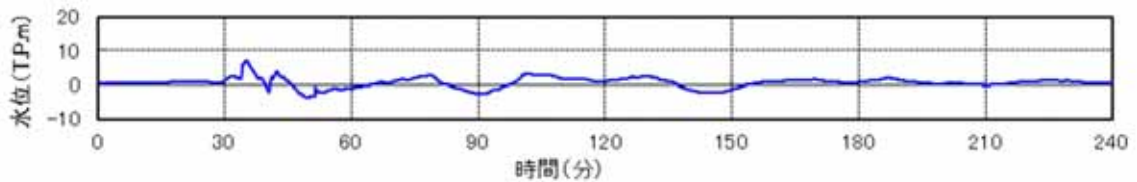


(流速の時刻歴)

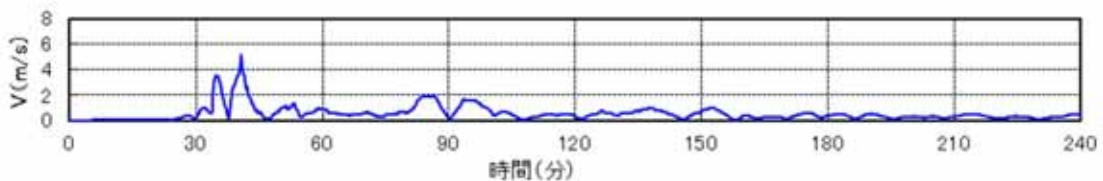


(流向・流速の時刻歴)

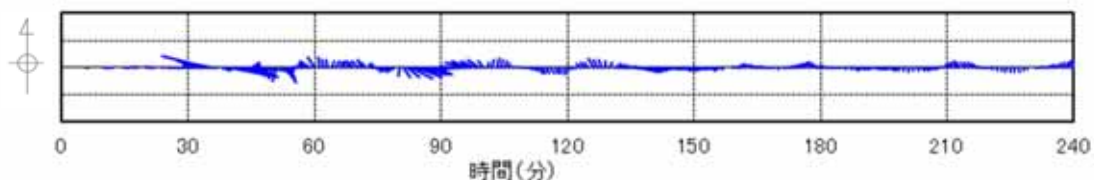
第 13-1 図 抽出地点 (1km, 90°) (防波堤なし)  
の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

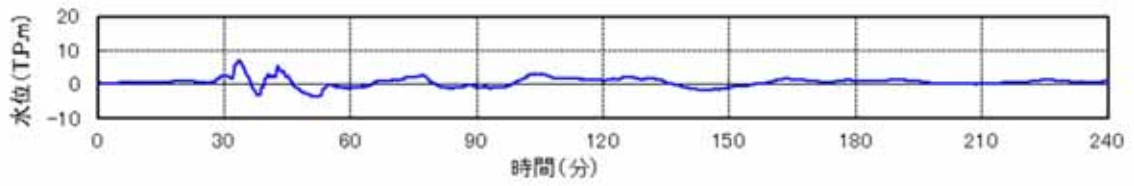


(流速の時刻歴)

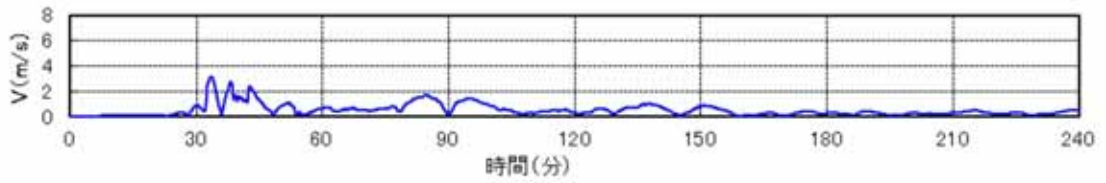


(流向・流速の時刻歴)

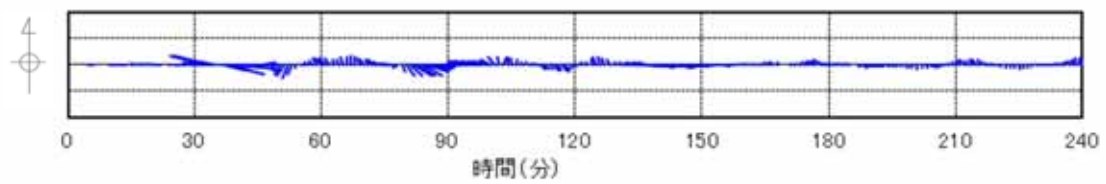
第 13-2 図 抽出地点 (3km, 90°) (防波堤なし)  
の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

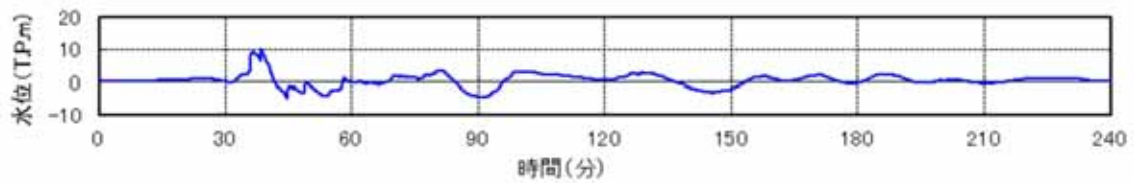


(流速の時刻歴)

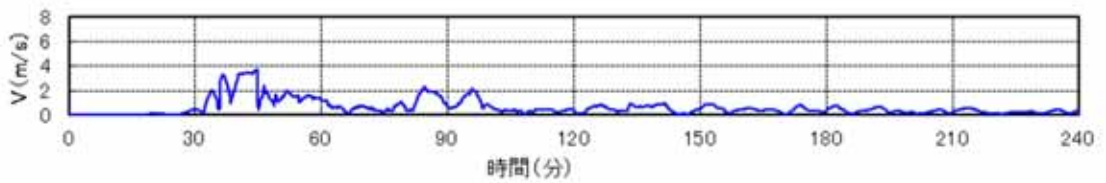


(流向・流速の時刻歴)

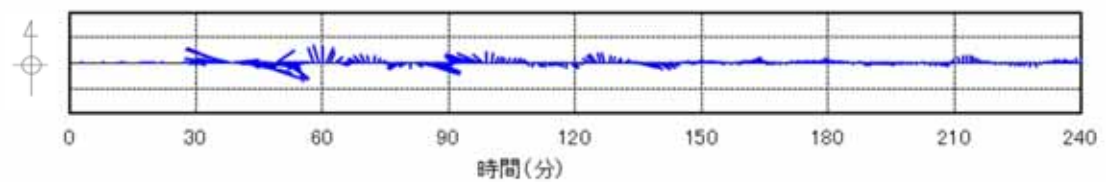
第 13-3 図 抽出地点 (5km, 90°) (防波堤なし) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

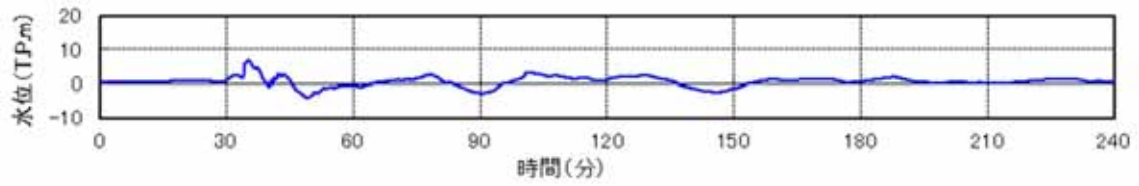


(流速の時刻歴)

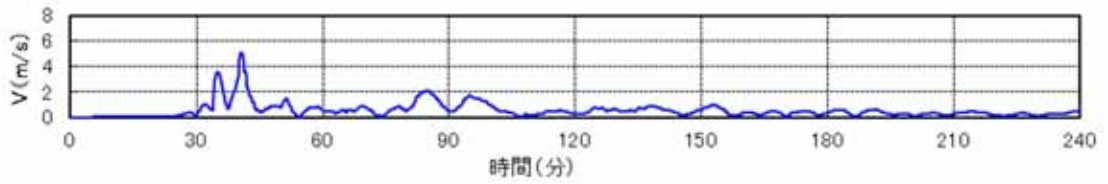


(流向・流速の時刻歴)

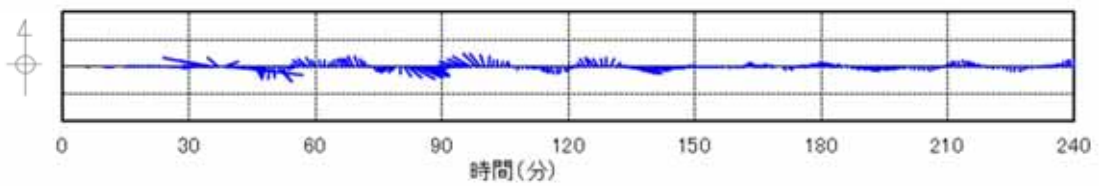
第 14-1 図 抽出地点 (1km, 120°) (防波堤なし) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

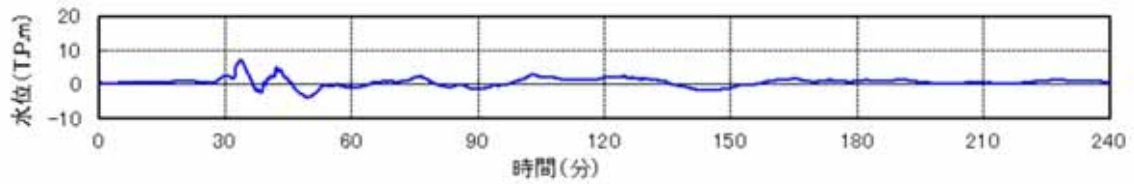


(流速の時刻歴)

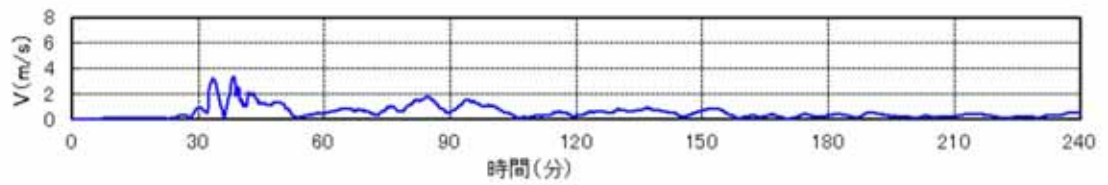


(流向・流速の時刻歴)

