

図 4-3(1) 敷地周辺の復旧・改修工事に伴う地形改変考慮前の基準津波の最大流速分布図  
 (防波堤あり, 基準地震動  $S_s$  による地盤沈下なし, 全時刻)

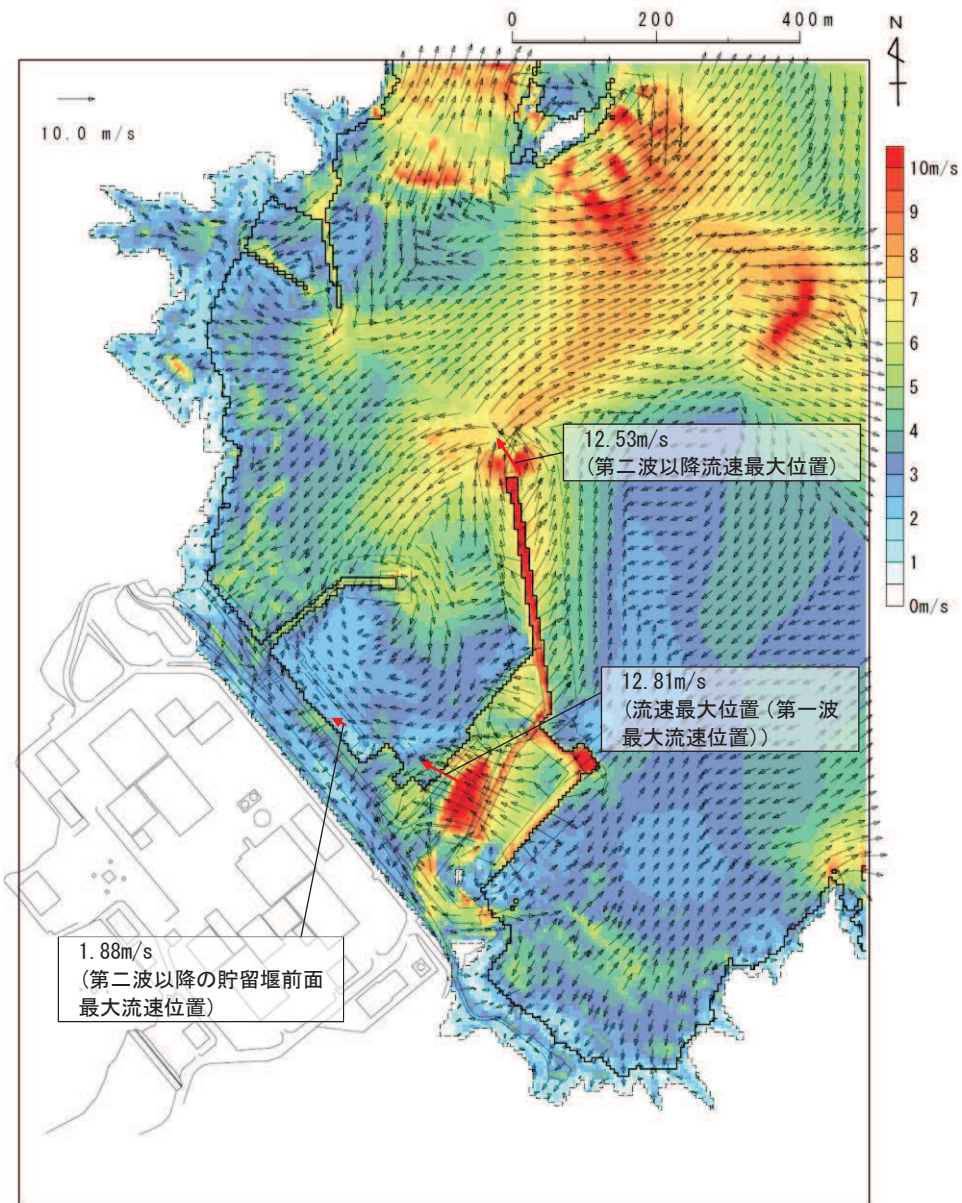


図 4-3(2) 敷地周辺の復旧・改修工事に伴う地形改変考慮後の基準津波の最大流速分布図  
(防波堤あり，基準地震動  $S_s$  による地盤沈下なし，地震発生から約 46 分後まで)

(2) 経路からの津波による入力津波

a. 津波防護施設（取放水路流路縮小工）

第1号機取水路及び放水路に設置する流路縮小工の設計で考慮する流路縮小工前面，貫通部及び背面における最大水平流速について，詳細設計を反映した防潮壁平面線形等の変更及び敷地周辺における復旧・改修工事に伴う地形改変の考慮前後の比較を表4-4に示す。比較ケースは，復旧・改修工事に伴う地形改変考慮前の流速最大ケースとした（詳細は，「1.4 入力津波の不確かさの考慮について」に示す。）。なお，取放水路流路縮小工は，第1号機取水路及び放水路内に設置されており，管路（満水）状態から開水路状態に遷移する際（又は，開水路状態から管路（満水）状態に遷移する際）に流速が急激に変化するから，その流速は，第2号機海水ポンプ室，第3号機海水熱交換器建屋及び第3号機補機冷却海水系放水ピットに設置する各設備位置の流速よりも大きい。津波来襲時における取放水路内の水位変動と流速の関係の詳細は，「1.4 入力津波の不確かさの考慮について」に示す。

表 4-4(1) 詳細設計を反映した防潮壁平面線形等及び敷地周辺における復旧・改修工事に伴う地形改変考慮前後の最大水平流速  
（取放水路流路縮小工（第1号機取水路），水位上昇側）

防波堤	標高変化 (地盤沈下)	復旧・改修 工事に伴う 地形改変	敷地前面 最大水位 上昇量 (m)	貝付着	スクリーン 損失	防潮壁 平面線形等 の変更*1	最大水平流速 (m/s) *2		
							前面	貫通部	背面
なし	現地形 (沈下なし)	なし	+18.39	なし	なし	—	1.19	13.01	2.69
		あり	+18.42				1.09	11.92	2.37

\*1：該当設備なし。

\*2：朔望平均満潮位（O.P.+1.43m），潮位のばらつき（+0.16m）及び地震により生じる沈下量（0.72m）を考慮して管路解析を実施。

表 4-4(2) 詳細設計を反映した防潮壁平面線形等及び敷地周辺における復旧・改修工事に伴う地形改変考慮前後の最大水平流速  
（取放水路流路縮小工（第1号機放水路），水位上昇側（前面，貫通部））

防波堤	標高変化 (地盤沈下)	復旧・改修 工事に伴う 地形改変	敷地前面 最大水位 上昇量 (m)	貝付着	スクリーン 損失	防潮壁 平面線形等 の変更*1	最大水平流速 (m/s) *2		
							前面	貫通部	背面
なし	現地形 (沈下なし)	なし	+17.71	あり	なし	—	0.15	11.49	0.92
		あり	+17.74				0.15	11.44	2.29

\*1：該当設備なし。

\*2：朔望平均満潮位（O.P.+1.43m），潮位のばらつき（+0.16m）及び地震により生じる沈下量（0.72m）を考慮して管路解析を実施。

表 4-4(3) 詳細設計を反映した防潮壁平面線形等及び敷地周辺における復旧・改修工事に伴う地形改変考慮前後の最大水平流速  
(取放水路流路縮小工 (第 1 号機放水路), 水位上昇側 (背面))

防波堤	標高変化 (地盤沈下)	復旧・改修 工事に伴う 地形改変	敷地前面 最大水位 上昇量 (m)	貝付着	スクリーン 損失	防潮壁 平面線形等 の変更*1	最大水平流速 (m/s) *2		
							前面	貫通部	背面
あり	1m沈下	なし	+16.70	あり	なし	—	0.14	10.72	6.46
		あり	+16.71				0.14	10.89	6.47

\*1: 該当設備なし。

\*2: 朔望平均満潮位 (O.P. +1.43m), 潮位のばらつき (+0.16m) 及び地震により生じる沈下量 (0.72m) を考慮して管路解析を実施。

b. 浸水防止設備 (逆止弁付ファンネル, 浸水防止蓋)

第 2 号機及び第 3 号機海水熱交換器建屋に設置する逆止弁付ファンネル, 第 3 号機海水熱交換器建屋及び第 3 号機補機冷却海水系放水ピットに設置する浸水防止蓋の設計で考慮する各取放水設備位置の最大鉛直流速について, 詳細設計を反映した防潮壁平面線形等の変更及び敷地周辺における復旧・改修工事に伴う地形改変の考慮前後の比較を表 4-5 に示す。比較ケースは, 復旧・改修工事に伴う地形改変考慮前の流速最大ケースとした (詳細は, 「1.4 入力津波の不確かさの考慮について」に示す。)

表 4-5(1) 詳細設計を反映した防潮壁平面線形等及び敷地周辺における復旧・改修工事に伴う地形改変考慮前後の最大鉛直流速 (第 2 号機海水ポンプ室, 水位上昇側)

防波堤	標高変化 (地盤沈下)	復旧・改修 工事に伴う 地形改変	敷地前面 最大水位 上昇量 (m)	貝付着	スクリーン 損失	防潮壁 平面線形等 の変更	最大鉛直 流速* (m/s)
なし	1m沈下	なし	+18.81	なし	なし	なし	0.86
		あり	+18.81			あり	0.88

\*: 朔望平均満潮位 (O.P. +1.43m), 潮位のばらつき (+0.16m) 及び地震により生じる沈下量 (0.72m) を考慮して管路解析を実施。

表 4-5(2) 詳細設計を反映した防潮壁平面線形等及び敷地周辺における復旧・改修工事に伴う地形改変考慮前後の最大鉛直流速 (第 3 号機海水ポンプ室, 水位上昇側)

防波堤	標高変化 (地盤沈下)	復旧・改修 工事に伴う 地形改変	敷地前面 最大水位 上昇量 (m)	貝付着	スクリーン 損失	防潮壁 平面線形等 の変更	最大鉛直 流速* (m/s)
なし	1m沈下	なし	+19.34	なし	なし	なし	0.72
		あり	+19.26			あり	0.81

\*: 朔望平均満潮位 (O.P. +1.43m), 潮位のばらつき (+0.16m) 及び地震により生じる沈下量 (0.72m) を考慮して管路解析を実施。

表 4-5(3) 詳細設計を反映した防潮壁平面線形等及び敷地周辺における復旧・改修工事に伴う地形改変考慮前後の最大鉛直流速（第 3 号機海水熱交換器建屋，水位上昇側）

防波堤	標高変化 (地盤沈下)	復旧・改修 工事に伴う 地形改変	敷地前面 最大水位 上昇量 (m)	貝付着	スクリーン 損失	防潮壁 平面線形等 の変更	最大鉛直 流速* (m/s)
なし	1m沈下	なし	+19.34	なし	なし	なし	0.72
		あり	+19.26			あり	0.81

\*：朔望平均満潮位（O.P.+1.43m），潮位のばらつき（+0.16m）及び地震により生じる沈下量（0.72m）を考慮して管路解析を実施。

表 4-5(4) 詳細設計を反映した防潮壁平面線形等及び敷地周辺における復旧・改修工事に伴う地形改変考慮前後の最大鉛直流速（第 3 号機補機冷却海水系放水ピット，水位上昇側）

防波堤	標高変化 (地盤沈下)	復旧・改修 工事に伴う 地形改変	敷地前面 最大水位 上昇量 (m)	貝付着	スクリーン 損失	防潮壁 平面線形等 の変更	最大鉛直 流速* (m/s)
あり	1m沈下	なし	+17.21	あり	なし	なし	0.64
		あり	+17.18			あり	0.66

\*：朔望平均満潮位（O.P.+1.43m），潮位のばらつき（+0.16m）及び地震により生じる沈下量（0.72m）を考慮して管路解析を実施。

c. 津波監視設備（取水ピット水位計）

第 2 号機海水ポンプ室に設置する取水ピット水位計の設計で考慮する最大鉛直流速について、詳細設計を反映した防潮壁平面線形等の変更及び敷地周辺における復旧・改修工事に伴う地形改変の考慮前後の比較を表 4-6 に示す。比較ケースは、復旧・改修工事に伴う地形改変考慮前の流速最大ケースとした（詳細は、「1.4 入力津波の不確かさの考慮について」に示す。）。

表 4-6 詳細設計を反映した防潮壁平面線形等及び敷地周辺における復旧・改修工事に伴う地形改変の考慮前後の最大鉛直流速（第 2 号機海水ポンプ室，水位上昇側）

防波堤	標高変化 (地盤沈下)	復旧・改修 工事に伴う 地形改変	敷地前面 最大水位 上昇量 (m)	貝付着	スクリーン 損失	防潮壁 平面線形等 の変更	最大鉛直 流速* (m/s)
なし	1m沈下	なし	+18.81	なし	なし	なし	0.86
		あり	+18.81			あり	0.88

\*：朔望平均満潮位（O.P.+1.43m），潮位のばらつき（+0.16m）及び地震により生じる沈下量（0.72m）を考慮して管路解析を実施。

d. 設計に用いる流速

詳細設計を反映した防潮壁平面線形等の変更及び敷地周辺における復旧・改修工事に伴う地形改変考慮前後の最大流速の比較から、安全側に評価した設計に用いる流速を表 4-7 に示す。

表 4-7 詳細設計を反映した防潮壁平面線形等の変更及び敷地周辺における復旧・改修工事に伴う地形改変の考慮前後の最大流速及び設計に用いる流速

設備名称		考慮前 (m/s)	考慮後 (m/s)	設計に用いる 流速 (m/s)
取放水路流路縮小工 (第 1 号機取水路) (No. 1) , (No. 2)	前面	1.19	1.09	10.0
	貫通部	13.01	11.92	20.0
	背面	2.69	2.37	10.0
取放水路流路縮小工 (第 1 号機放水路)	前面	0.15	0.15	10.0
	貫通部	11.49	11.44	20.0
	背面	6.46	6.47	10.0
第 2 号機 海水ポンプ室	浸水防止蓋	0.86	0.88	1.0
	逆止弁付ファンネル			
第 3 号機 海水熱交換器建屋	浸水防止蓋	0.72	0.81	1.0
	逆止弁付ファンネル			
第 3 号機補機冷却海 水系放水ピット	浸水防止蓋	0.64	0.66	1.0
	貫通部止水処置			

(参考2) 敷地周辺における復旧・改修工事に伴う地形改変が発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流況に与える影響

### 1. 基準津波（水位上昇側）

復旧・改修工事に伴う地形改変考慮後の発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向及び流速を図1-1及び図1-2に示す。

#### 1.1 女川湾全体の流況に与える影響

復旧・改修工事に伴う地形改変考慮前後で、発電所に到達する第1波の時間（地震発生約36分後）及び発電所で最高水位となる時間（地震発生約42分後）は変わらず、それらの時刻による流向・流速に大きな違いは見られない。なお、湾奥については、海域に設置される女川湾の防波堤の影響により、その周辺の流況に違いが見られる。発電所敷地前面第1波到達時（地震発生約36分後）の流況の比較を図1-3に、発電所敷地前面最高水位発生時（地震発生約42分後）の流況の比較を図1-4に示す。

#### 1.2 発電所前面海域の流況に与える影響

復旧・改修工事に伴う地形改変考慮前後で、発電所で最高水位となる時間（地震発生約42分後）は変わらず、その時刻の前後における発電所前面海域での流向・流速にも大きな違いは見られない。発電所敷地前面最高水位発生時（地震発生約42分後）付近の流況の比較を図1.5に示す。

### 2. 基準津波（水位下降側）

復旧・改修工事に伴う地形改変考慮前後の発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向及び流速を図2-1及び図2-2に示す。

#### 2.1 女川湾全体の流況に与える影響

復旧・改修工事に伴う地形改変考慮前後で、発電所の港湾内が引き波に転ずる時間（地震発生約48分後）は変わらず、それ以降（例えば、地震発生約51分後）の津波襲来時と逆方向の沖合に向かう流れが卓越する状況にも大きな違いは見られない。なお、湾奥については、海域に設置される女川湾の防波堤の影響により、その周辺の流況に違いが見られる。発電所港湾内が引き波に転ずる地震発生約48分後以降の流況の比較を図2-3に示す。