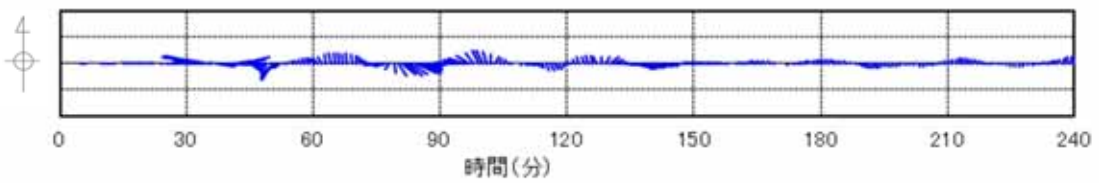
第 14-2 図 抽出地点 (3km, 120°) (防波堤なし) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

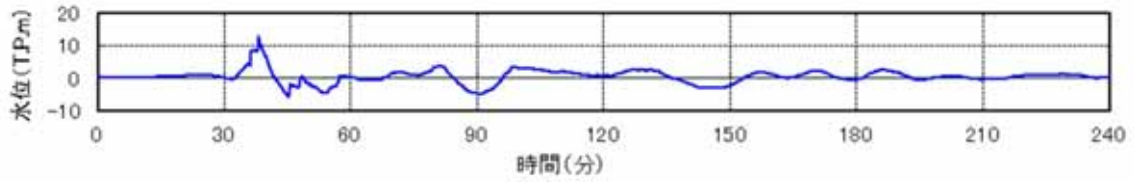


(流速の時刻歴)

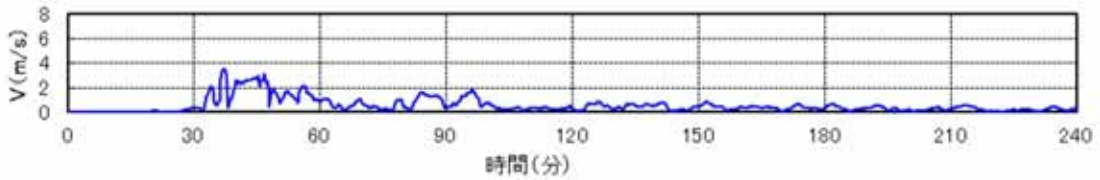


(流向・流速の時刻歴)

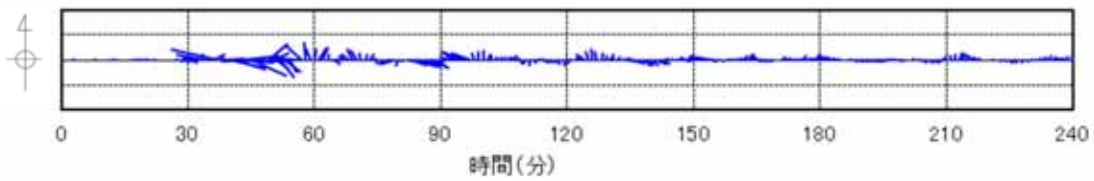
第 14-3 図 抽出地点 (5km, 120°) (防波堤なし) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

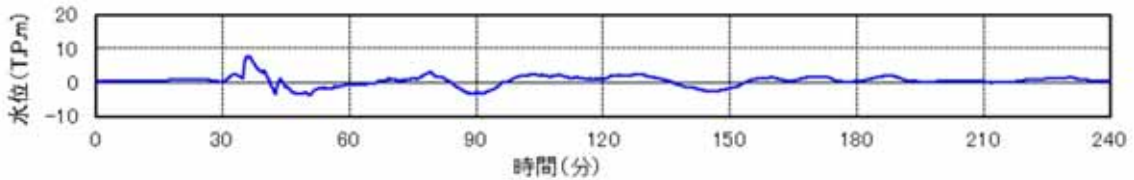


(流速の時刻歴)

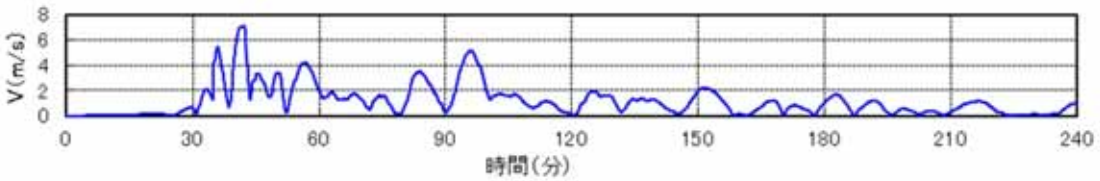


(流向・流速の時刻歴)

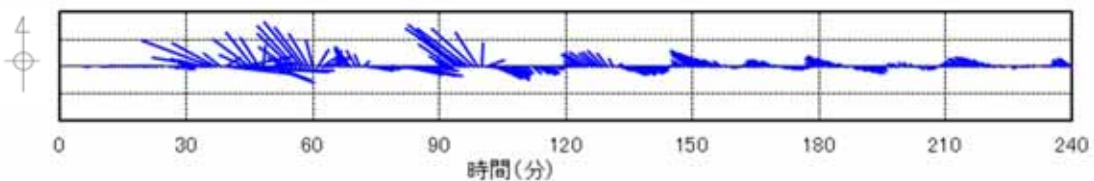
第 15-1 図 抽出地点 (1km, 150°) (防波堤なし) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)



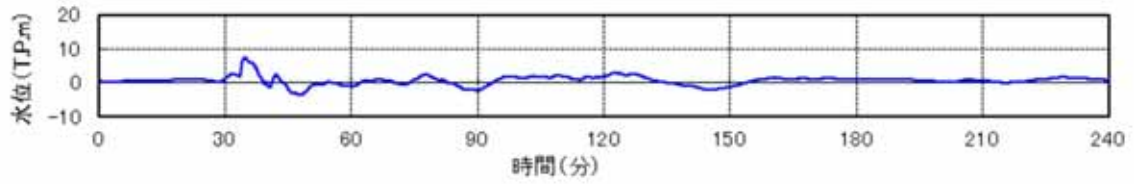
(流速の時刻歴)



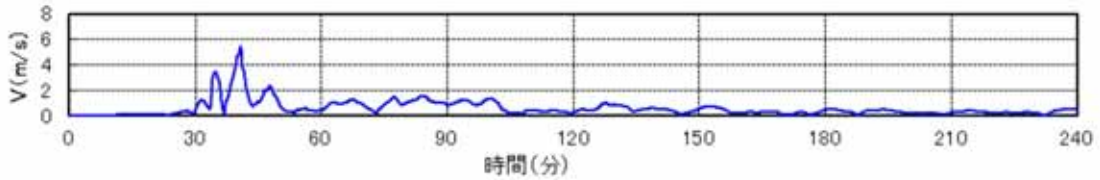
(流向・流速の時刻歴)

第 15-2 図 抽出地点 (3km, 150°) (防波堤なし) の水位, 流速及び流向

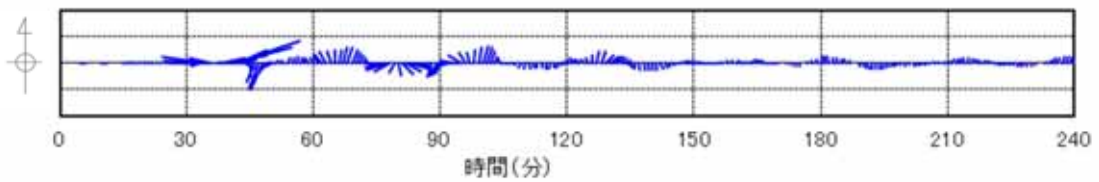




(水位の時刻歴)

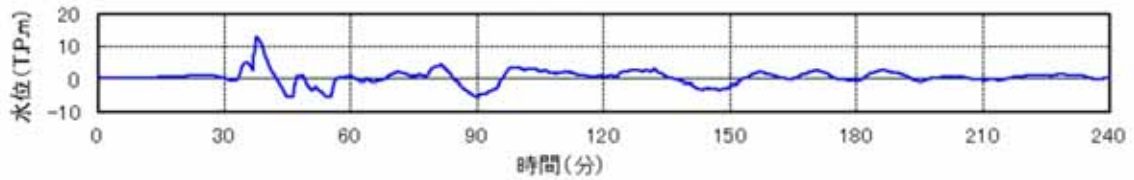


(流速の時刻歴)

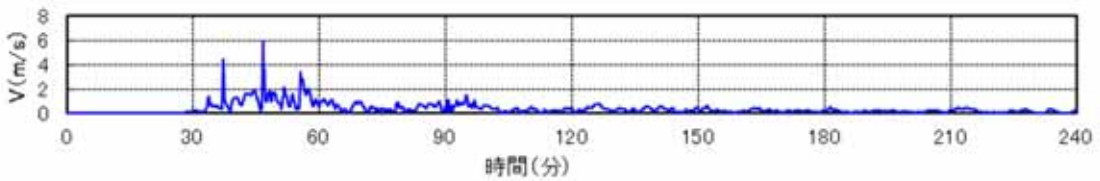


(流向・流速の時刻歴)

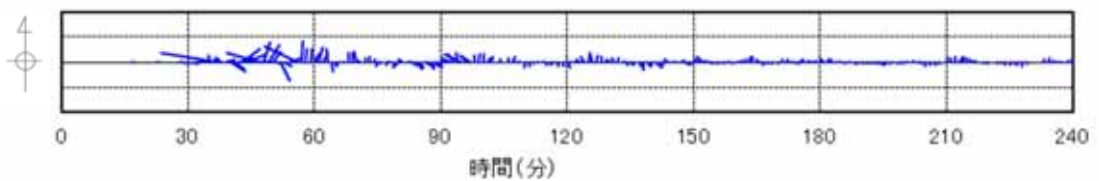
第 15-3 図 抽出地点 (5km, 150°) (防波堤なし) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

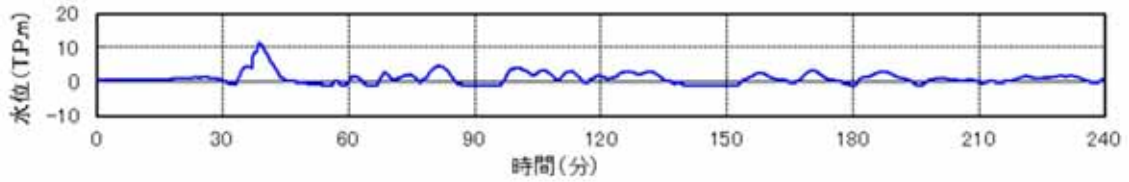


(流速の時刻歴)

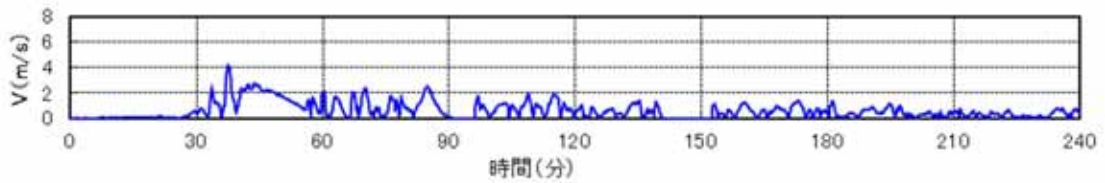


(流向・流速の時刻歴)

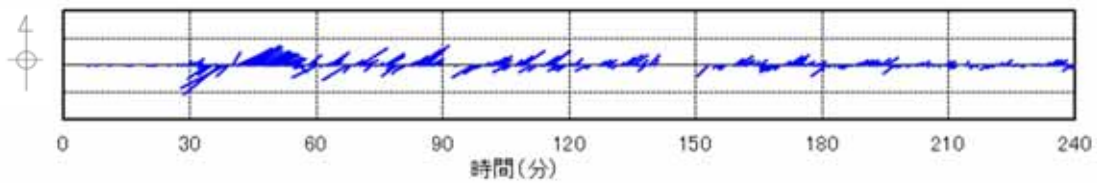
第 16-1 図 抽出地点 (1km, 180°) (防波堤なし) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

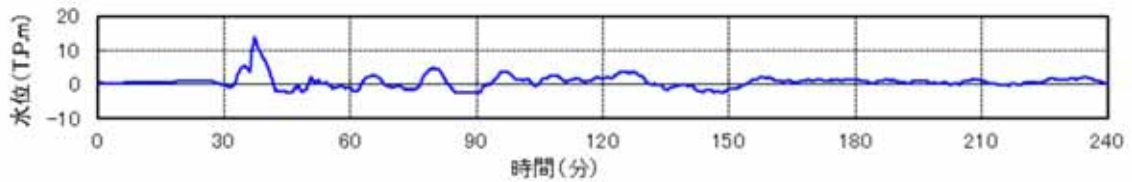


(流速の時刻歴)

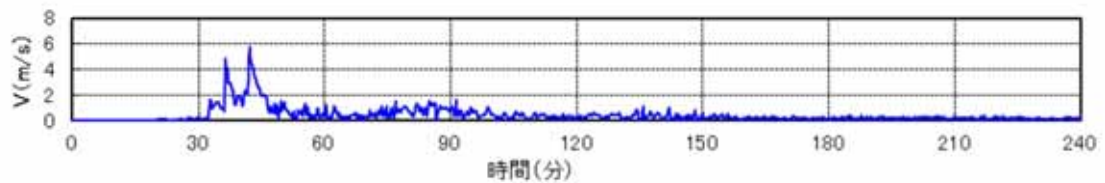


(流向・流速の時刻歴)

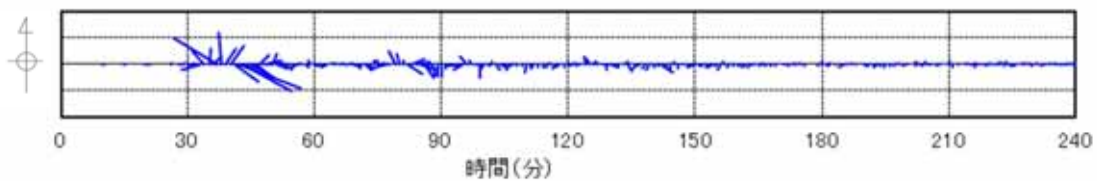
第 16-2 図 抽出地点 (3km, 180°) (防波堤なし) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)



(流速の時刻歴)



(流向・流速の時刻歴)

第 16-3 図 抽出地点 (5km, 180°) (防波堤なし) の水位, 流速及び流向

## 津波の流況をふまえた漂流物の取水口到達可能性評価について

### 1. はじめに

「2.5 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止」における評価のひとつとして、基準津波に伴う漂流物が取水性に及ぼす影響を確認するために、漂流物となる可能性のある施設・設備を「第 2.5-11 図 漂流物評価フロー」に基づき評価している。

漂流物評価フローにおいて示される「津波防護施設等、取水機能を有する安全設備等に対する漂流物となる可能性」の具体的な考え方について、以下に示す。

### 2. 「津波防護施設等、取水機能を有する安全設備等に対する漂流物となる可能性」について

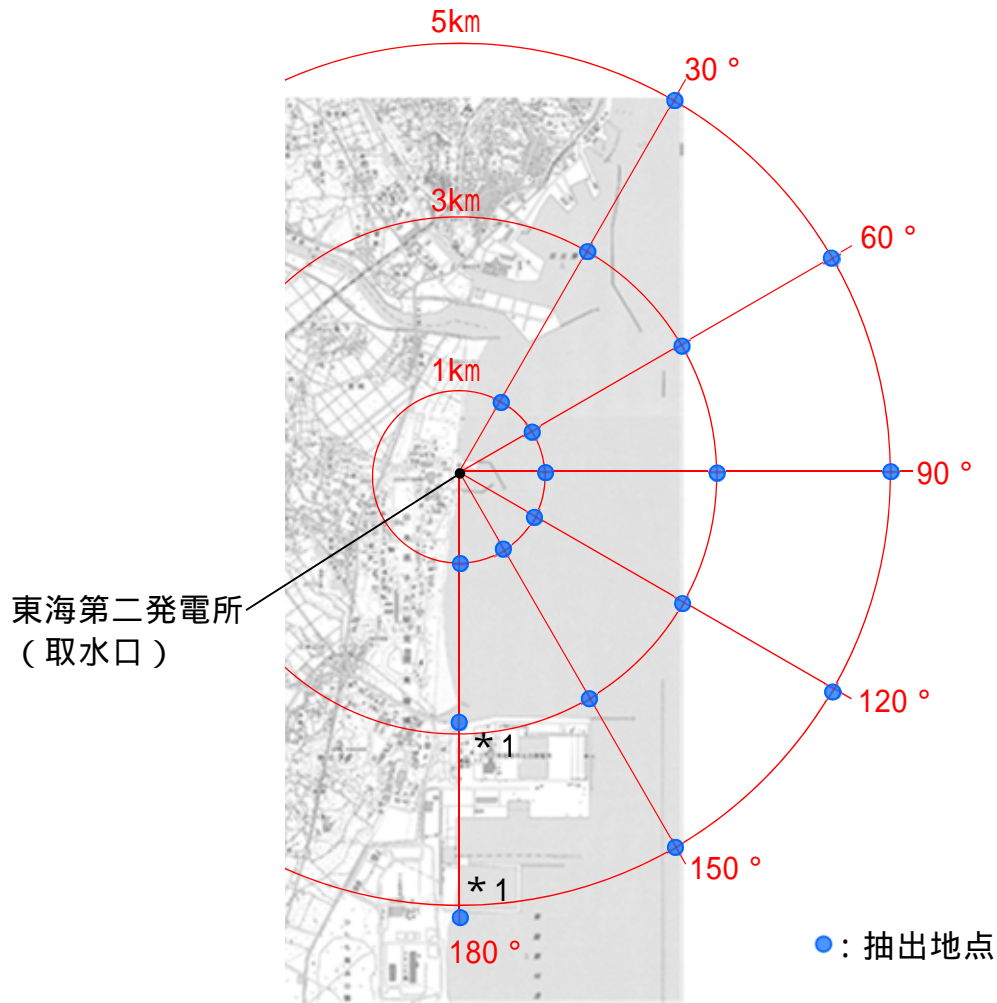
津波防護施設等、取水機能を有する安全設備等に対する漂流物となる可能性について、津波の流況を踏まえて、東海第二発電所の取水口に対する漂流物の動向を確認することにより評価する。

#### 2.1 津波流況の考察

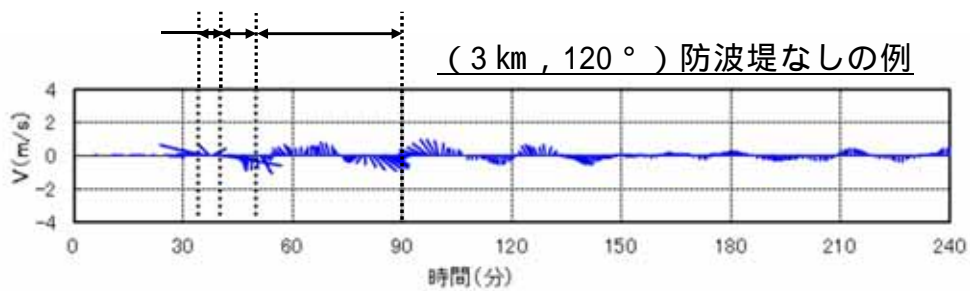
##### (1) 流況考察時間の分類

東海第二発電所敷地内及び敷地外における津波襲来時の流況について整理した。津波流向の時刻歴を確認した結果、津波襲来時（地震発生後 約 34 分～約 40 分）及び引き波時（地震発生後 約 40 分～約 50 分）に大きな速度を有する一定方向の流向が継続しており、引き波後は継続的でない流向を示す傾向にあった。漂流物の動向に影響を与える流況としては、大きな速度を有する継続的な一定方向の流向が支配的であると考えられるが、

ここでは保守的に引き津波後の流況についても把握することを目的とし、収束時（地震発生後 約 50 分～約 90 分）についても整理した。第 1 図に流況考察時間の分類を示す。



\*1 (3km, 180°) 及び (5km, 180°) の地点については、  
陸域となるため、海域となるように調整した。



#### 流況考察時間の分類

- 津波襲来時 (地震発生後 約 34 分 ~ 約 40 分)
- 引き津波時 (地震発生後 約 40 分 ~ 約 50 分)
- 収束時 (地震発生後 約 50 分 ~ 約 90 分)