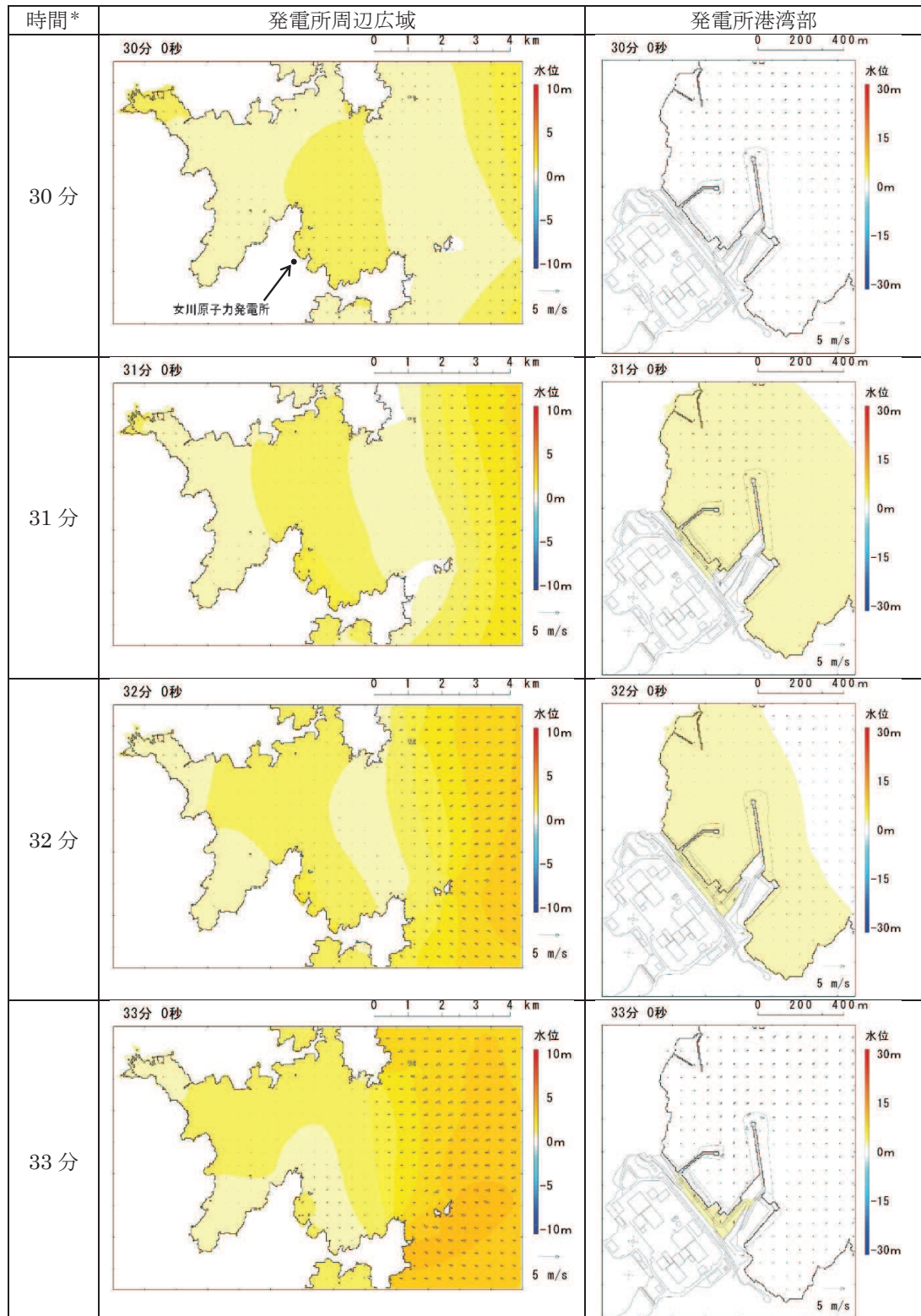
#### 2.2 発電所前面海域の流況に与える影響

復旧・改修工事に伴う地形改変考慮前後で、女川湾の湾奥から発電所に向かう流れが確認される地震発生50分後から54分後の発電所前面海域での流向・流速に大きな違いは見られない。発電所敷地前面最高水位発生時（地震発生約42分後）付近の流況の比較を図2.4に示す。

### 3. まとめ

女川湾全体について、敷地周辺における復旧・改修工事に伴う地形改変のうち海域に設置される女川湾内の防波堤の近傍においては、その影響が生じているものの、局所的であり、女川湾全体としての影響は小さい。

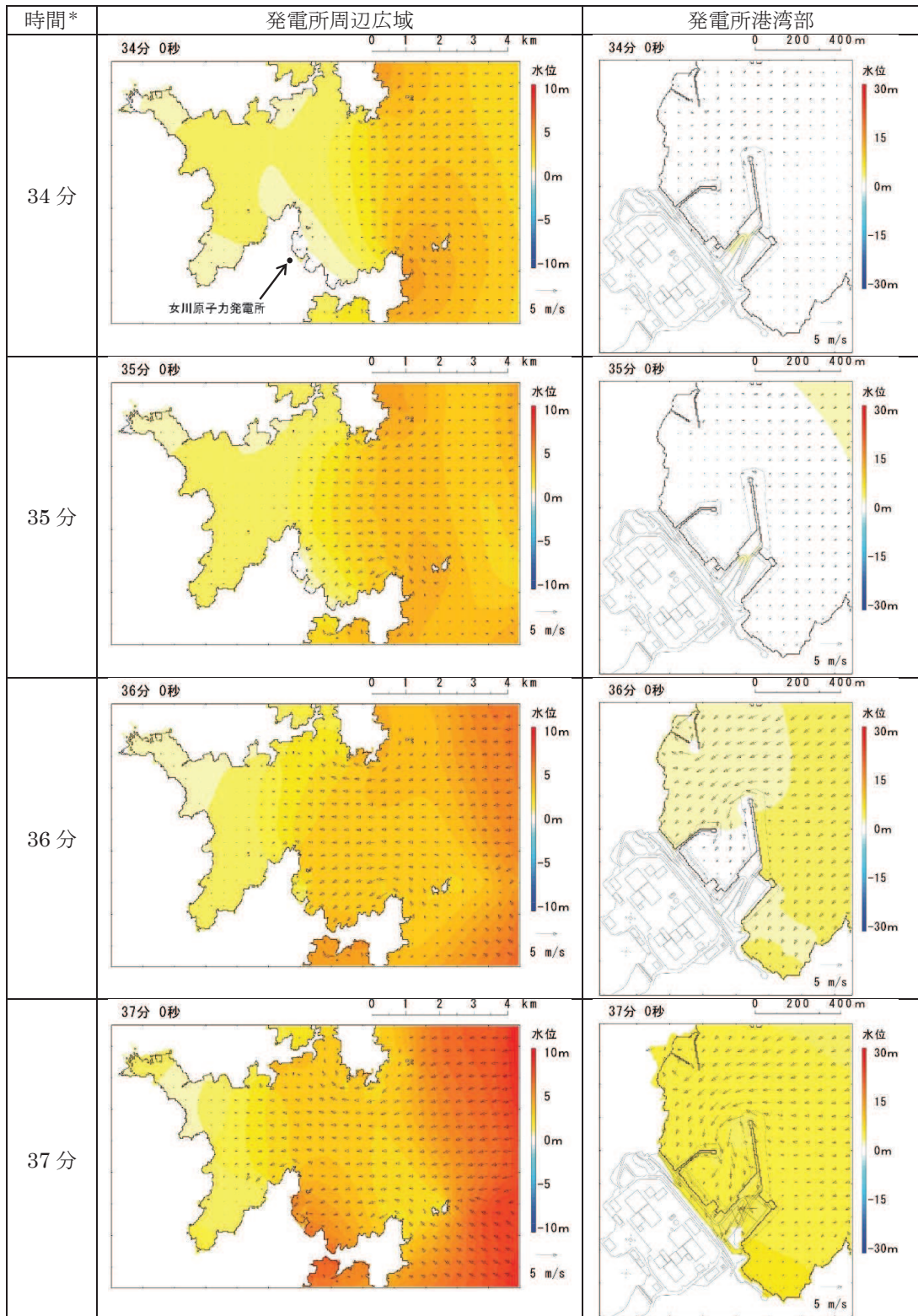
発電所前面海域については、水位上昇側・下降側ともに、地形改変の影響が流況（流向・流速）に与える影響はほとんどない。



\* 津波の原因となる地震発生後の経過時間

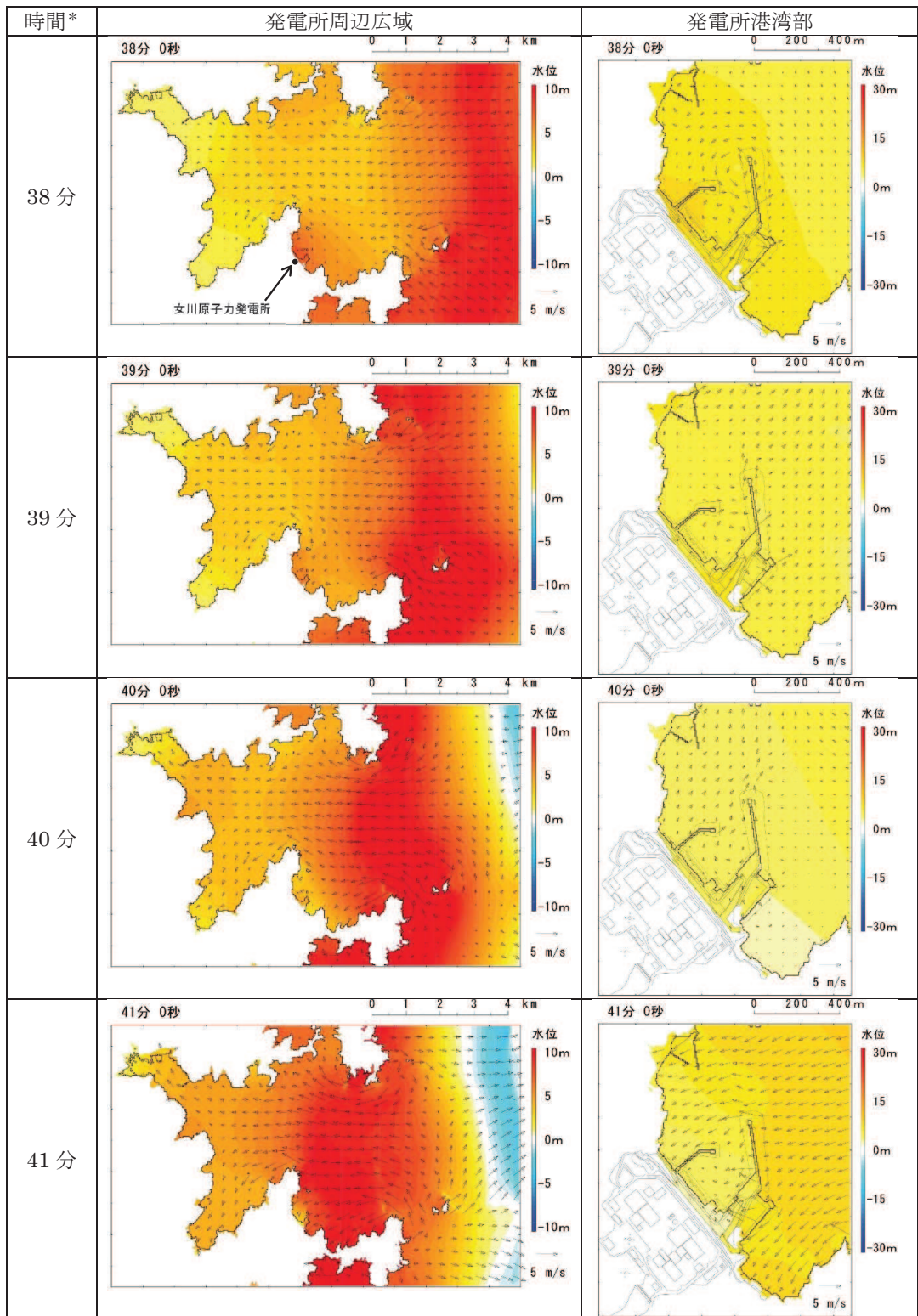
図 1-1(1) 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
(地形改変考慮前, 基準津波(水位上昇側))





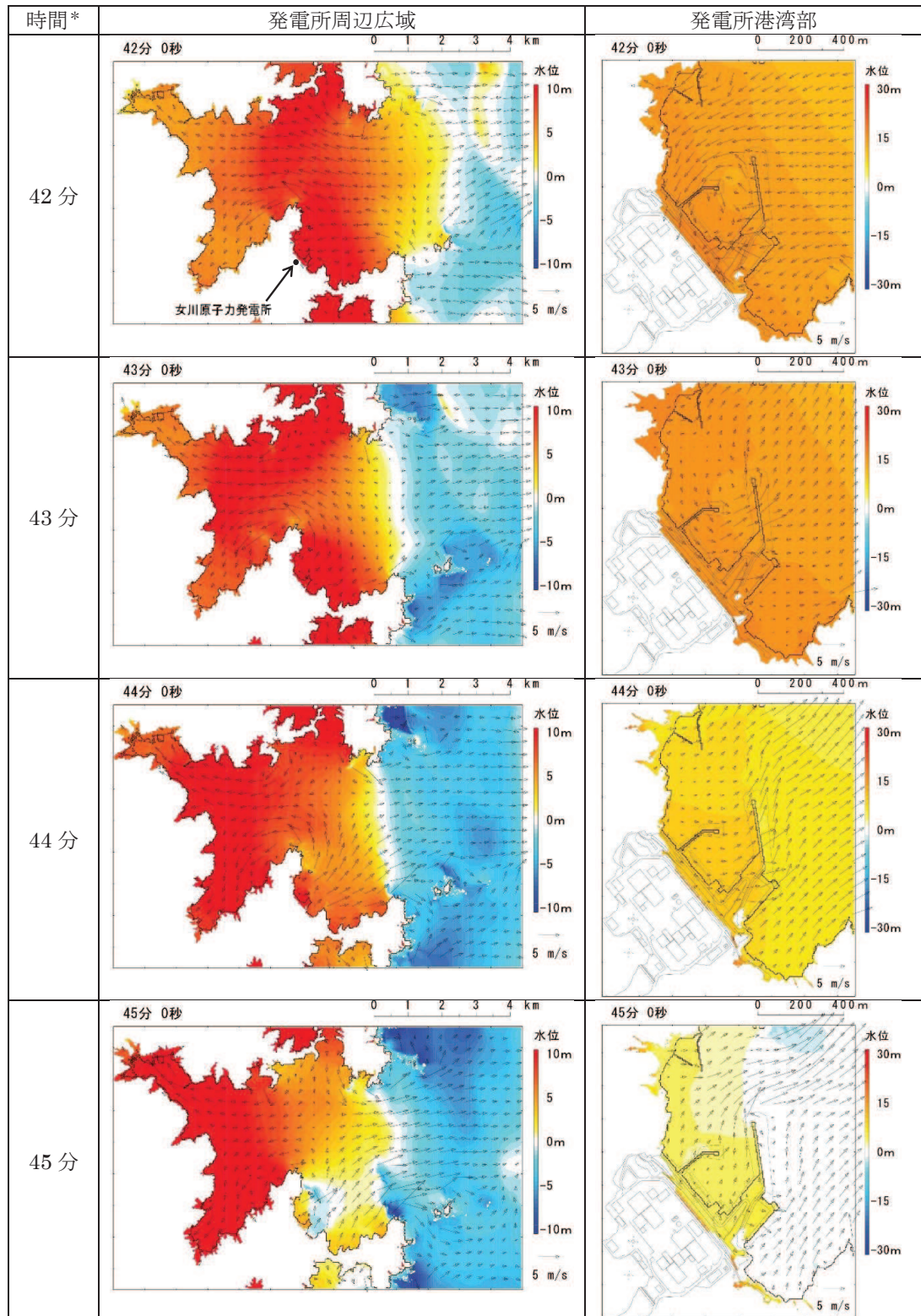
\* 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 1-1(2) 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
(地形改変考慮前, 基準津波 (水位上昇側))



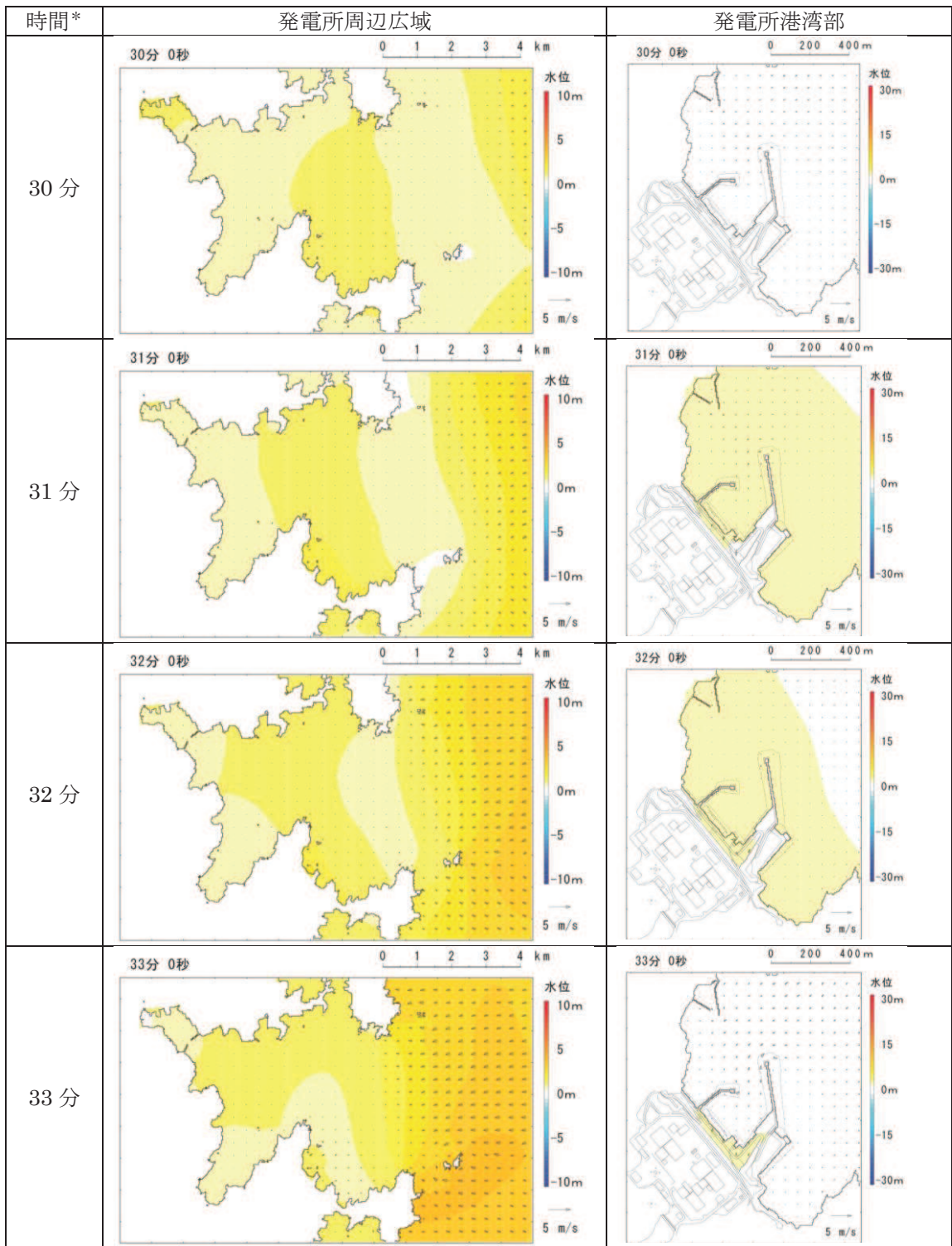
\* 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 1-1(3) 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
(地形改変考慮前, 基準津波(水位上昇側))