第 1 図 流況考察時間の分類

## (2) 津波流況の考察

第 2 図に発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル（防波堤なしの場合）を示す。また，流況の考察の詳細を以下に示す。

### a．津波襲来時（地震発生後 約 34 分～約 40 分）

#### (a) 発電所敷地エリア

東方より北西向きの流向を主流として襲来し，地震発生から約 35 分後に敷地前面に到達する。地震発生から約 37 分後には敷地への遡上が始まり，第 2 図（4 / 11）の地震発生から 38 分後における発電所敷地エリア拡大図のように，取水口以北では防潮堤の敷地前面東側から敷地側面北側に沿うように遡上し，取水口以南では防潮堤の敷地前面東側から敷地側面南側に沿うように遡上する。地震発生から約 40 分後には引き波となる。

#### (b) 発電所北側エリア

東方より北西向きの流向を主流として襲来し，地震発生から約 35 分後に発電所北側エリア前面の海域に到達する。地震発生から約 37 分後には北西向きの流向を主流として発電所北側エリアの陸域及び久慈川へ遡上し，第 2 図（5 / 11）の地震発生から 40 分後における発電所周辺広域図のように，発電所敷地エリアでは引き波へと転じる地震発生から約 40 分後においても，発電所北側エリアの陸域及び久慈川では津波の遡上が続く（地震発生から約 43 分後まで遡上が継続する）。

#### (c) 発電所南側エリア

東方より北西向きの流向を主流として襲来し，地震発生から約 34 分後に発電所南側エリア前面の海域に到達する。地震発生から約 35 分後には北西向きの流向を主流として発電所南側エリアの常陸那珂火力発電所敷地へ遡上し始め，第 2 図（3 / 11）の地震発生から 37.5 分後

における発電所周辺広域図のように，常陸那珂火力発電所敷地の北側からは南西向きの流向を主流とした津波が陸域へ遡上し，常陸那珂火力発電所敷地の南側からは北西向きの流向を主流とした津波が陸域へ遡上するが，地震発生から約 40 分後には引き波となる。発電所南側エリアの北部では地震発生から約 37 分後に西向きの流向を主流とした津波が陸域へ遡上するが，地震発生から約 39 分後には引き波となる。

b．引き波時（地震発生後 約 40 分～約 50 分）

(a) 発電所敷地エリア

地震発生から約 40 分後に引き波へと転じ，敷地前面東側から外海へ向かう流況となる。引き波時は津波襲来時のように防潮堤に沿うような流況は示さず，第 2 図（5 / 11）の地震発生から 40 分後における発電所敷地エリア拡大図のように，敷地前面東側の一部を除き，直接外海へ向かう流況となっている。この流況は地震発生から約 50 分後まで継続する。

(b) 発電所北側エリア

地震発生から約 40 分後以降においても久慈川及び久慈川周辺陸域については遡上を続けるが，地震発生から約 43 分後には引き波へ転じ始め，陸域から外海へ向かう流向を主流とした流況となる。この流況は地震発生から約 50 分後以降も継続する。発電所北側エリアの前面海域については地震発生から約 40 分後には引き波へと転じ，外海へ向かう流況となる。この流況は地震発生から約 50 分後以降も継続する（地震発生から約 55 分後まで引き波が継続する）。

(c) 発電所南側エリア

発電所南側エリアの常陸那珂火力発電所敷地では，地震発生の約 40 分後から約 45 分後にかけて引き波となり，第 2 図（7 / 11）の発電所

周辺広域図のように，地震発生から約 42 分後から約 45 分後にかけて常陸那珂火力発電所敷地前面海域にて旋回する流況となるものの，おおむね遡上時とは逆の流向を主流とした流況となる。地震発生から約 50 分後には常陸那珂火力発電所敷地前面海域にて南向きの流向を主流とした流況となる。発電所南側エリアの北部では地震発生から約 40 分後から約 50 分後にかけて引き波となり，外海へ向う流向を主流とした流況となる。

c . 収束時（地震発生後 約 50 分～約 90 分）

(a) 発電所敷地エリア

敷地前面海域において，地震発生から約 55 分後には南向きの流況となり，地震発生から約 65 分後には北向きの流況となるが，いずれも継続的な流況とはならず，地震発生から約 65 分後から約 75 分後にかけては穏やかな流況が継続する。第 2 図(11/11)の地震発生から 80 分後における発電所敷地エリア拡大図のように，地震発生から約 80 分後に西向きの流向で津波が襲来し，物揚岸壁及び敷地前面東側の一部に津波が遡上するが，この流況が継続することなく，地震発生から約 85 分後には引き波へと転じ，地震発生から約 90 分後には一部で引き津波が継続するものの比較的穏やかな流況となる。

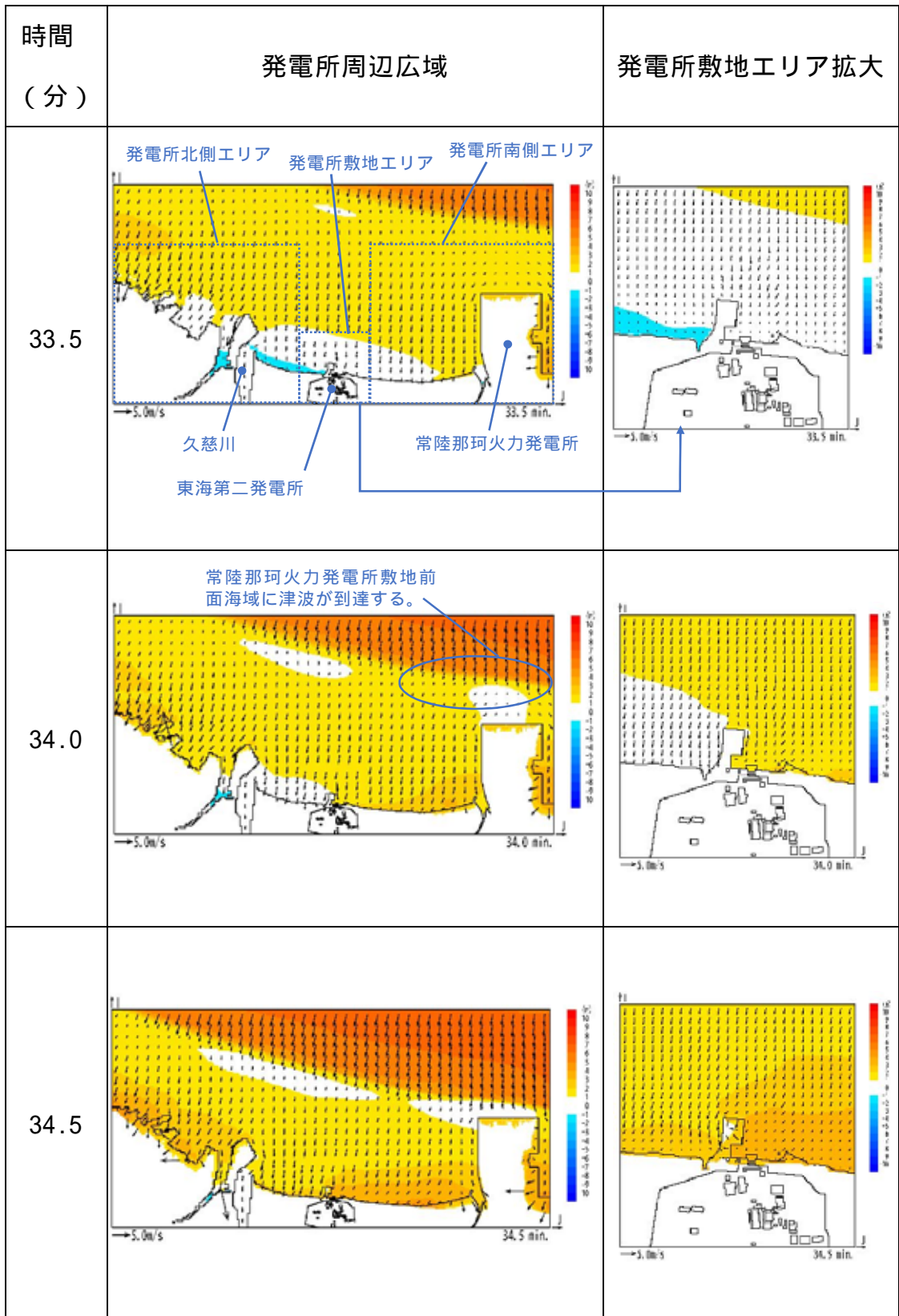
(b) 発電所北側エリア

地震発生から約 55 分後までは陸域から外海へ向かう流向を主流とした流況が継続する。地震発生から約 60 分後には北西へ向かう流向を主流とした流況となるが，継続的な流況とはならず，地震発生から約 65 分後から約 80 分後にかけては穏やかな流況が継続する。地震発生から約 85 分後から約 90 分後では引き波となり，外海へ向う流向を主流とした流況となる。