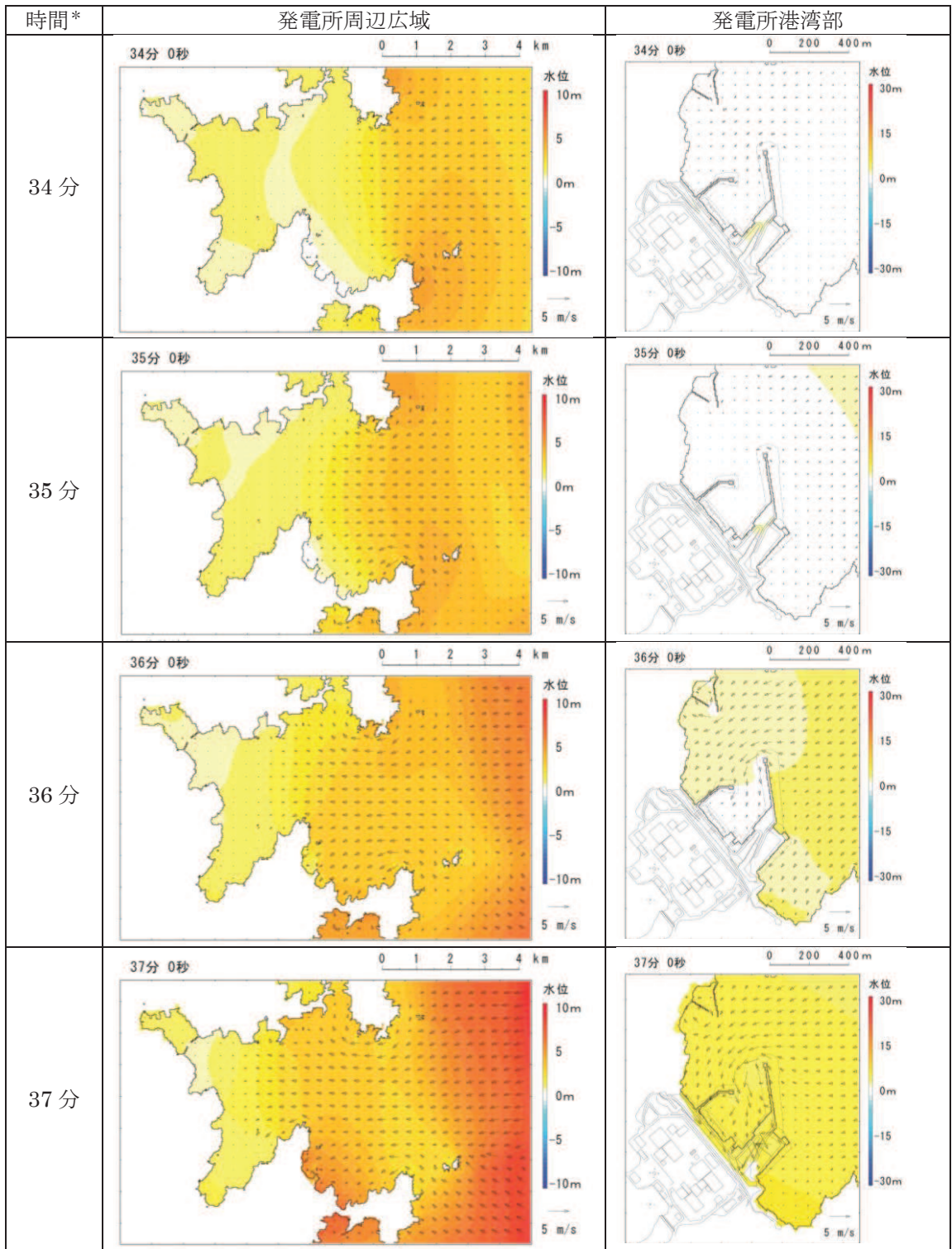
\* 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 1-1(4) 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
(地形改変考慮前, 基準津波 (水位上昇側))



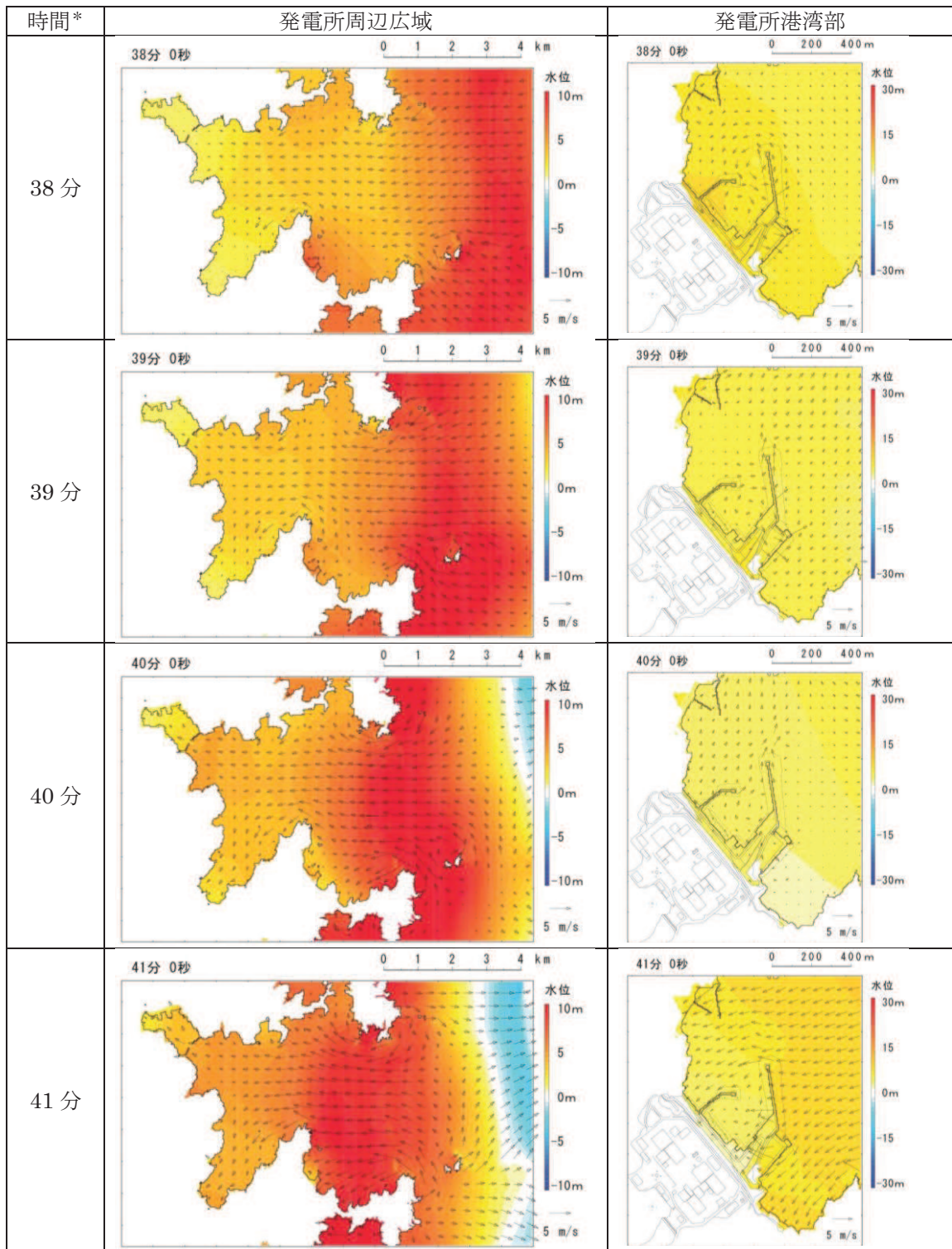
\* 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 1-2(1) 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
 (地形改変考慮後, 基準津波 (水位上昇側))



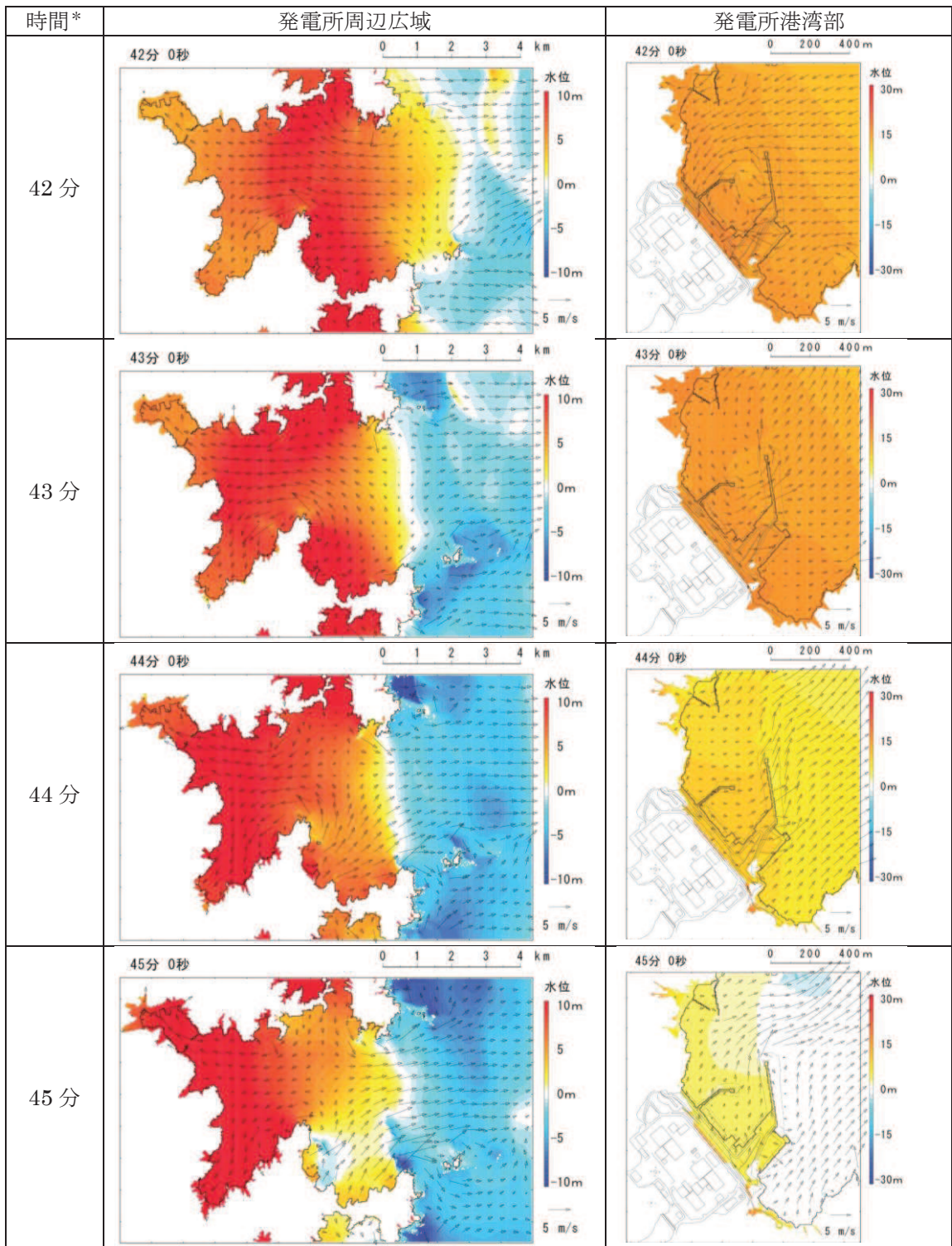
\* 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 1-2(2) 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
(地形改変考慮後, 基準津波 (水位上昇側))



\* 津波の原因となる地震発生後の経過時間

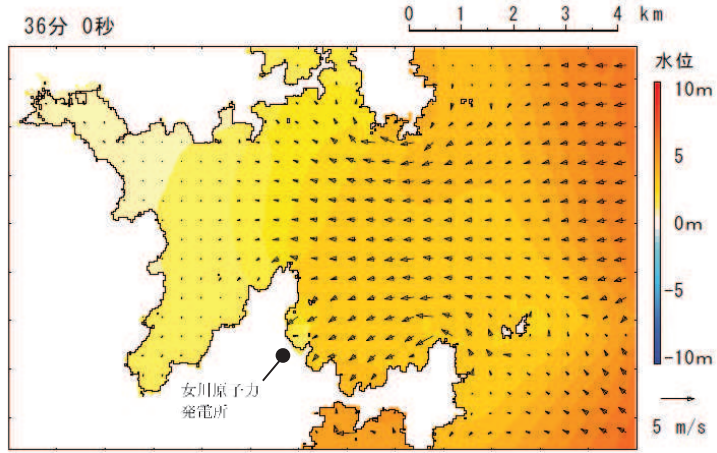
図 1-2(3) 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
(地形改変考慮後, 基準津波 (水位上昇側))



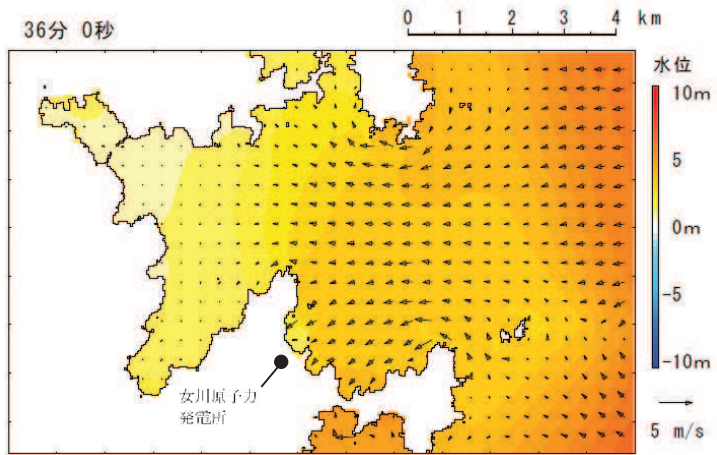
\* 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 1-2(4) 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
(地形改変考慮後, 基準津波 (水位上昇側))

図 1-3 発電所敷地前面最高水位発生時（地震発生約 36 分後）付近の流況比較

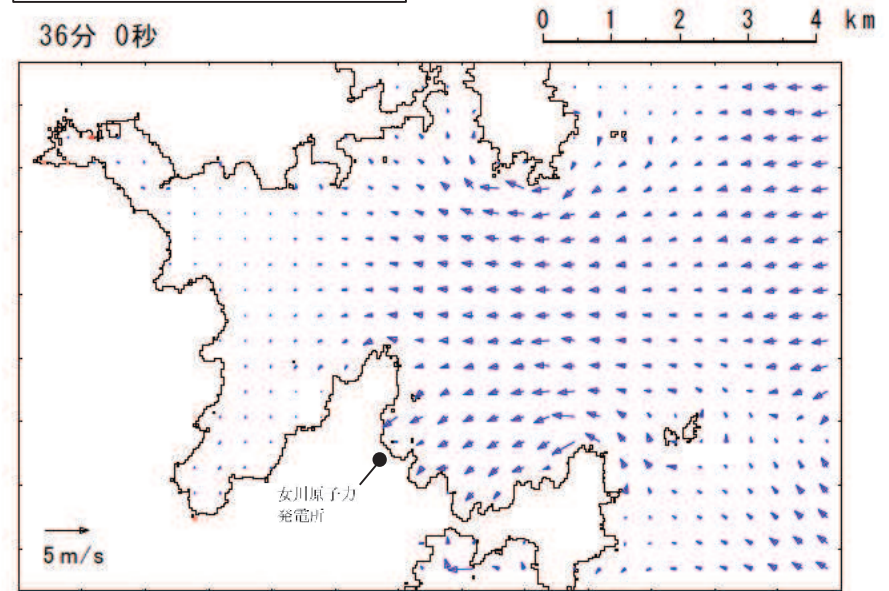


現状評価 (A)



工事計画の反映 (B)

← : 現状評価 (A)  
 ← : 工事計画の反映 (B)

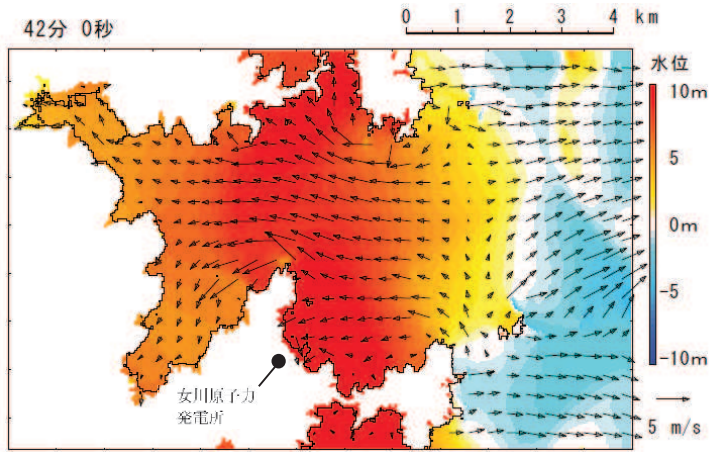


流向・流速の重ね合わせ\*

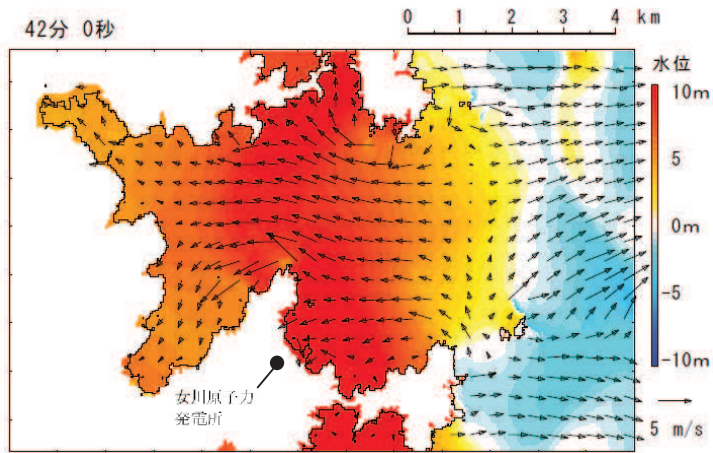
\* : 現状評価のベクトル (←) 上に, 工事計画の反映のベクトル (←) を記載。両者の流況が異なる場合, 現状評価のベクトル (←) が確認される (見える)。



図 1-4 発電所敷地前面最高水位発生時（地震発生約 42 分後）付近の流況比較

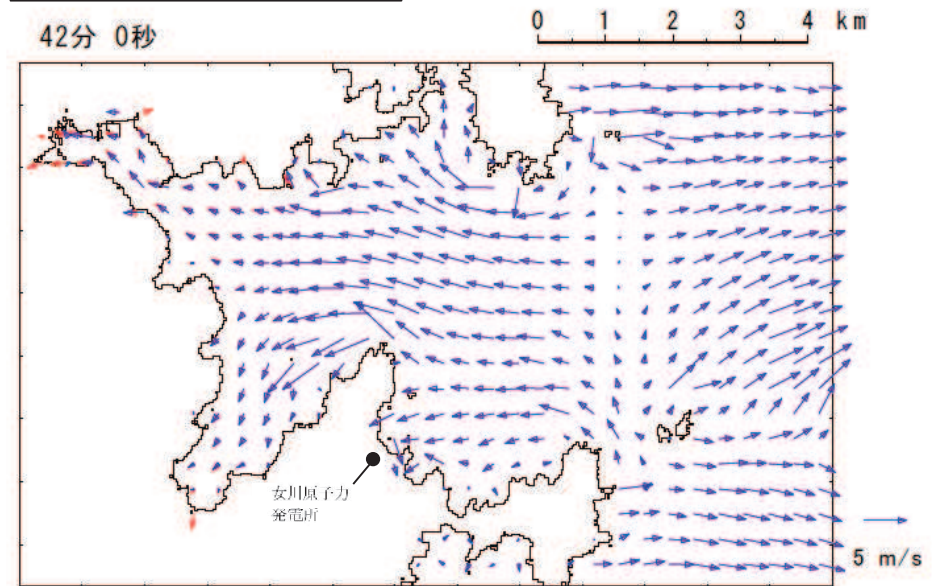


現状評価 (A)



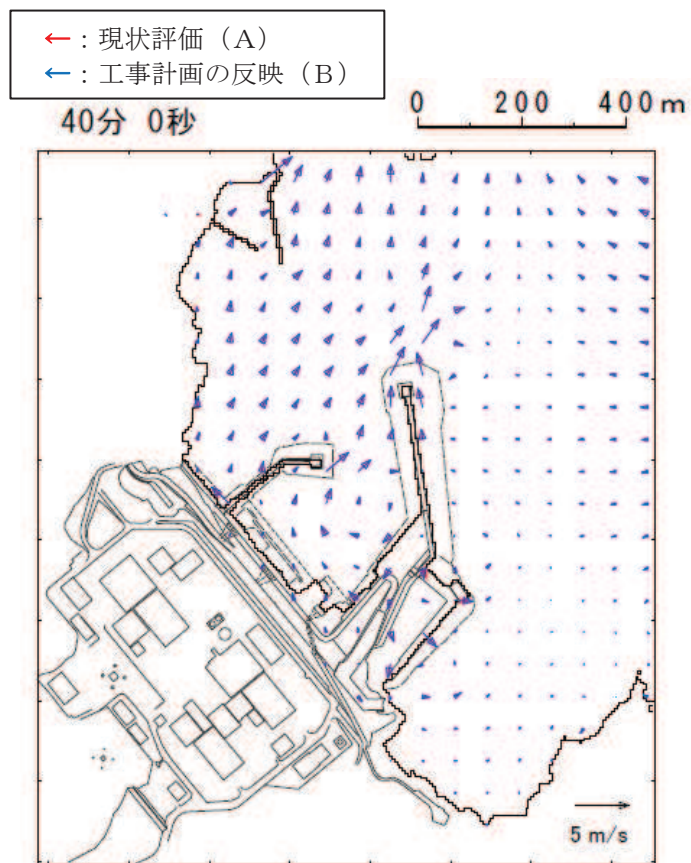
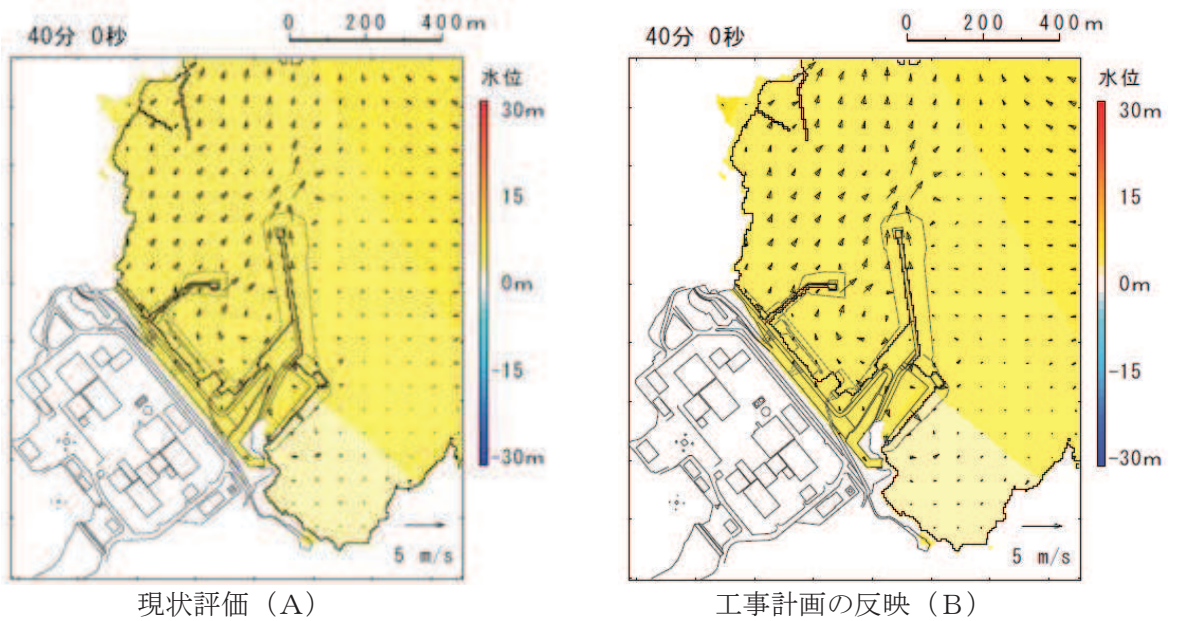
工事計画の反映 (B)

← : 現状評価 (A)  
 ← : 工事計画の反映 (B)



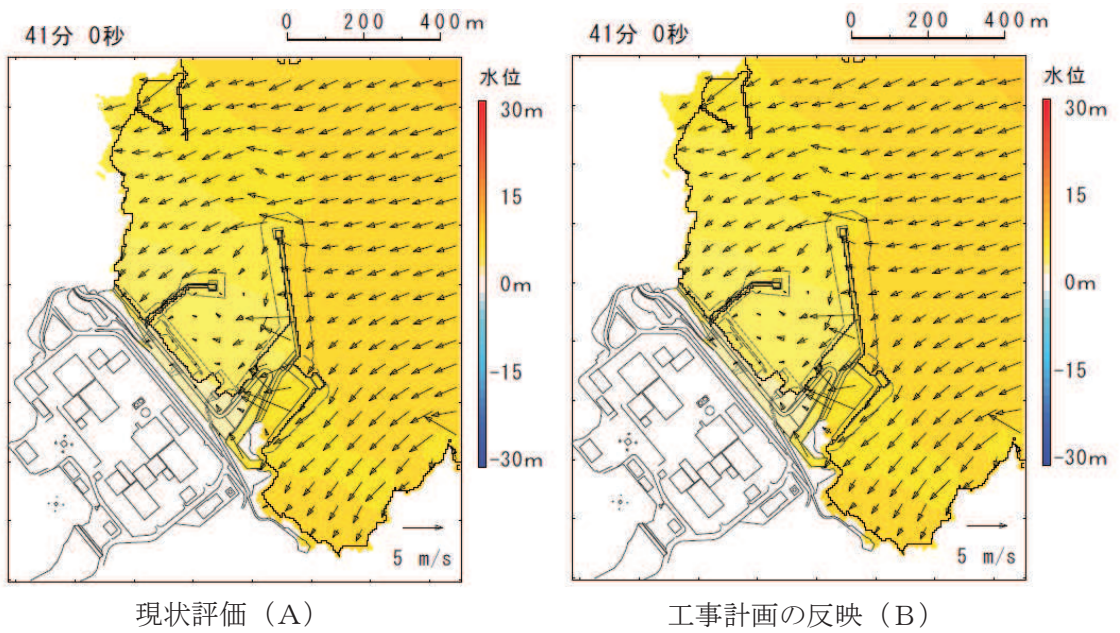
流向・流速の重ね合わせ\*

※：現状評価のベクトル (←) 上に、工事計画の反映のベクトル (←) を記載。両者の流況が異なる場合、現状評価のベクトル (←) が確認される (見える)。

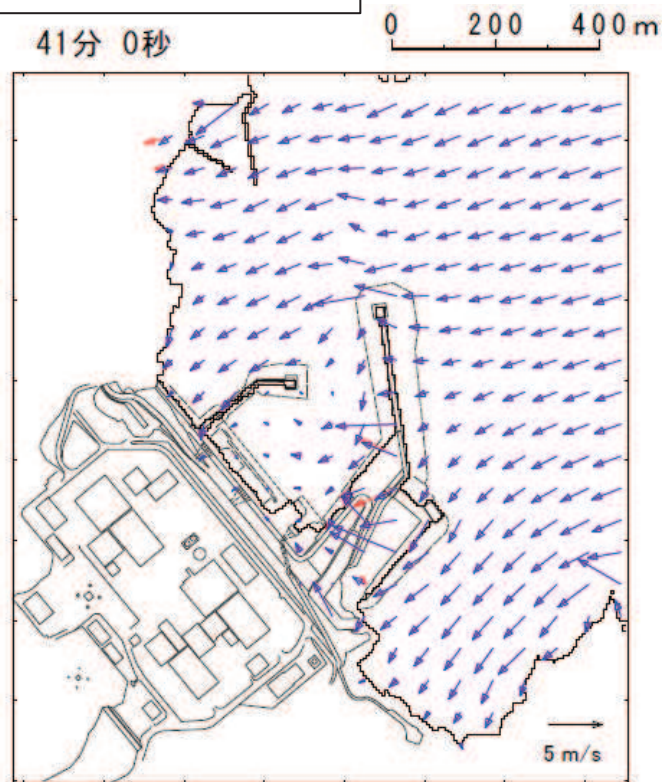


\* : 現状評価のベクトル (←) 上に、工事計画の反映のベクトル (←) を記載。両者の流況が異なる場合、現状評価のベクトル (←) が確認される (見える)。

図 1-5(1) 発電所敷地前面最高水位発生時 (地震発生約 40 分後) 付近の流況比較



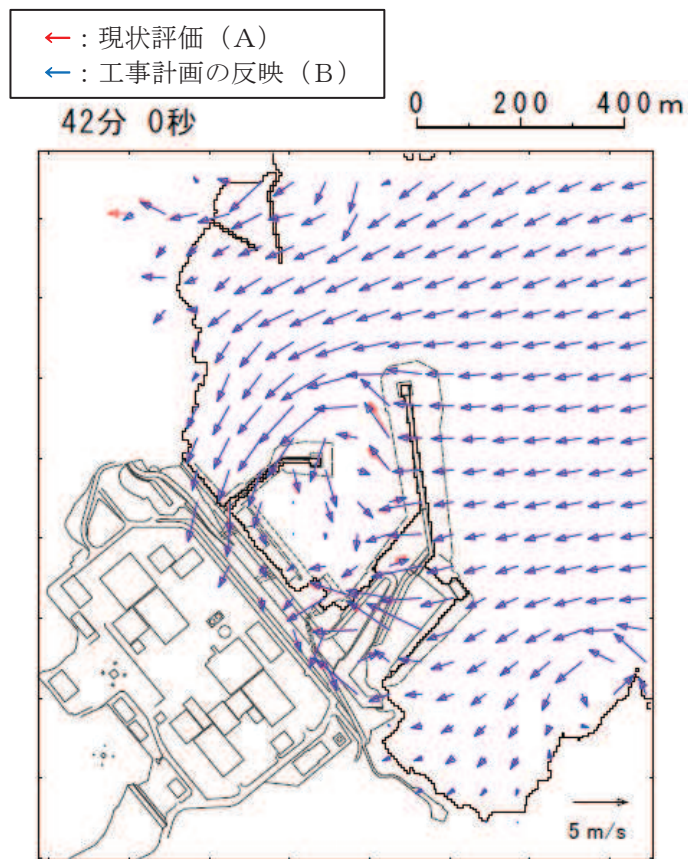
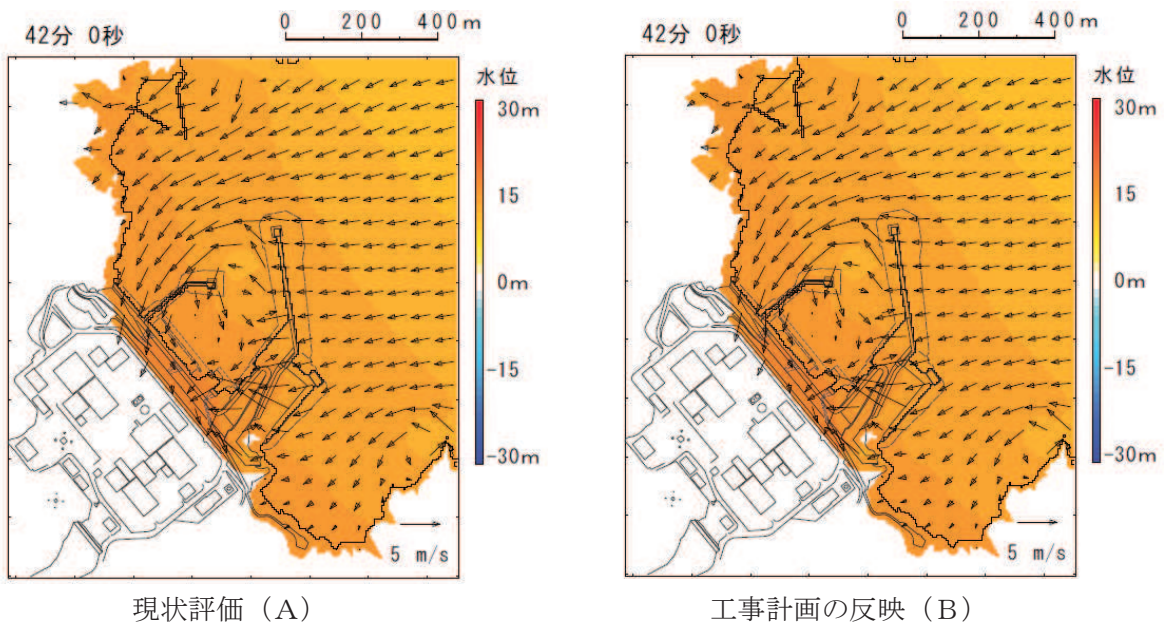
← : 現状評価 (A)  
 ← : 工事計画の反映 (B)



流向・流速の重ね合わせ\*

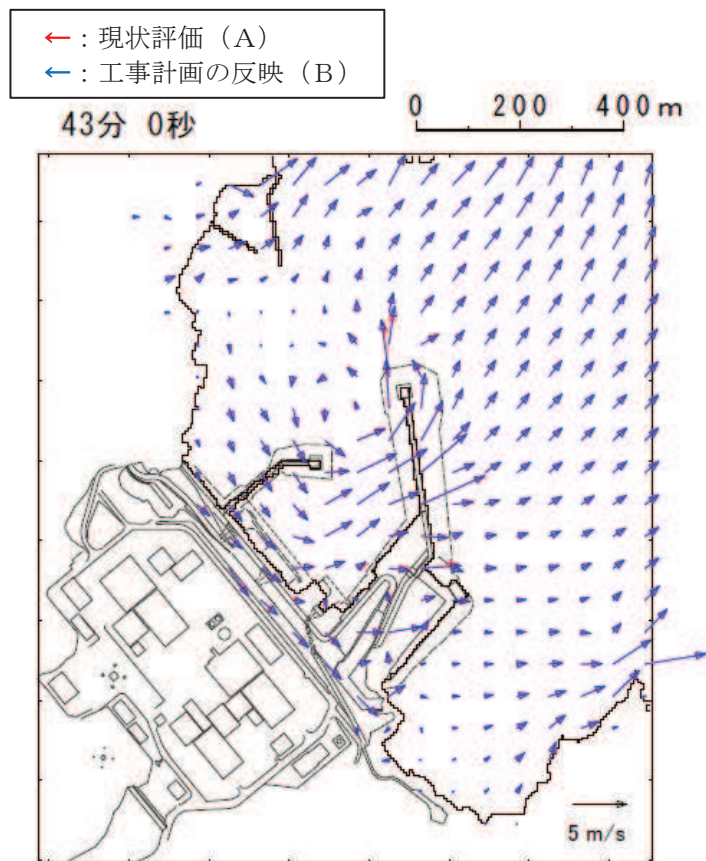
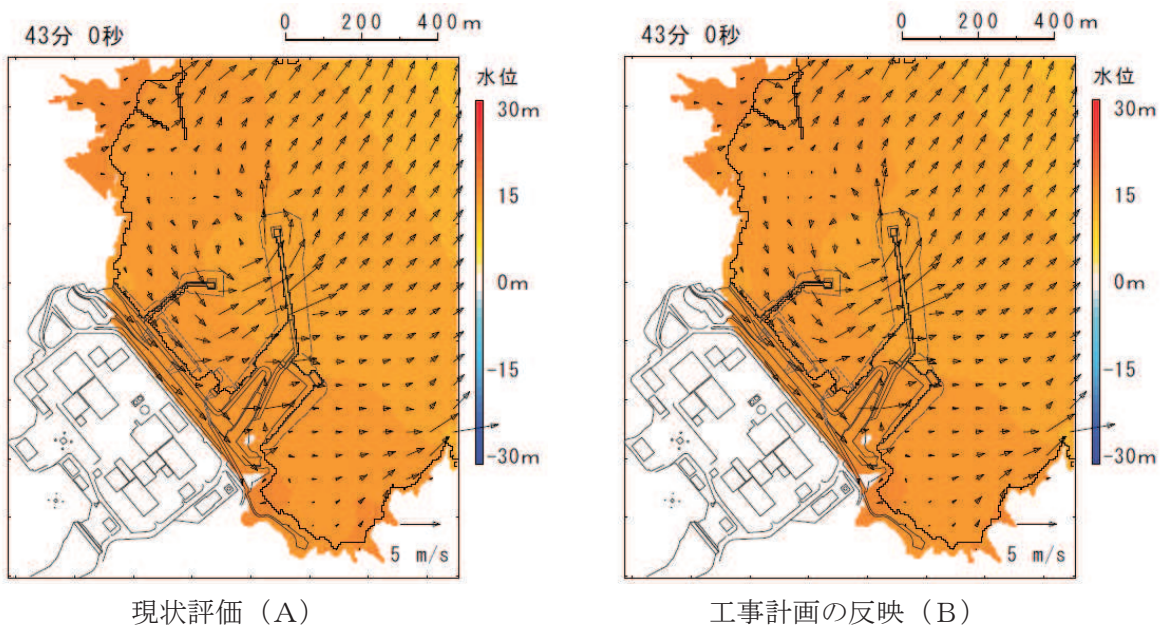
※ : 現状評価のベクトル (←) 上に、工事計画の反映のベクトル (←) を記載。  
 両者の流況が異なる場合、現状評価のベクトル (←) が確認される (見える)。