(c) 発電所南側エリア

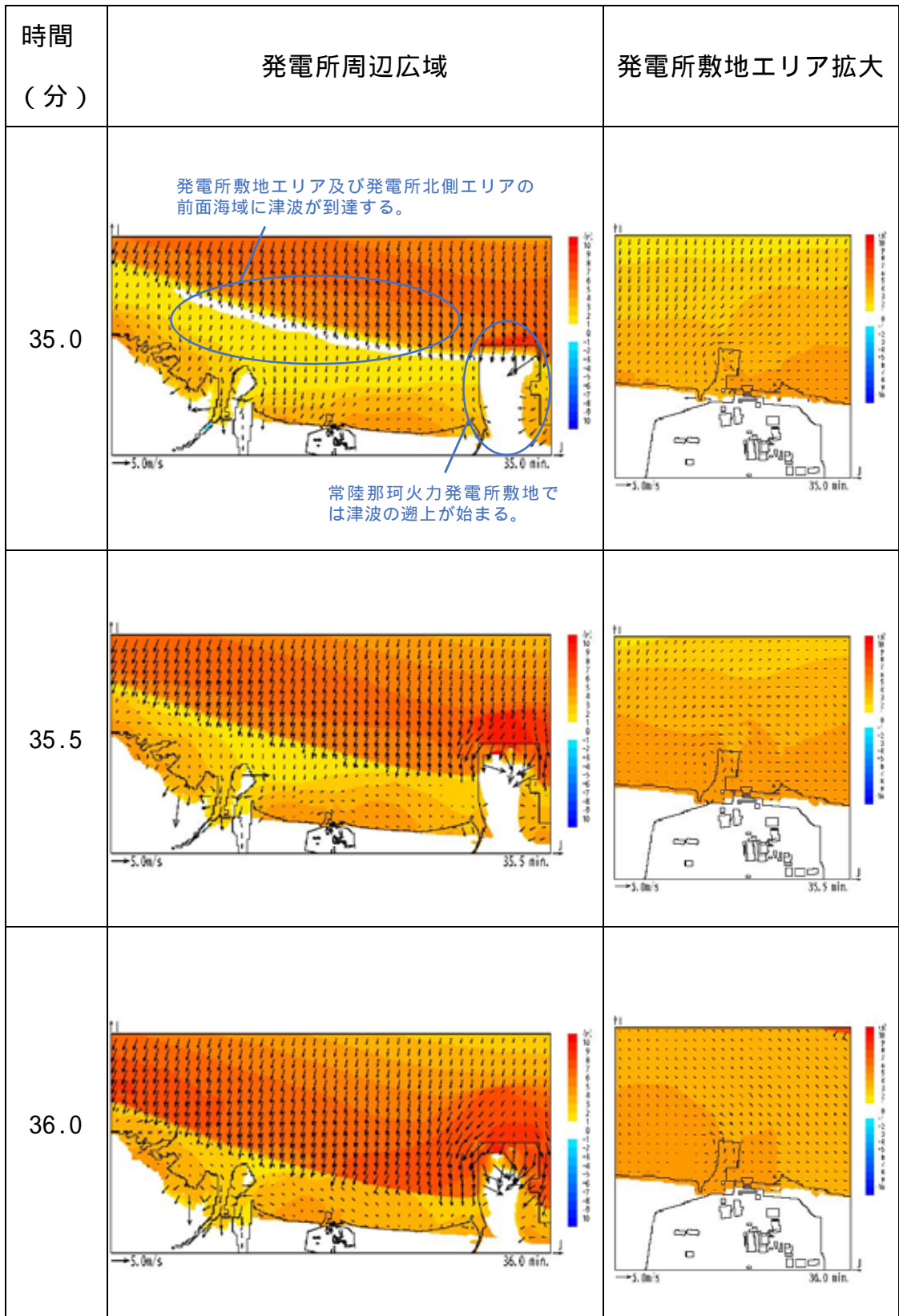
地震発生から約 55 分後にて西向きの流向を主流とした流況となるが、継続的な流況とはならず、地震発生から約 60 分後から約 80 分後にかけては穏やかな流況が継続する。地震発生から約 85 分後に引き波へと転じ、地震発生から約 90 分後には再び穏やかな流況となる。



: 津波の原因となる地震発生後の経過時間

第 2 図 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル

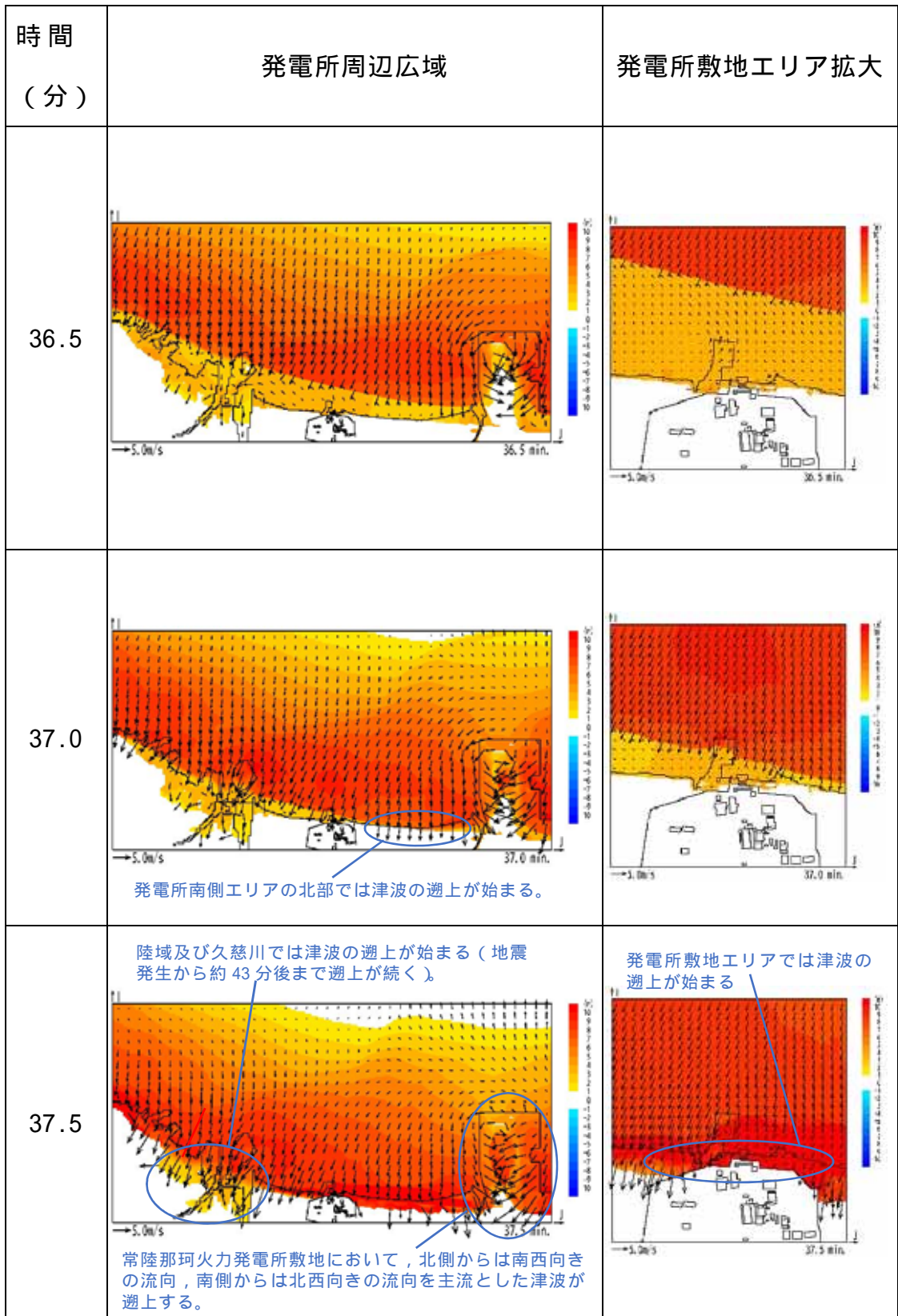
(防波堤なしの場合)(1/11)



: 津波の原因となる地震発生後の経過時間

第 2 図 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル

(防波堤なしの場合)(2/11)

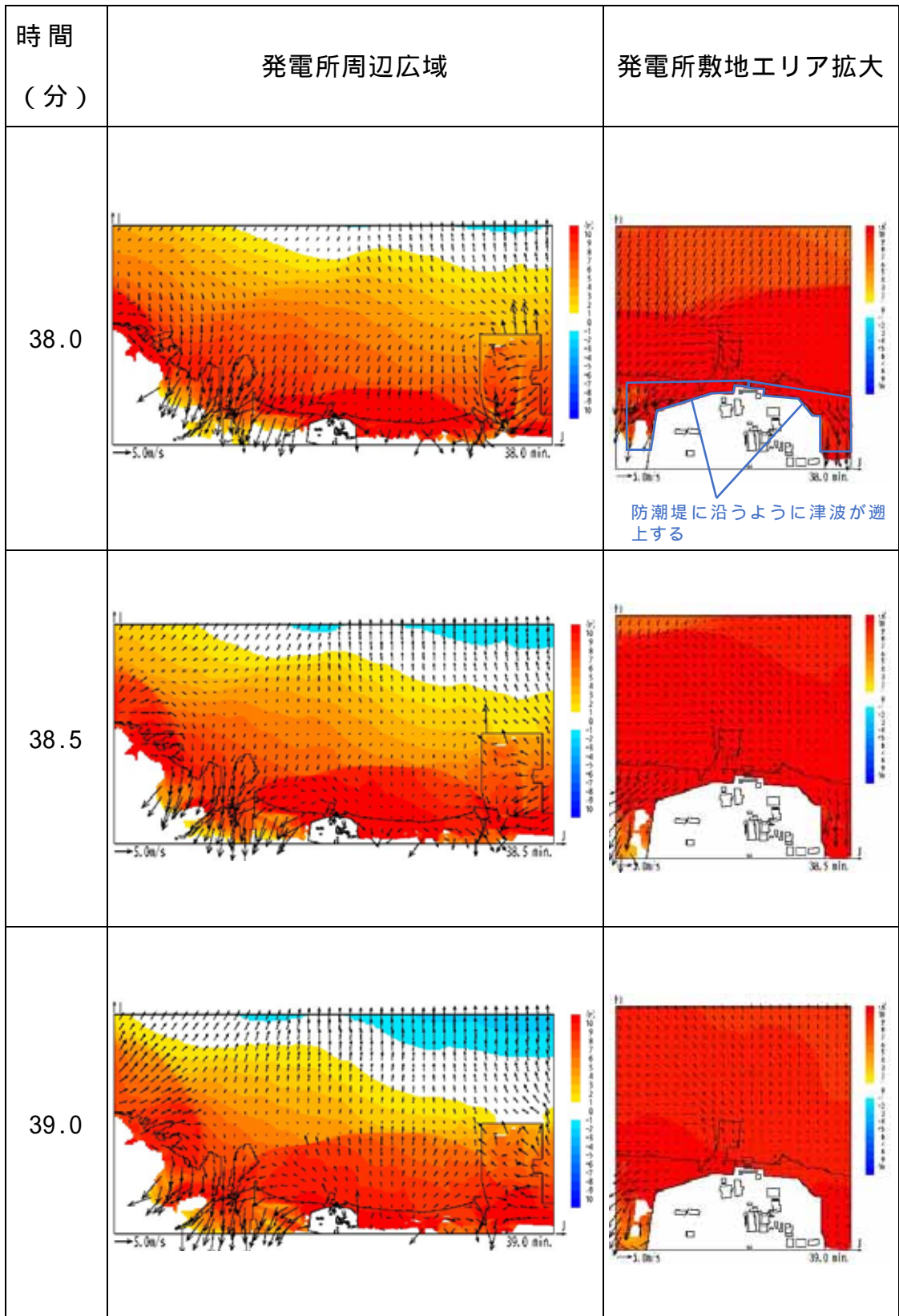


: 津波の原因となる地震発生後の経過時間

第2図 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル

(防波堤なしの場合)(3/11)

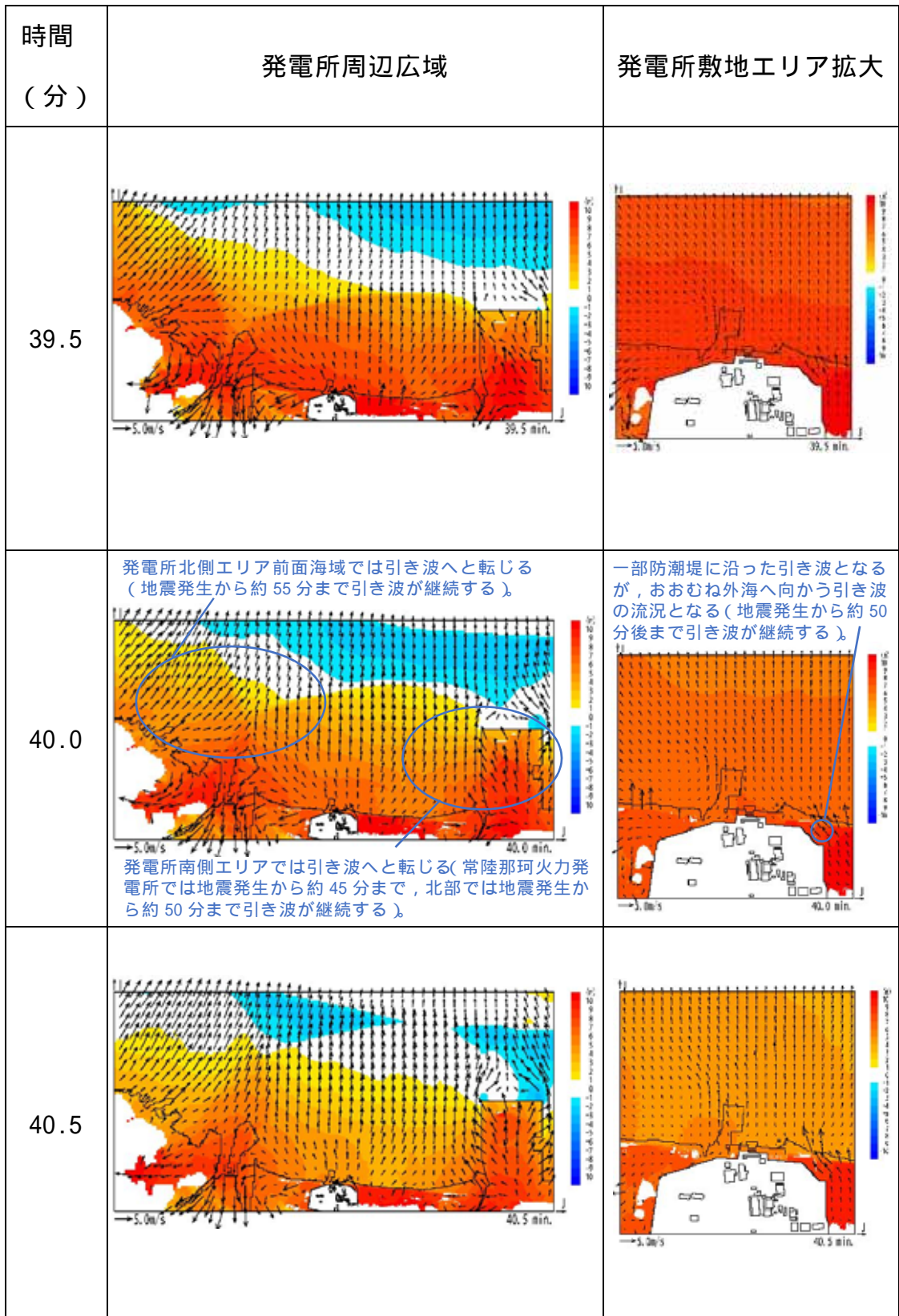




: 津波の原因となる地震発生後の経過時間

第 2 図 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル

(防波堤なしの場合)(4/11)

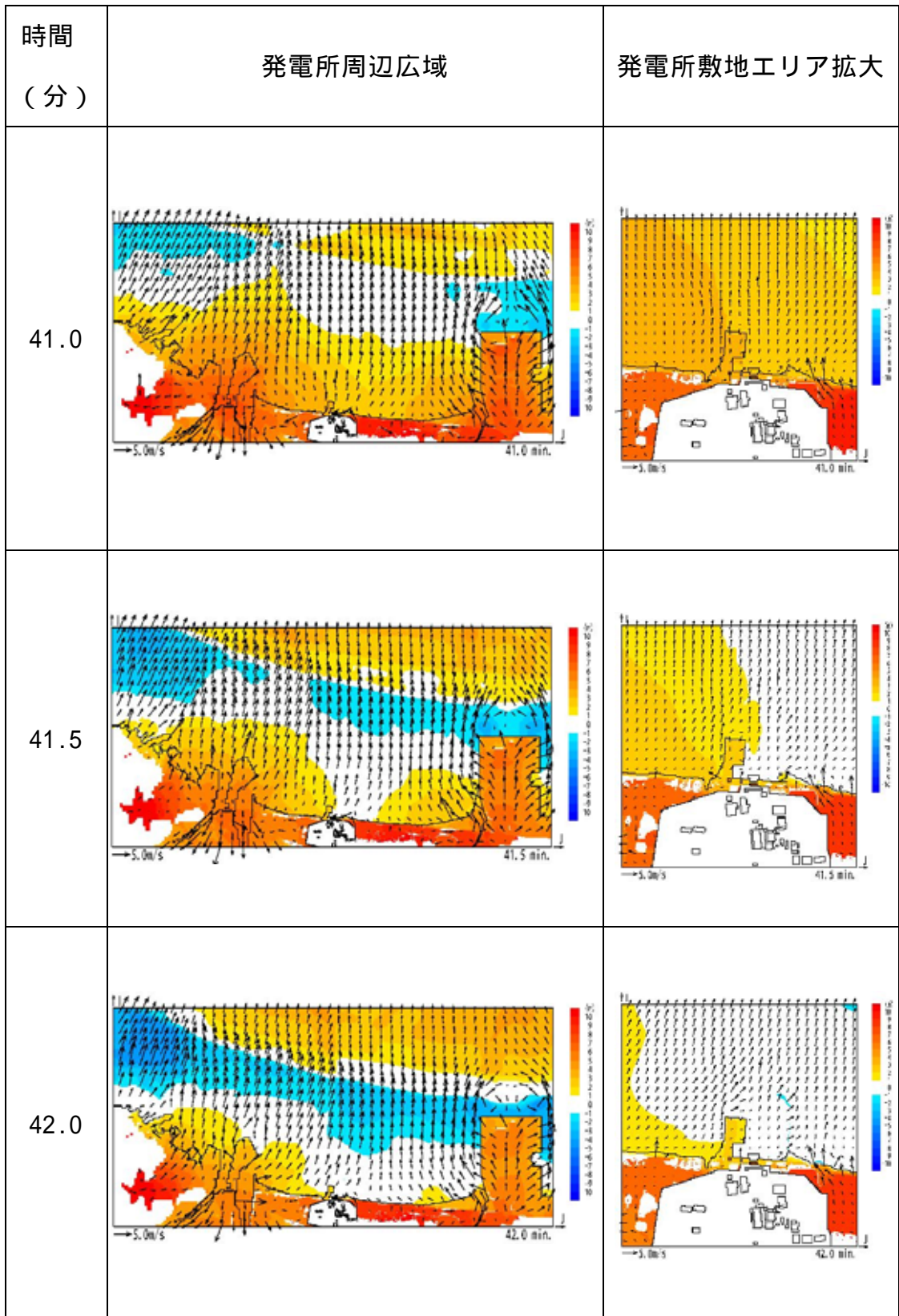


: 津波の原因となる地震発生後の経過時間

第2図 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル

(防波堤なしの場合)(5/11)