図 1-5(2) 発電所敷地前面最高水位発生時 (地震発生約 41 分後) 付近の流況比較



※ : 現状評価のベクトル (←) 上に、工事計画の反映のベクトル (←) を記載。両者の流況が異なる場合、現状評価のベクトル (←) が確認される (見える)。

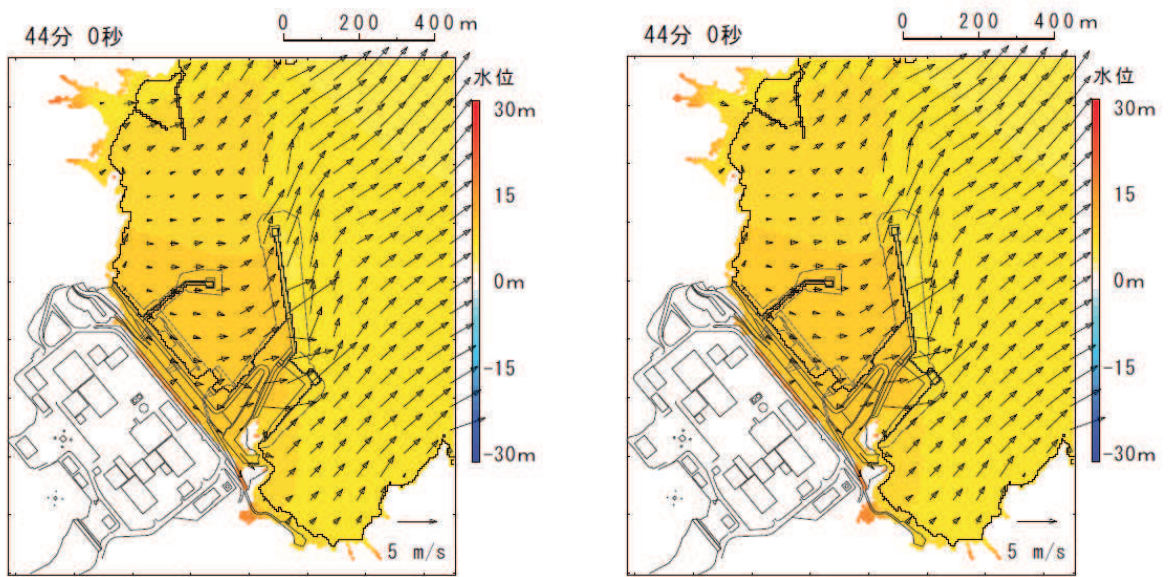
図 1-5 (3) 発電所敷地前面最高水位発生時 (地震発生約 42 分後) 付近の流況比較



流向・流速の重ね合わせ※

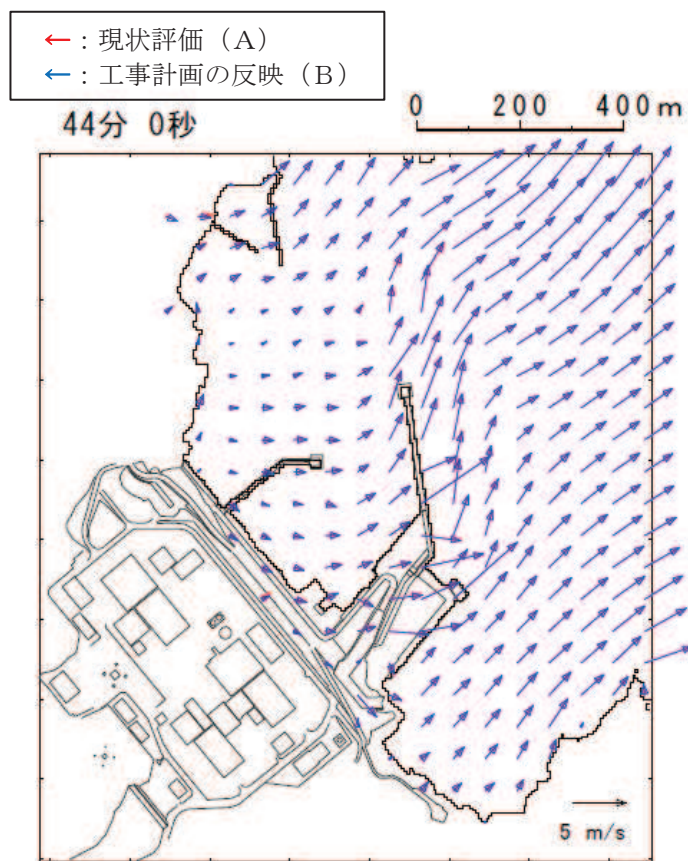
※：現状評価のベクトル (←) 上に、工事計画の反映のベクトル (←) を記載。  
両者の流況が異なる場合、現状評価のベクトル (←) が確認される (見える)。

図 1-5(4) 発電所敷地前面最高水位発生時 (地震発生約 43 分後) 付近の流況比較



現状評価 (A)

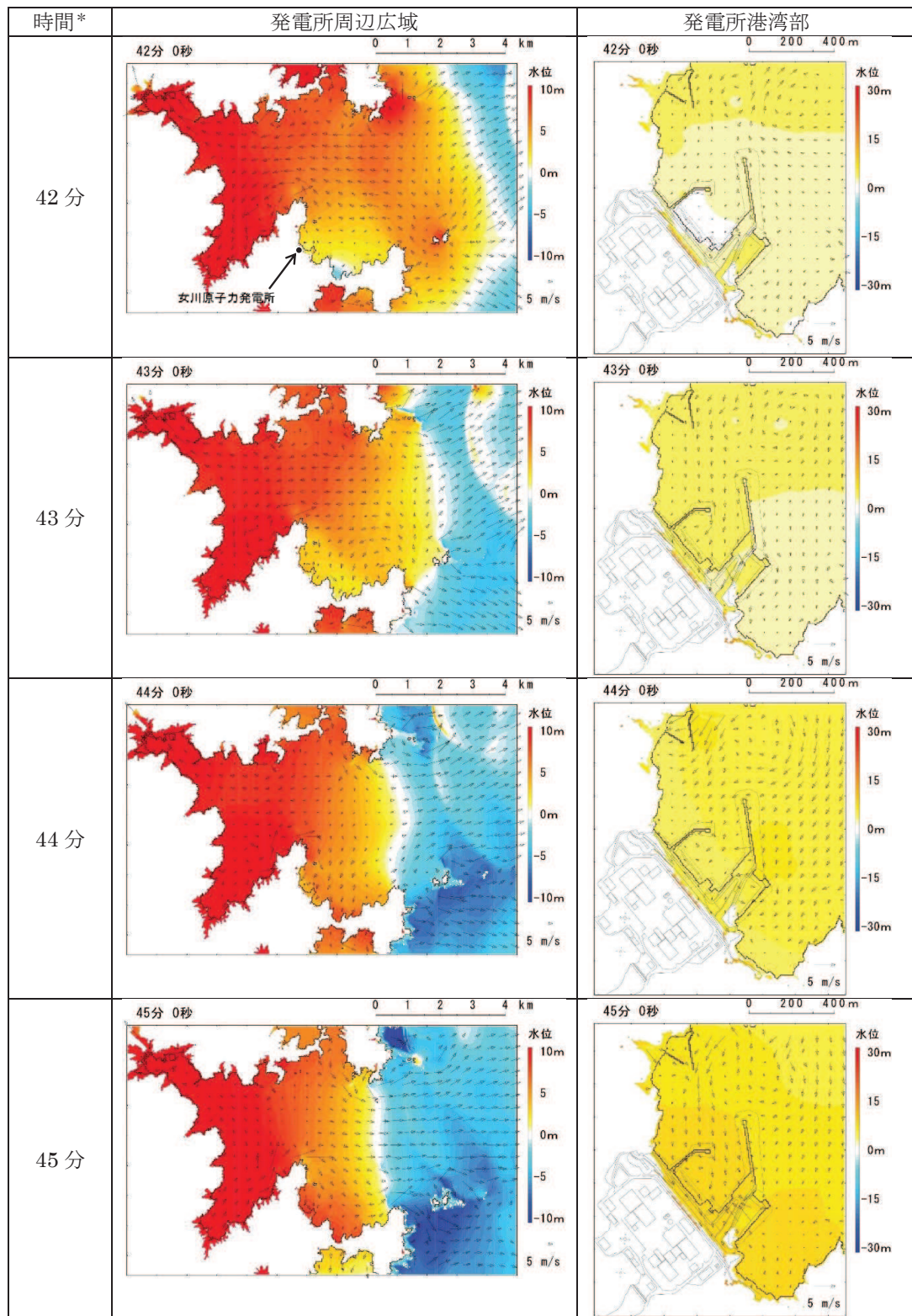
工事計画の反映 (B)



流向・流速の重ね合わせ\*

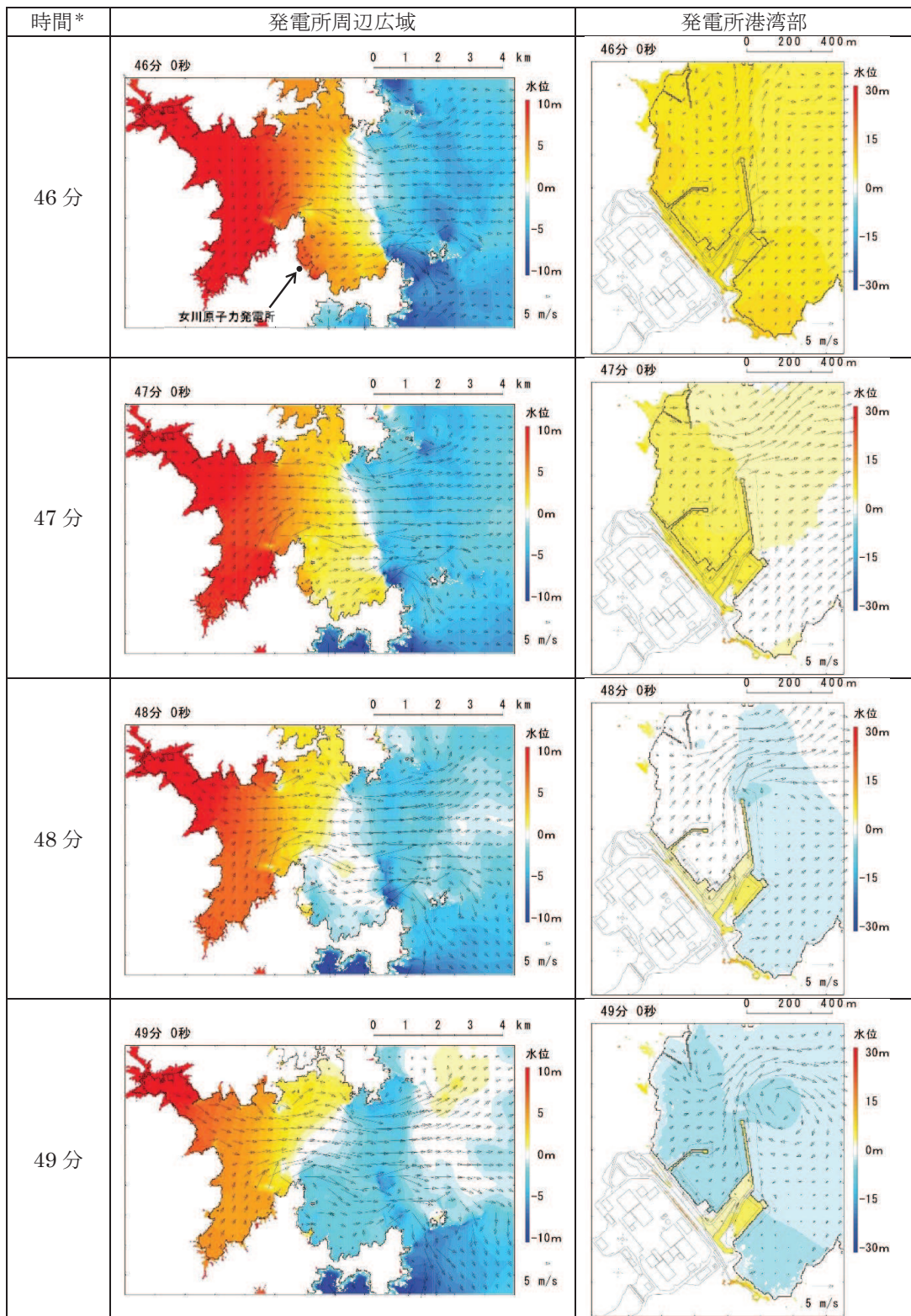
※：現状評価のベクトル (←) 上に、工事計画の反映のベクトル (←) を記載。両者の流況が異なる場合、現状評価のベクトル (←) が確認される (見える)。

図 1-5 (5) 発電所敷地前面最高水位発生時 (地震発生約 44 分後) 付近の流況比較



\* 津波の原因となる地震発生後の経過時間

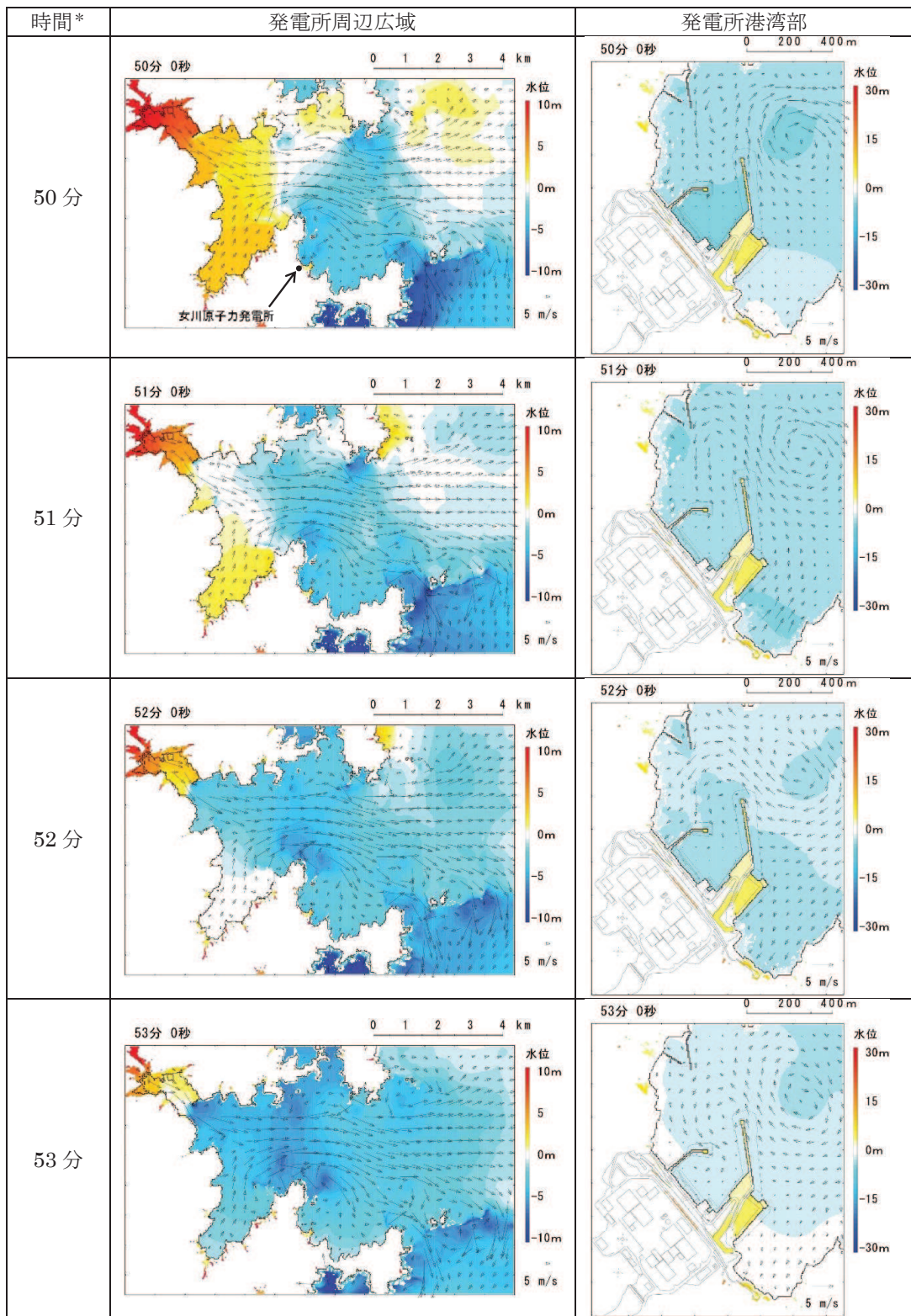
図 2-1(1) 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
(地形改変考慮前, 基準津波 (水位下降側))



\* 津波の原因となる地震発生後の経過時間

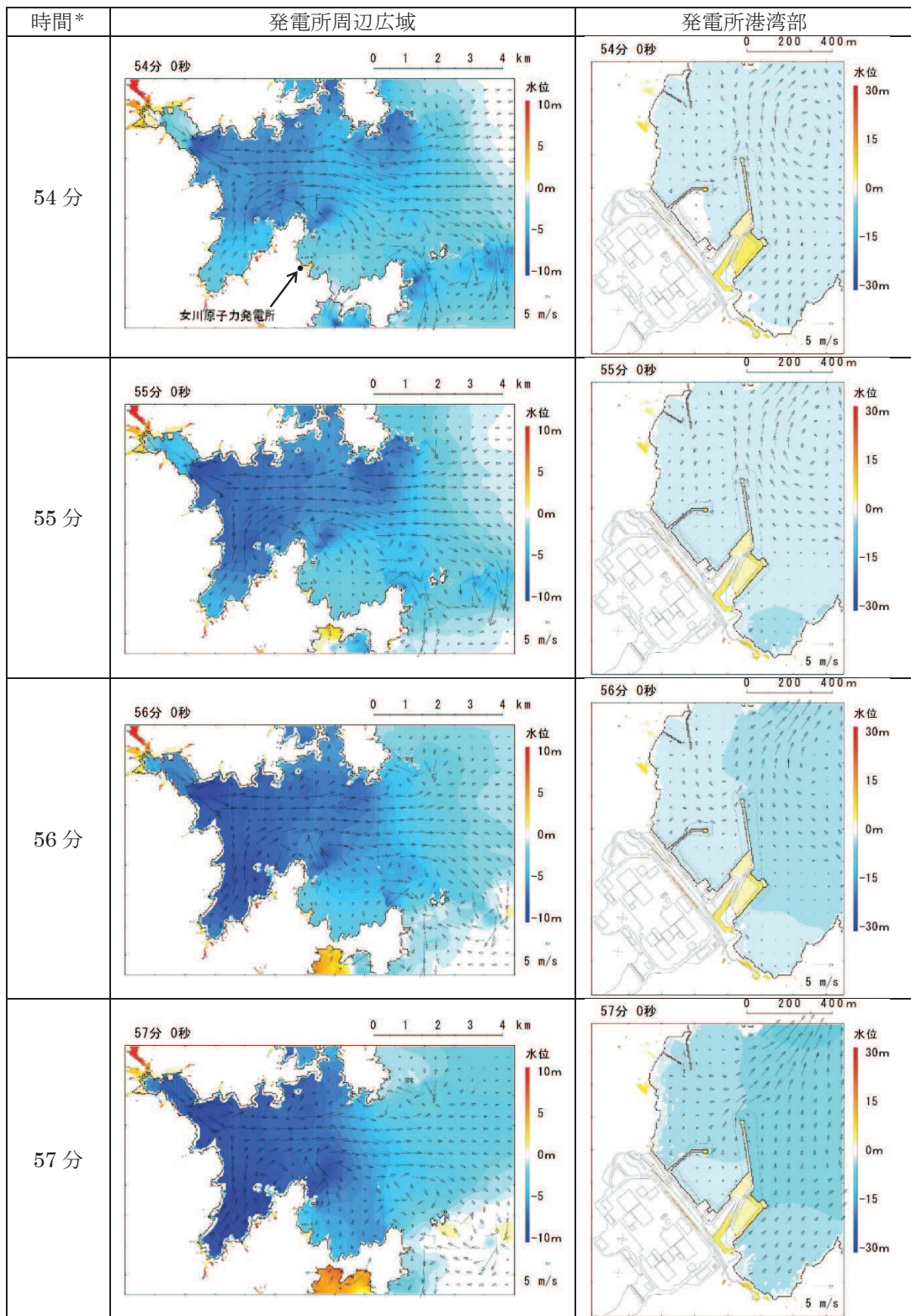
図 2-1(2) 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
(地形改変考慮前, 基準津波(水位下降側))





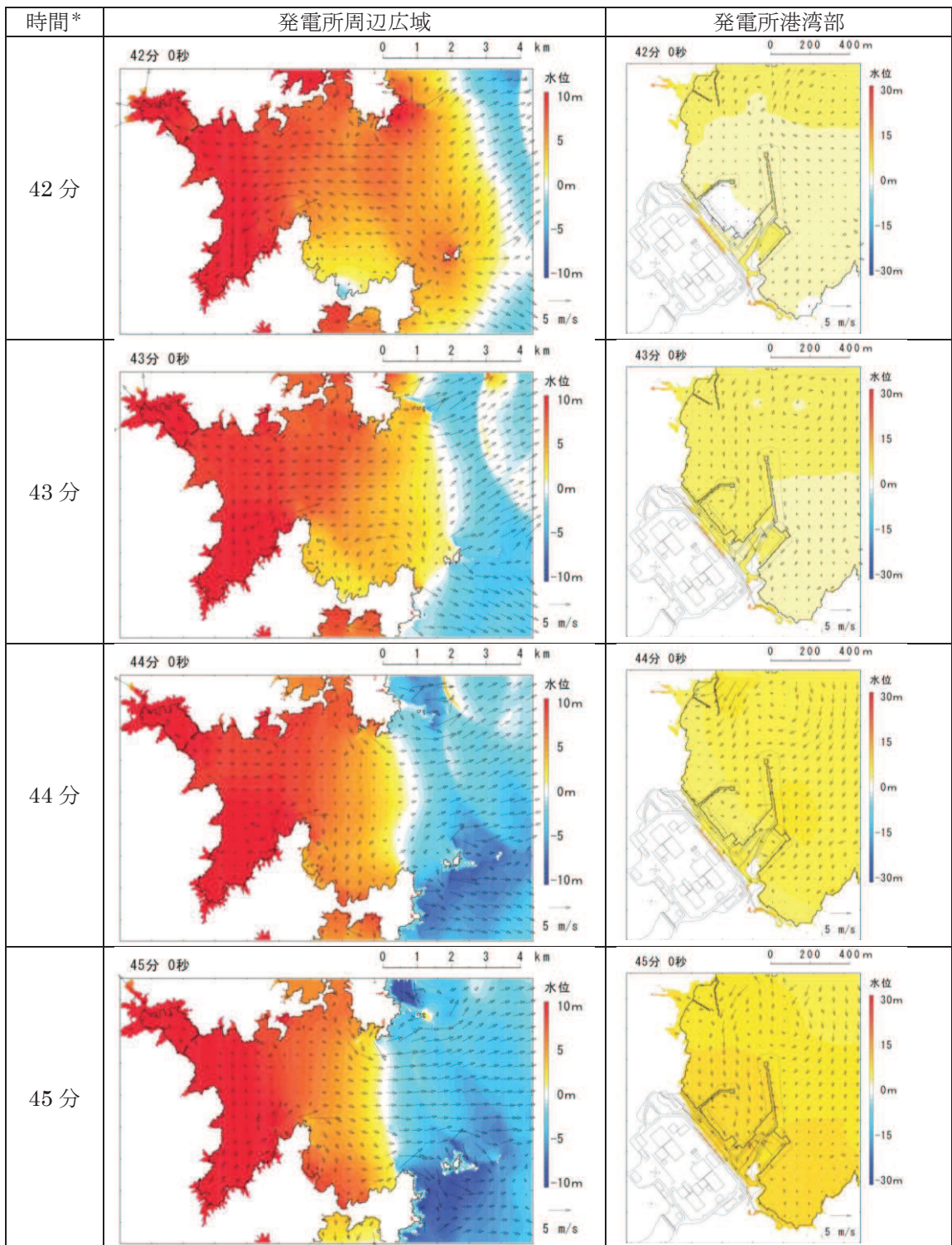
\* 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 2-1(3) 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
(地形改変考慮前, 基準津波(水位下降側))



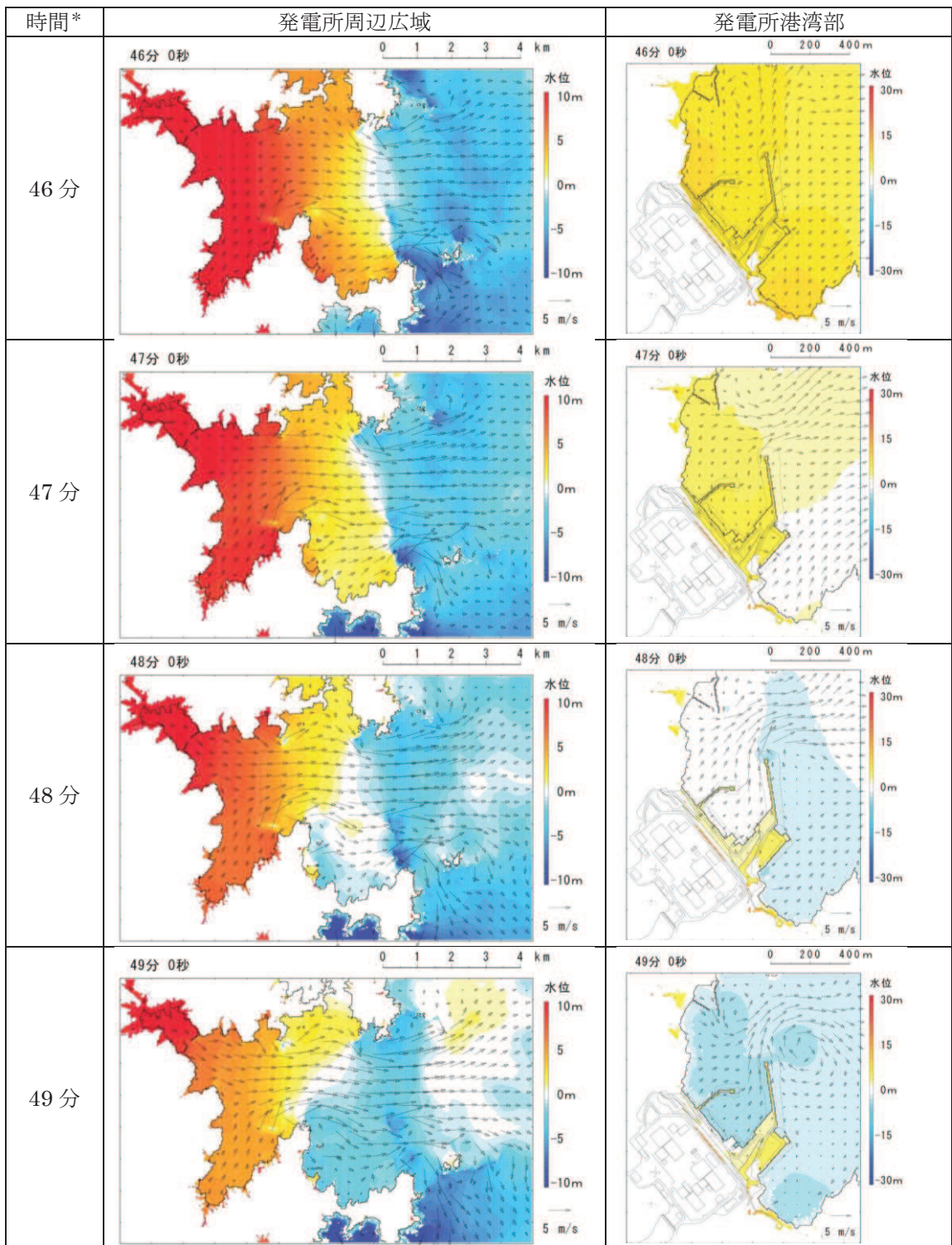
\* 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 2-1(4) 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
(地形改変考慮前, 基準津波(水位下降側))



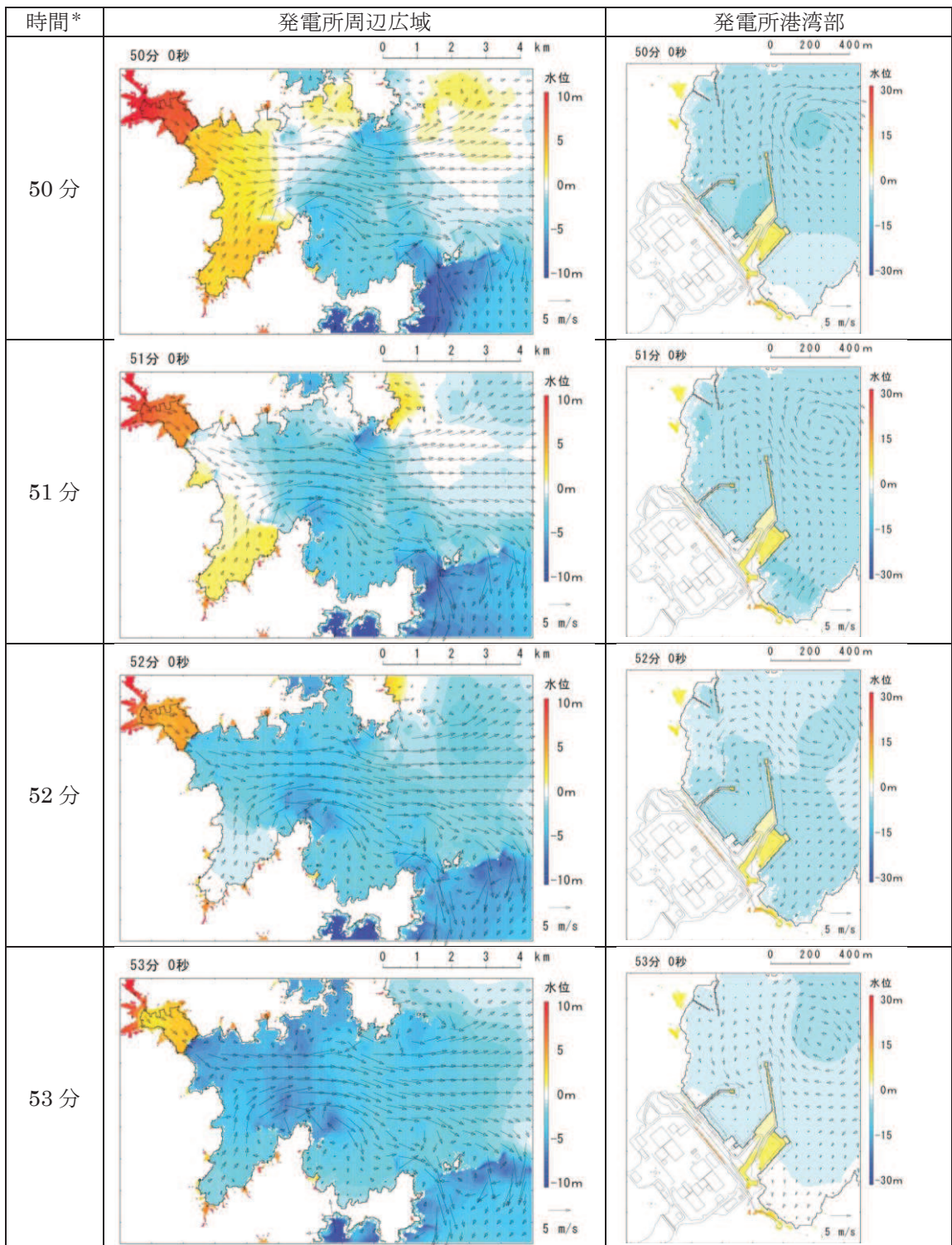
\* 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 2-2(1) 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
(地形改変考慮後，基準津波（水位下降側））



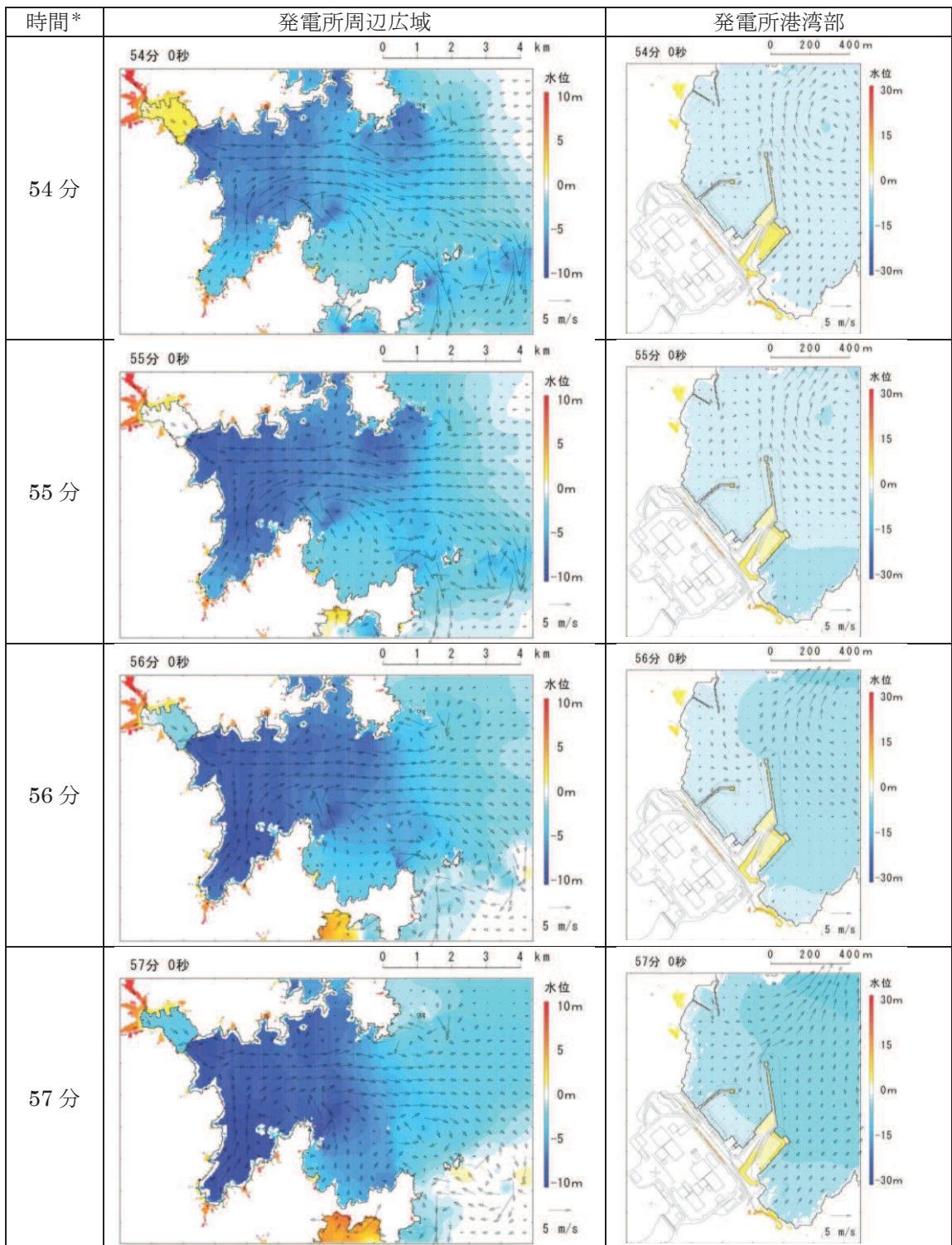
\* 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 2-2(2) 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
(地形改変考慮後、基準津波（水位下降側）)