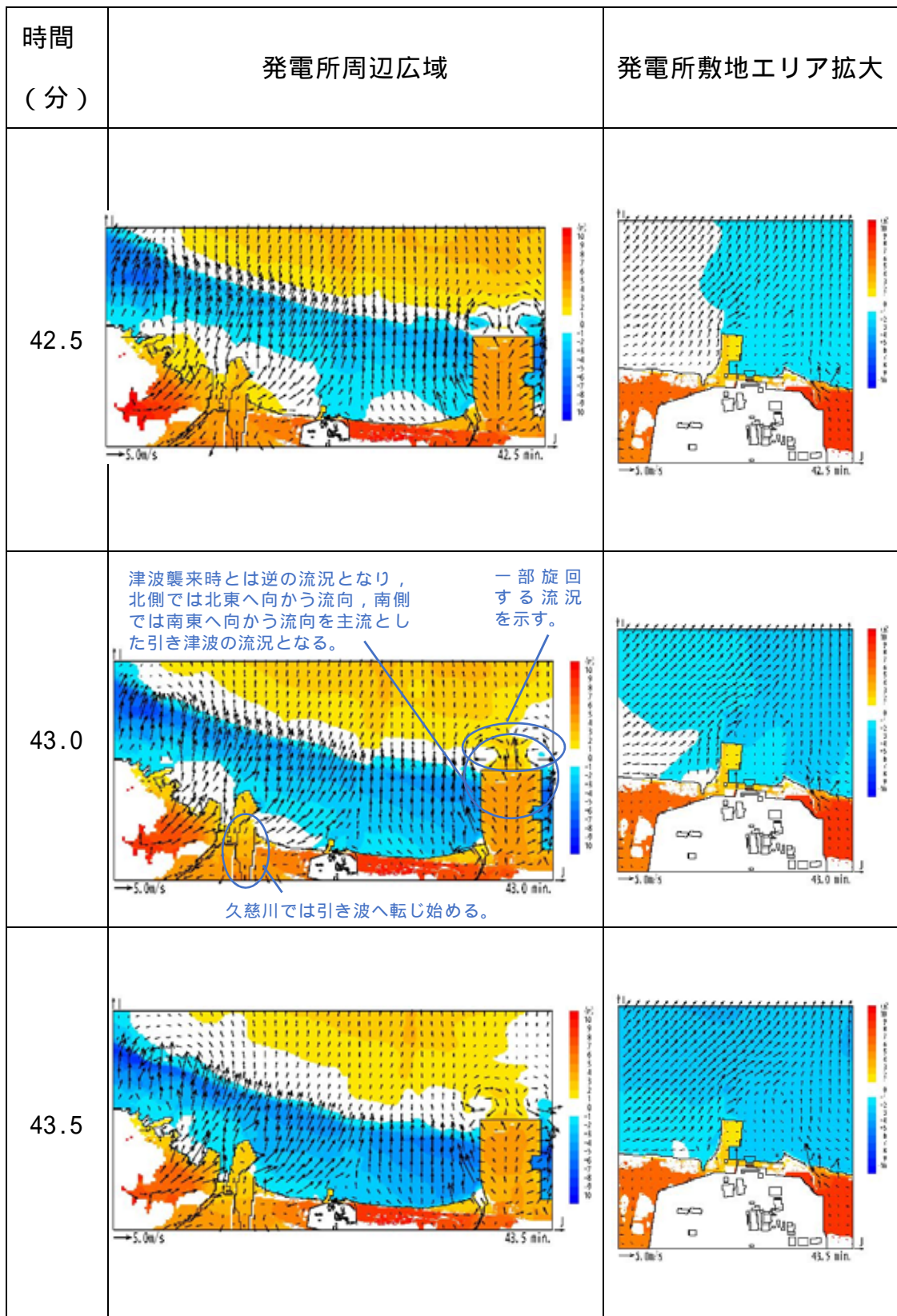




: 津波の原因となる地震発生後の経過時間

第 2 図 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル

(防波堤なしの場合)(6/11)

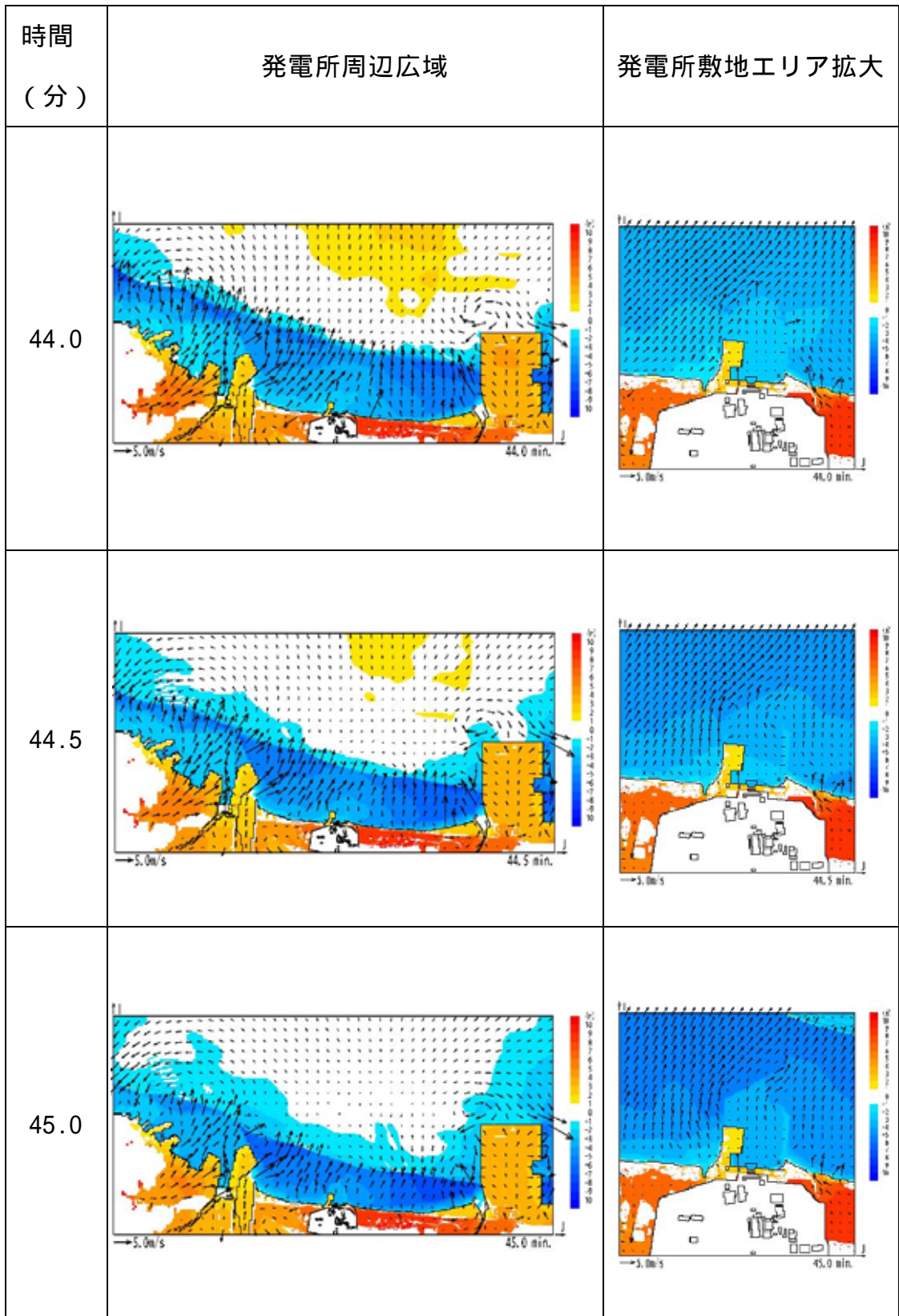


: 津波の原因となる地震発生後の経過時間

第 2 図 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル

(防波堤なしの場合)(7/11)