\* 津波の原因となる地震発生後の経過時間

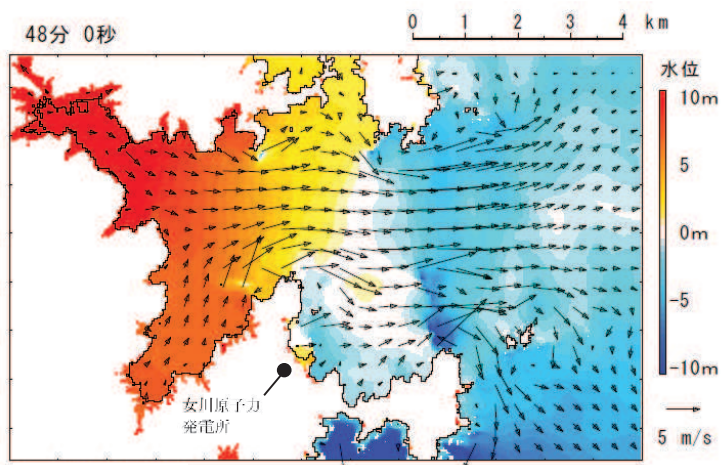
図 2-2(3) 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
(地形改変考慮後、基準津波(水位下降側))



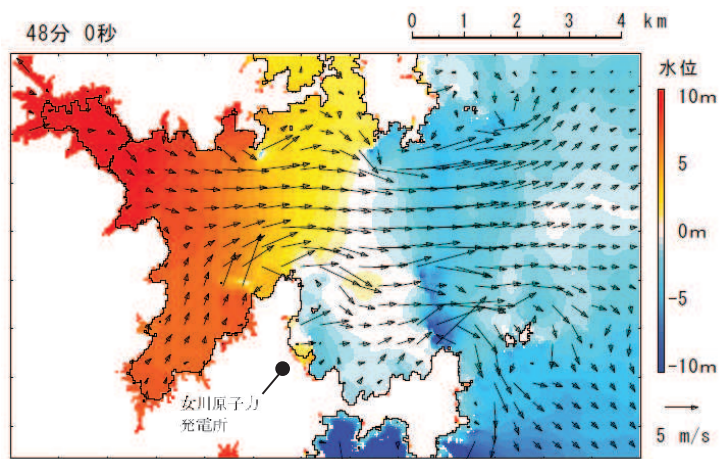
\* 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 2-2(4) 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
(地形改変考慮後、基準津波（水位下降側）)

図 2-3 発電所港湾内が引き波に転ずる地震発生約 48 分後以降の流況比較  
(地震発生 48 分後)

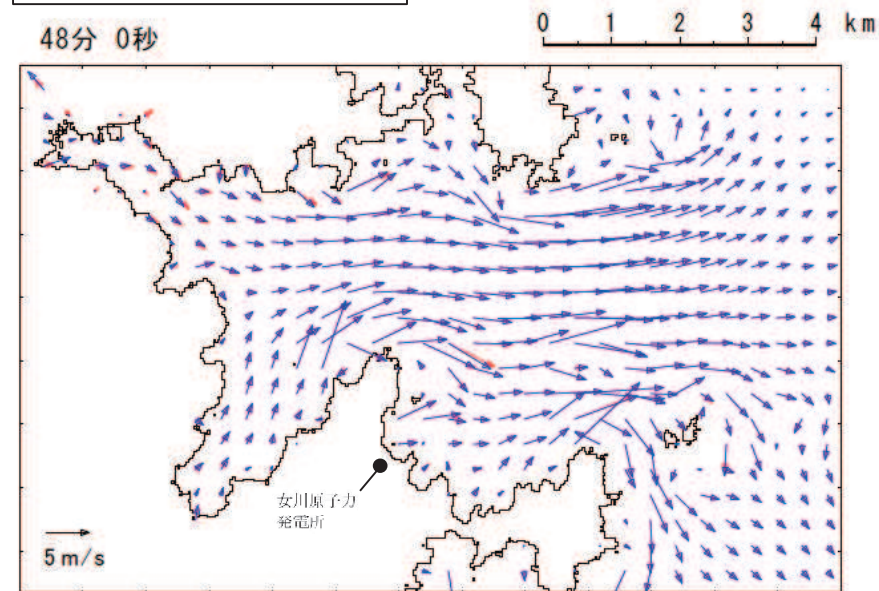


現状評価 (A)



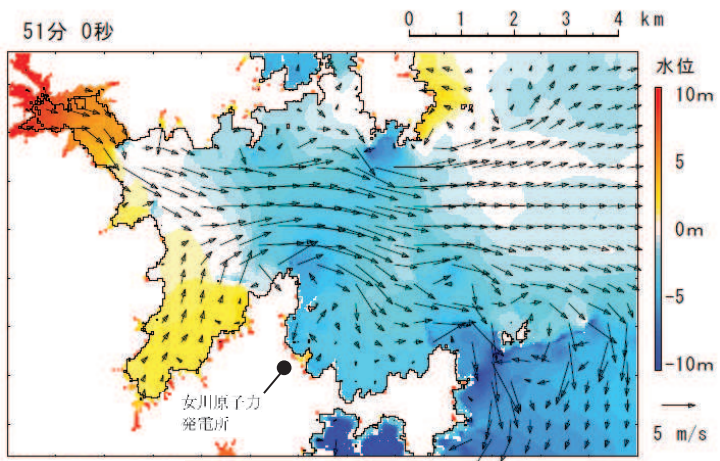
工事計画の反映 (B)

← : 現状評価 (A)  
← : 工事計画の反映 (B)

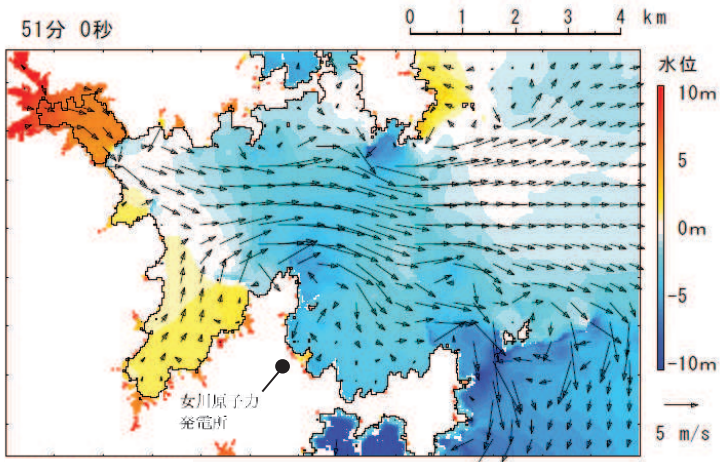


流向・流速の重ね合わせ※

※ : 現状評価のベクトル (←) 上に, 工事計画の反映のベクトル (←) を記載。両者の流況が異なる場合, 現状評価のベクトル (←) が確認される (見える)。

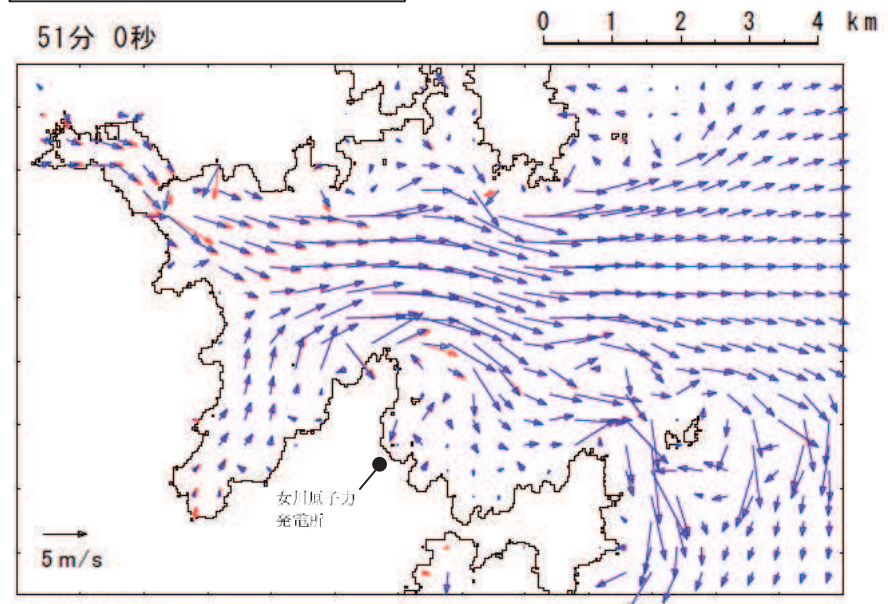


現状評価 (A)



工事計画の反映 (B)

← : 現状評価 (A)  
 ← : 工事計画の反映 (B)

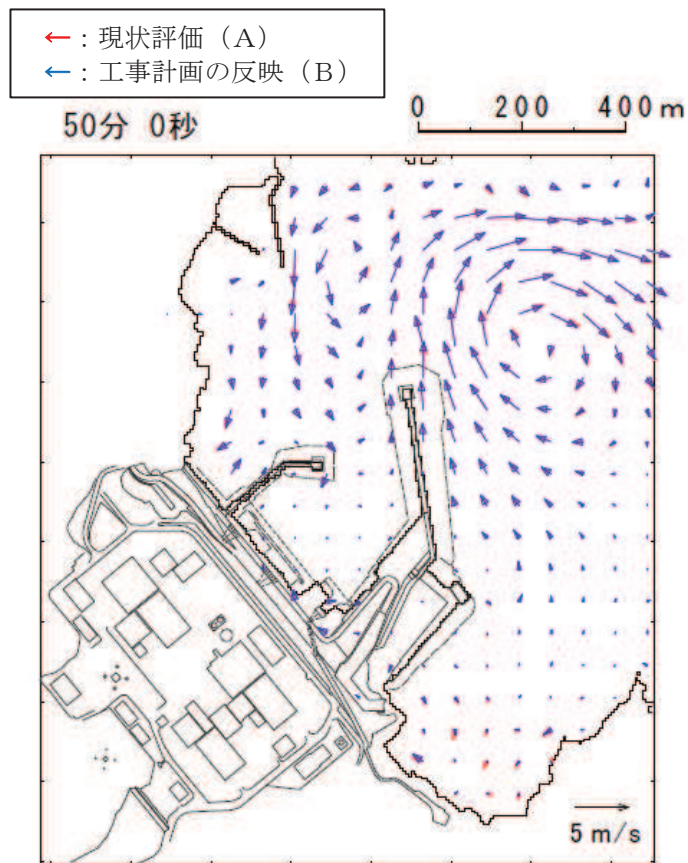
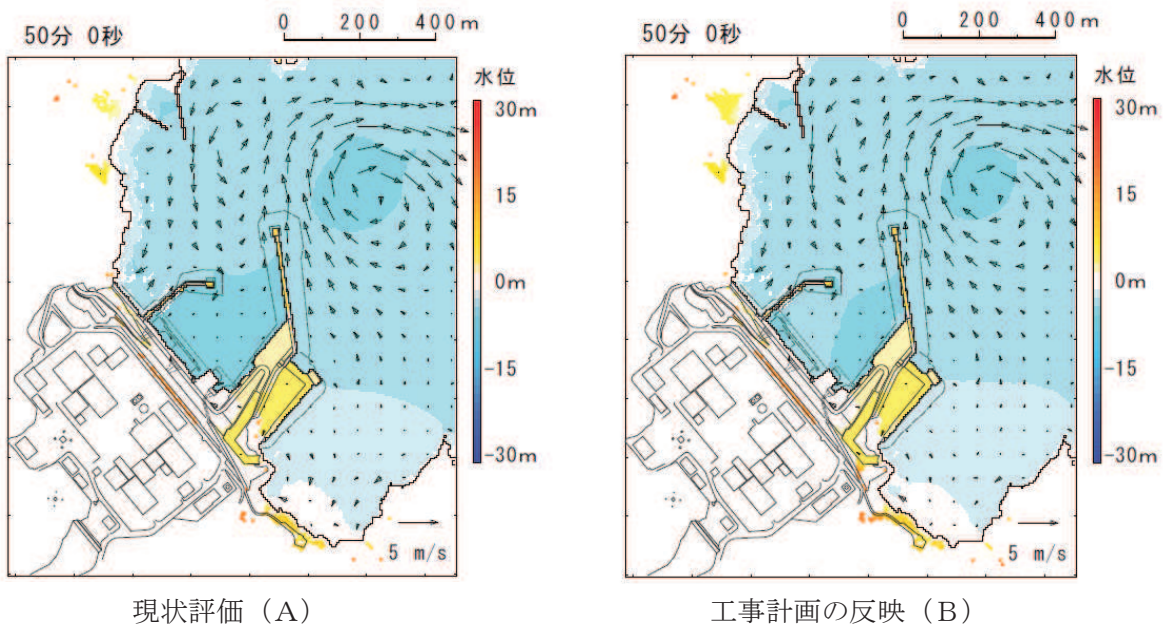


流向・流速の重ね合わせ※

※ : 現状評価のベクトル (←) 上に, 工事計画の反映のベクトル (←) を記載。両者の流況が異なる場合, 現状評価のベクトル (←) が確認される (見える)。

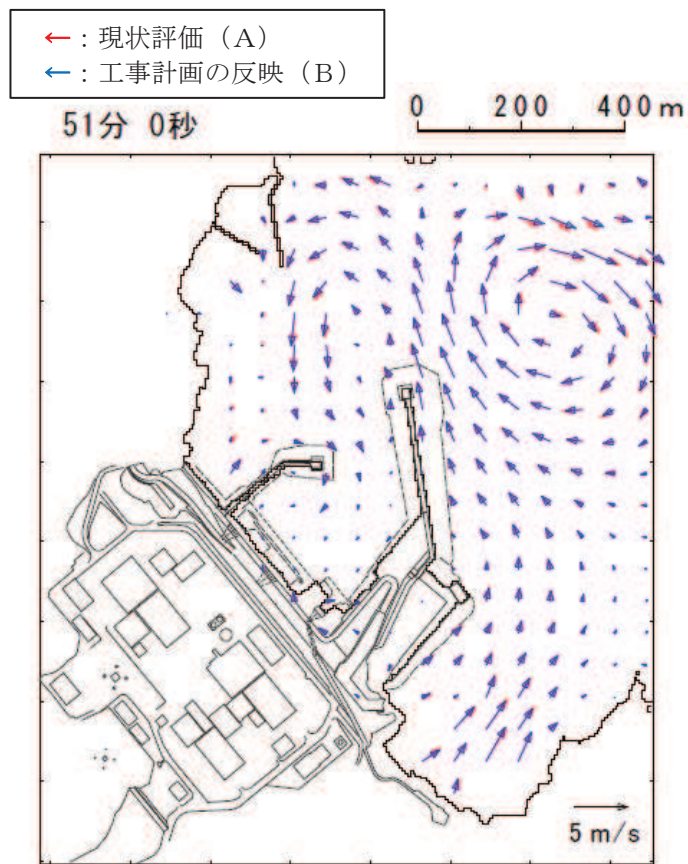
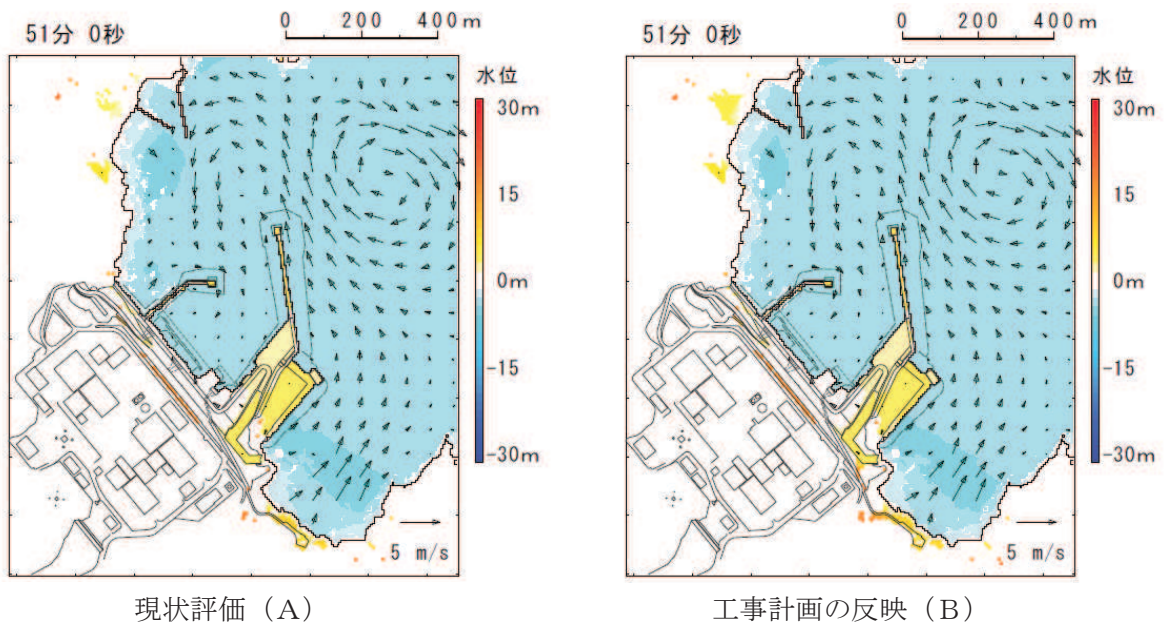
図 2-4 発電所港湾内が引き波に転ずる地震発生約 48 分後以降の流況比較 (地震発生 51 分後)