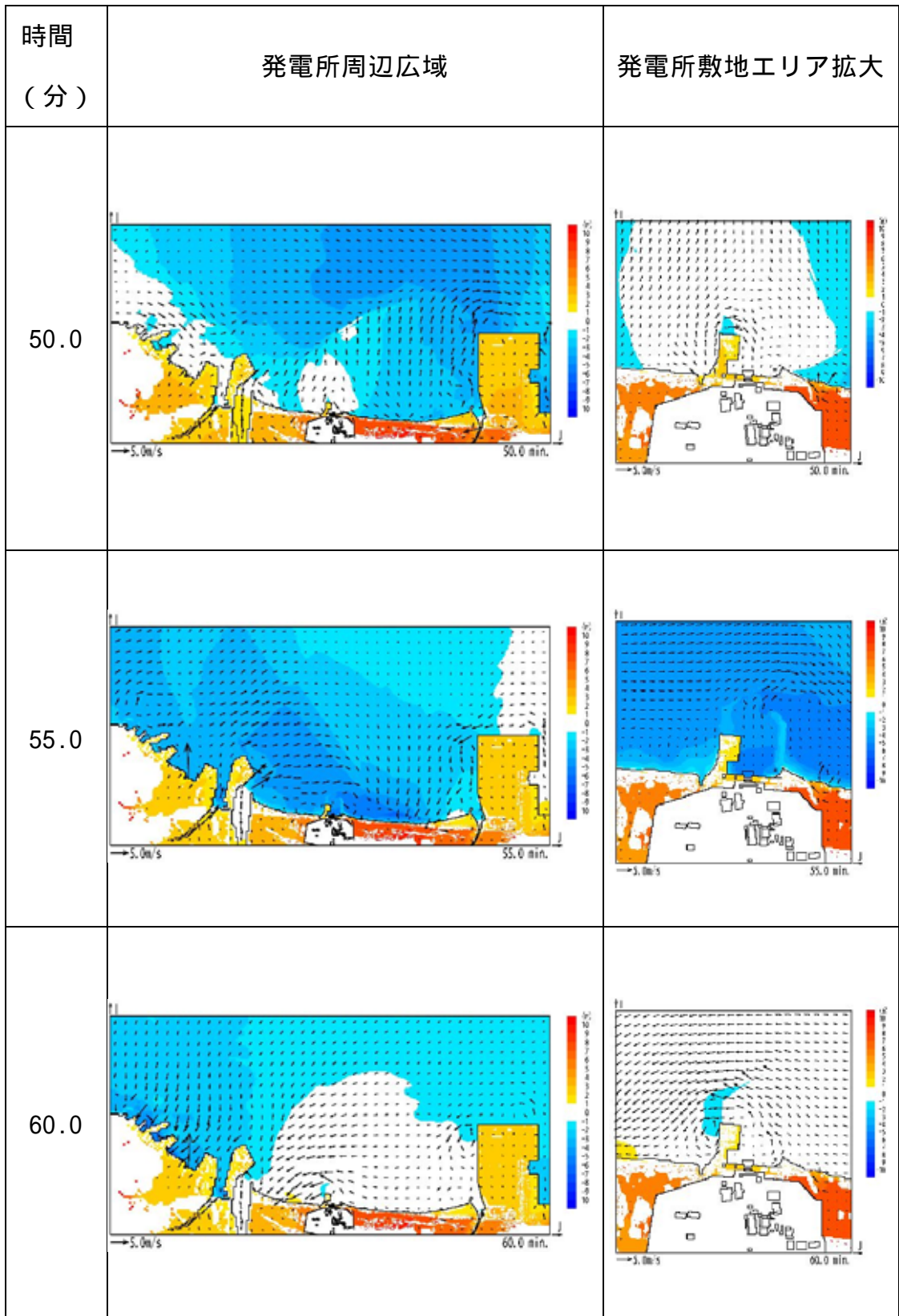




: 津波の原因となる地震発生後の経過時間

第 2 図 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル

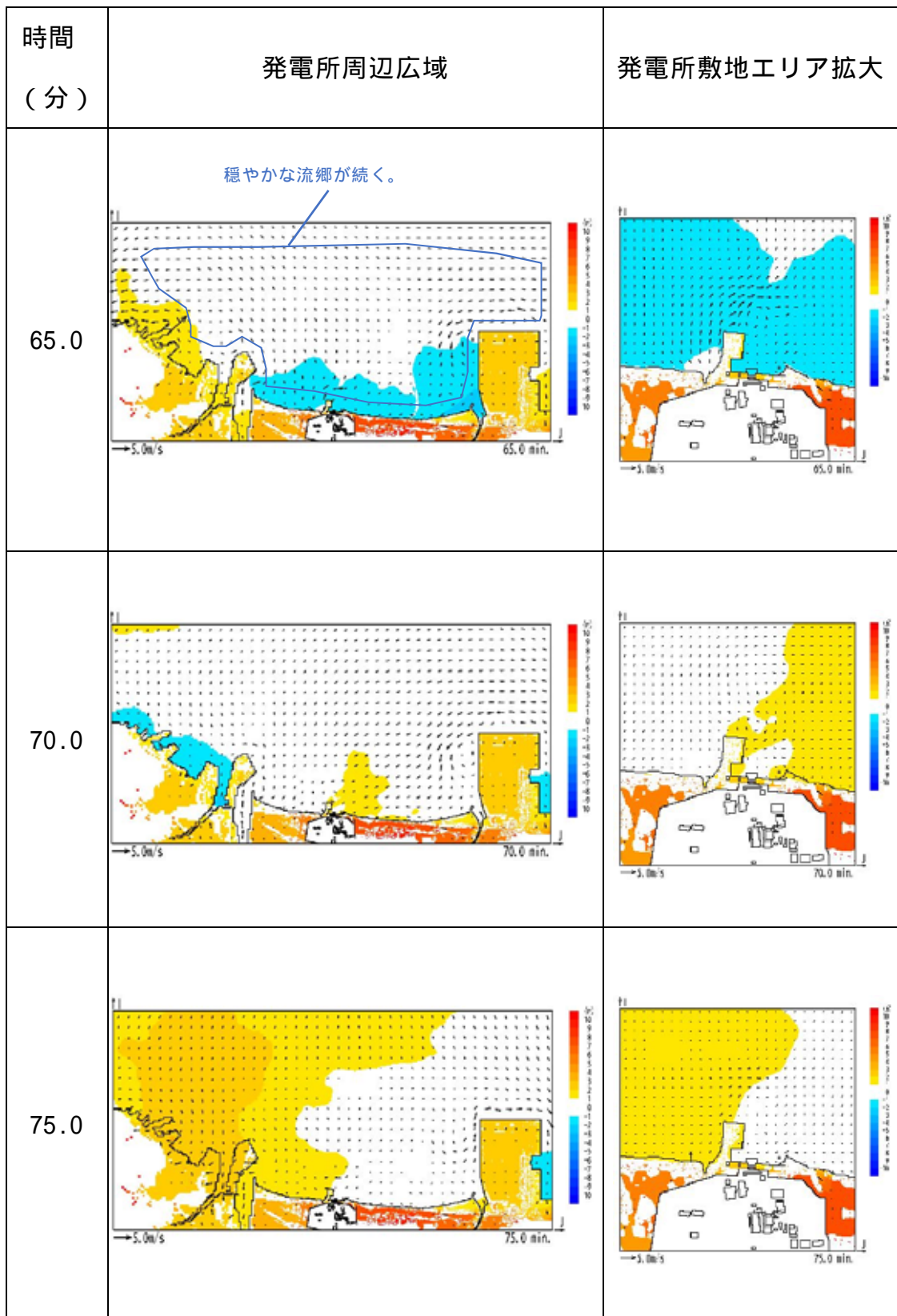
(防波堤なしの場合)(8/11)



: 津波の原因となる地震発生後の経過時間

第 2 図 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル

(防波堤なしの場合)(9/11)

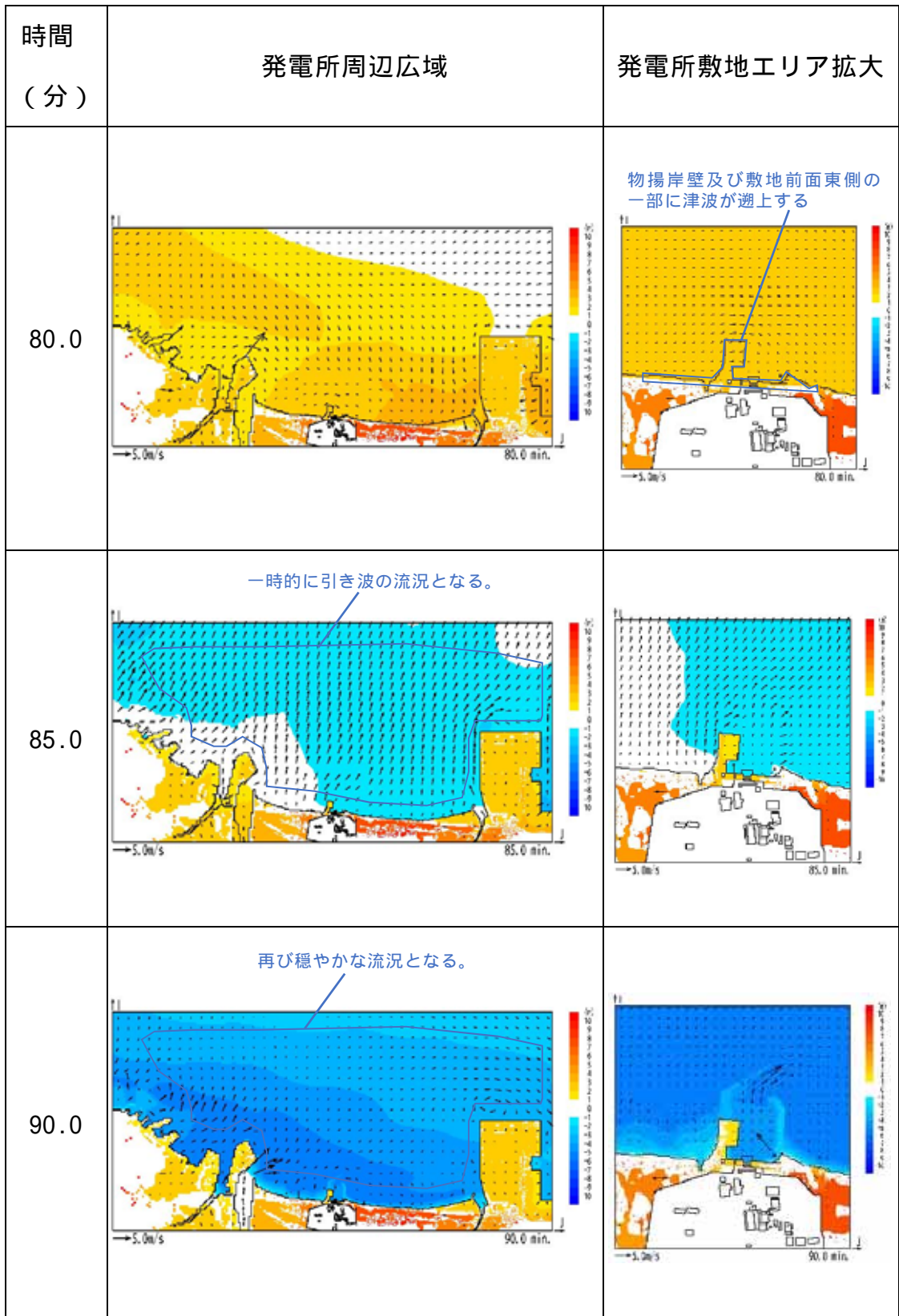


: 津波の原因となる地震発生後の経過時間

第 2 図 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル

(防波堤なしの場合)(10/11)





: 津波の原因となる地震発生後の経過時間

第 2 図 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル

(防波堤なしの場合)(11/11)

## 2.2 漂流物の取水口への到達可能性評価

津波流況の考察より，以下のとおり時間分類毎に漂流物の取水口への到達可能性について評価を実施した。

### (1) 津波襲来時（地震発生後 約 34 分～約 40 分）

発電所敷地エリアについては，津波襲来時の流況から，取水口以北の施設・設備は敷地前面東側から敷地側面北側へ防潮堤に沿うように移動し，取水口以南の施設・設備は敷地前面東側から敷地側面南側へ防潮堤に沿うように移動すると考えられる。

発電所北側エリアについては，津波襲来時の流況から，当該エリアの施設・設備は北西方向へ移動すると考えられ，発電所敷地エリアでは引き波へと転じる時間においても当該エリアの施設・設備は津波の遡上方向である北西へ移動すると考えられる。

発電所南側エリアのうち常陸那珂火力発電所の敷地については，津波襲来時の流況から，常陸那珂火力発電所の敷地における施設・設備のうち北側に存在するものは南西へ移動し，南側にあるものは北西へ移動すると考えられる。発電所南側エリアの北部の敷地については，津波襲来時の流況から，発電所南側エリアの北部に存在する施設・設備は津波の遡上方向である西へ移動すると考えられる。

以上より，津波襲来時において，各エリアにおける漂流物は陸域側または久慈川上流へ移動すると考えられることから，東海第二発電所の取水口へ向かわないと評価した。

### (2) 引き波時（地震発生後 約 40 分～約 50 分）

発電所敷地エリアについては，引き波時の流況から，津波襲来時に敷地側面北側及び敷地側面南側へ移動した後に外海方向へ移動すると考えられる。

発電所北側エリアについては、引き波時の流況から、当該エリアの施設・設備は外海方向へ移動すると考えられる。

発電所南側エリアのうち常陸那珂火力発電所の敷地については、引き波時の流況から、常陸那珂火力発電所の敷地における施設・設備は外海へ移動すると考えられる。発電所南側エリアの北部の敷地については、引き波時の流況から、当該エリアの北部の敷地の施設・設備は外海へ移動すると考えられる。

以上より、引き波時において、各エリアにおける漂流物は継続的に外海方向へ移動すると考えられることから東海第二発電所の取水口へ向かわないと評価した。

### (3) 収束時（地震発生後 約 50 分～約 90 分）

発電所敷地エリアについては、収束時の流況から、発電所敷地前面の漂流物は一時的に外海へ移動すると考えられるが、比較的穏やかな流況が継続することから、漂流物は大きな移動を伴わないと考えられる。

発電所北側エリアについては、収束時の流況から、当該エリアの漂流物は一時的に外海へ移動すると考えられが、比較的穏やかな流況が継続することから、漂流物は大きな移動を伴わないと考えられる。

発電所南側エリアについては、収束時の流況から、当該エリアの漂流物は一時的に外海へ移動すると考えられが、比較的穏やかな流況が継続することから、漂流物は大きな移動を伴わないと考えられる。

以上より、収束時において、各エリアにおける漂流物は大きな移動を伴わないと考えられることから、東海第二発電所の取水口へ向かわないと評価した。