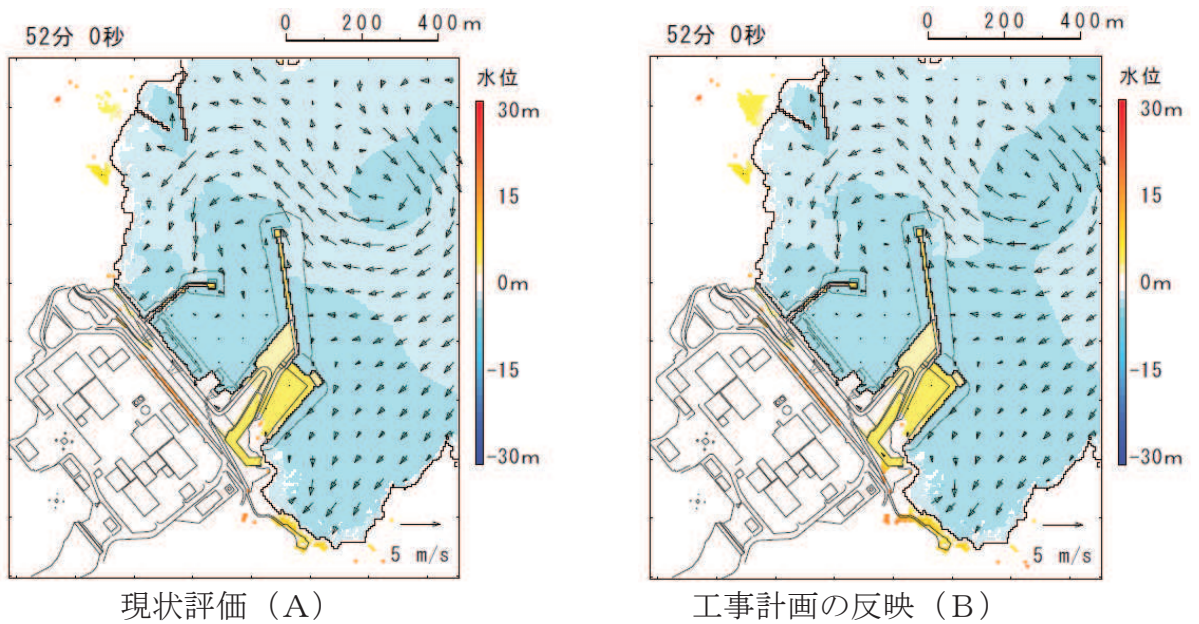
※：現状評価のベクトル (←) 上に、工事計画の反映のベクトル (←) を記載。両者の流況が異なる場合、現状評価のベクトル (←) が確認される (見える)。

図 2-5(1) 女川湾湾奥から発電所に向かう流れが確認される地震発生約 50 分後以降の流況比較 (地震発生 50 分後)

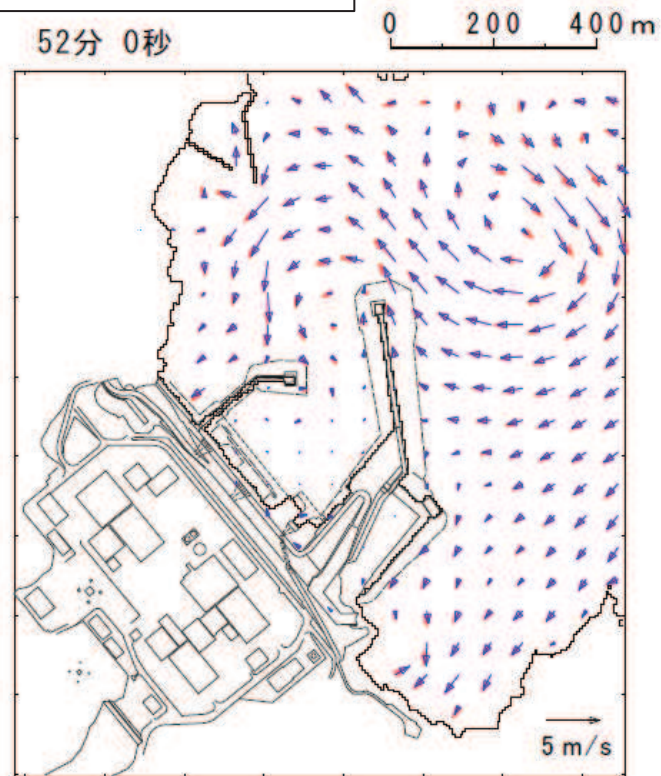


※：現状評価のベクトル (←) 上に、工事計画の反映のベクトル (←) を記載。両者の流況が異なる場合、現状評価のベクトル (←) が確認される (見える)。

図 2-5(2) 女川湾湾奥から発電所に向かう流れが確認される地震発生約 50 分後以降の流況比較 (地震発生 51 分後)



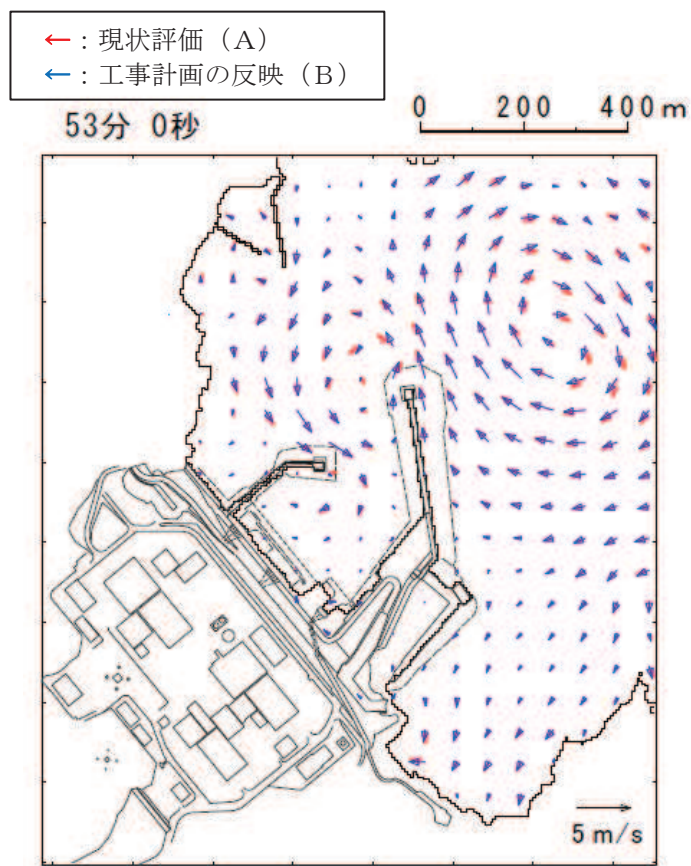
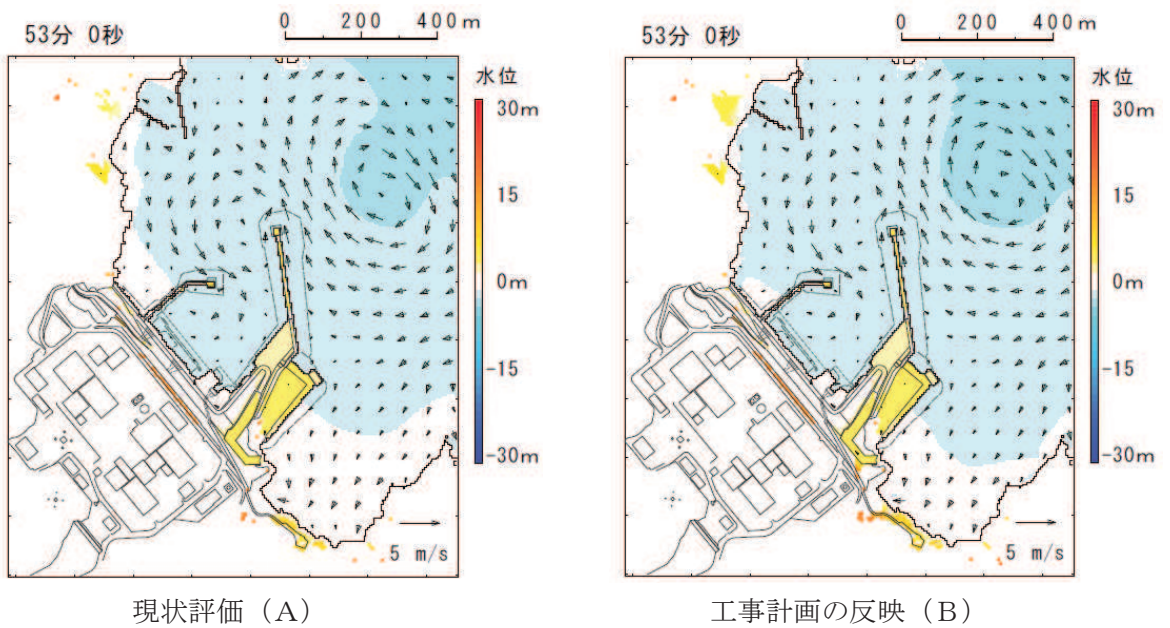
← : 現状評価 (A)  
 ← : 工事計画の反映 (B)



流向・流速の重ね合わせ\*

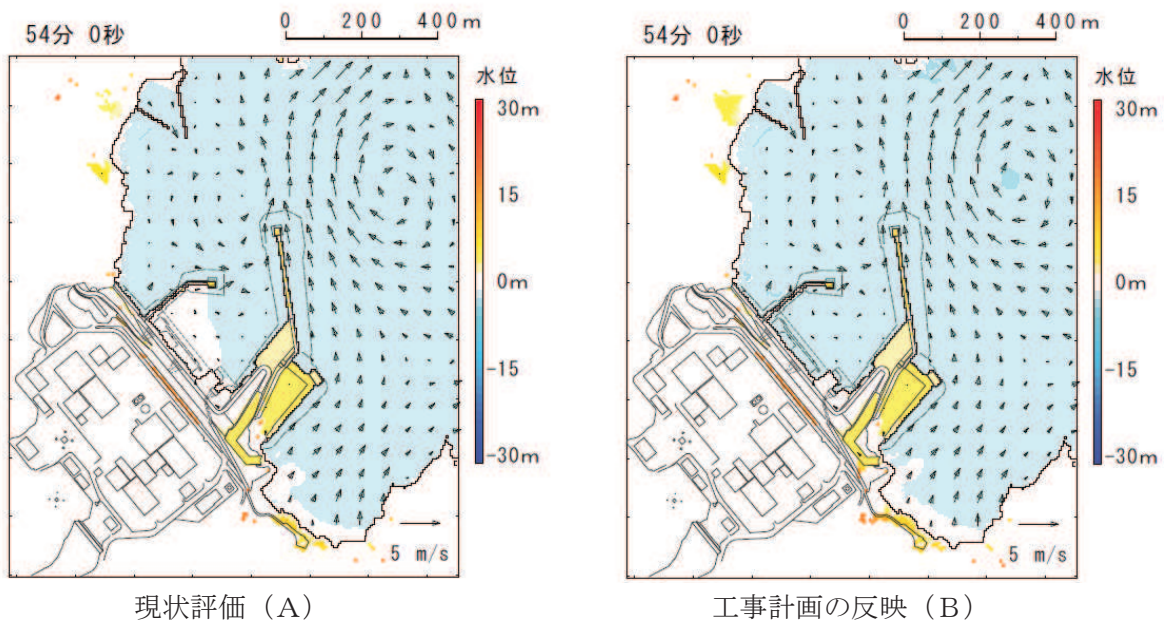
※ : 現状評価のベクトル (←) 上に、工事計画の反映のベクトル (←) を記載。  
 両者の流況が異なる場合、現状評価のベクトル (←) が確認される (見える)。

図 2-5(3) 女川湾湾奥から発電所に向かう流れが確認される地震発生約 50 分後以降の流況比較  
 (地震発生 52 分後)

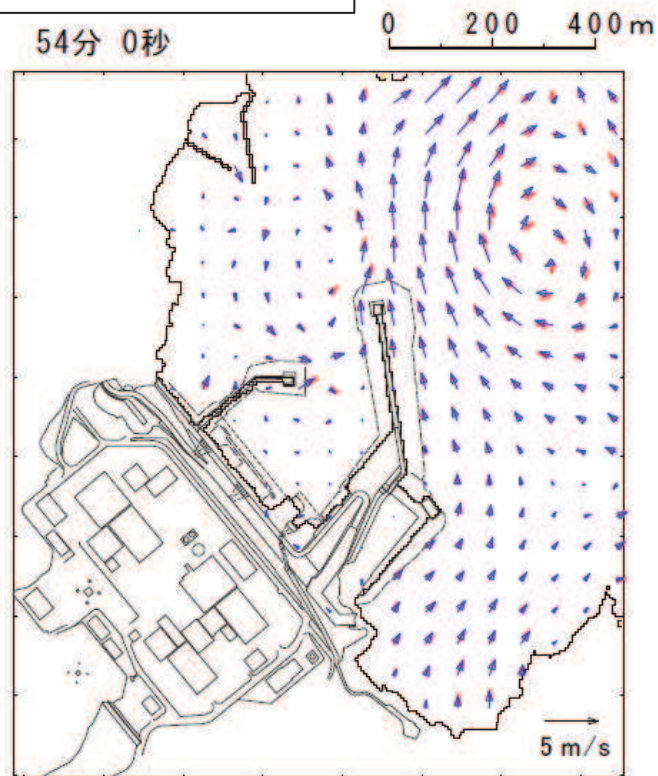


※：現状評価のベクトル (←) 上に、工事計画の反映のベクトル (←) を記載。両者の流況が異なる場合、現状評価のベクトル (←) が確認される (見える)。

図 2-5(4) 女川湾湾奥から発電所に向かう流れが確認される地震発生約 50 分後以降の流況比較 (地震発生 53 分後)



← : 現状評価 (A)  
 ← : 工事計画の反映 (B)



※ : 現状評価のベクトル (←) 上に、工事計画の反映のベクトル (←) を記載。  
 両者の流況が異なる場合、現状評価のベクトル (←) が確認される (見える)。

図 2-5(5) 女川湾湾奥から発電所に向かう流れが確認される地震発生約 50 分後以降の流況比較  
 (地震発生 54 分後)

(参考3) 取放水路流路縮小工の貫通部径について

1. はじめに

取放水路流路縮小工は、第1号機取水路及び放水路から敷地への津波の流入を防止するため、第1号機取水路及び第1号機放水路に設置する。取放水路流路縮小工の設置位置を図1-1に示す。

取放水路流路縮小工は、貫通部を設けたコンクリートにより流路を縮小する構造とし、第1号機取水路及び放水路からの津波の流入を抑制し、第1号機取水路及び放水路から敷地への津波の流入を防止する設計とする。また、第1号機の取水路内及び放水路内に設置するため、第1号機の廃止措置期間中に性能を維持すべき施設（以下「性能維持施設」という。）である第1号機原子炉補機冷却海水ポンプ並びに第1号機非常用補機冷却海水ポンプの維持が必要であることを踏まえ、通常時及び外部電源喪失時（以下「非常時」という。）における第1号機原子炉補機冷却海水ポンプ並びに第1号機非常用補機冷却海水ポンプ運転時の取水機能及び放水機能への影響がない設計とする。取放水路流路縮小工（第1号機取水路）の構造概要を図1-2に、取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の構造概要を図1-3に示す。

貫通部径について、外郭浸水防護設備として津波の流入を防止する設計確認値（上限値）及び第1号機原子炉補機冷却海水ポンプ並びに第1号機非常用補機冷却海水ポンプ運転時の取水機能、放水機能を確保するための設計確認値（下限値）を設定する。貫通部径の公称値は、設計確認値（上限値）及び設計確認値（下限値）の範囲内に設定することとし、設定結果を表2-1～2-2及び表3-2～3-5に示す。

以上の検討は、第1号機取放水路の水理特性を考慮した管路解析により行い、潮位、地殻変動等を考慮して安全側に算定する。検討に用いた管路解析モデルの詳細は、「1.4 管路解析モデルについて」に示す。

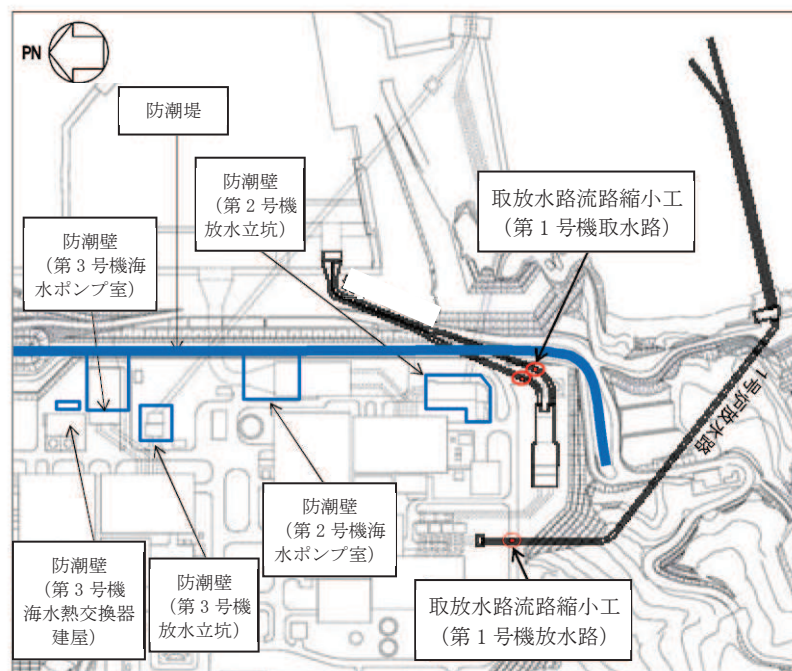


図1-1 取放水路流路縮小工の設置位置（全体平面図）

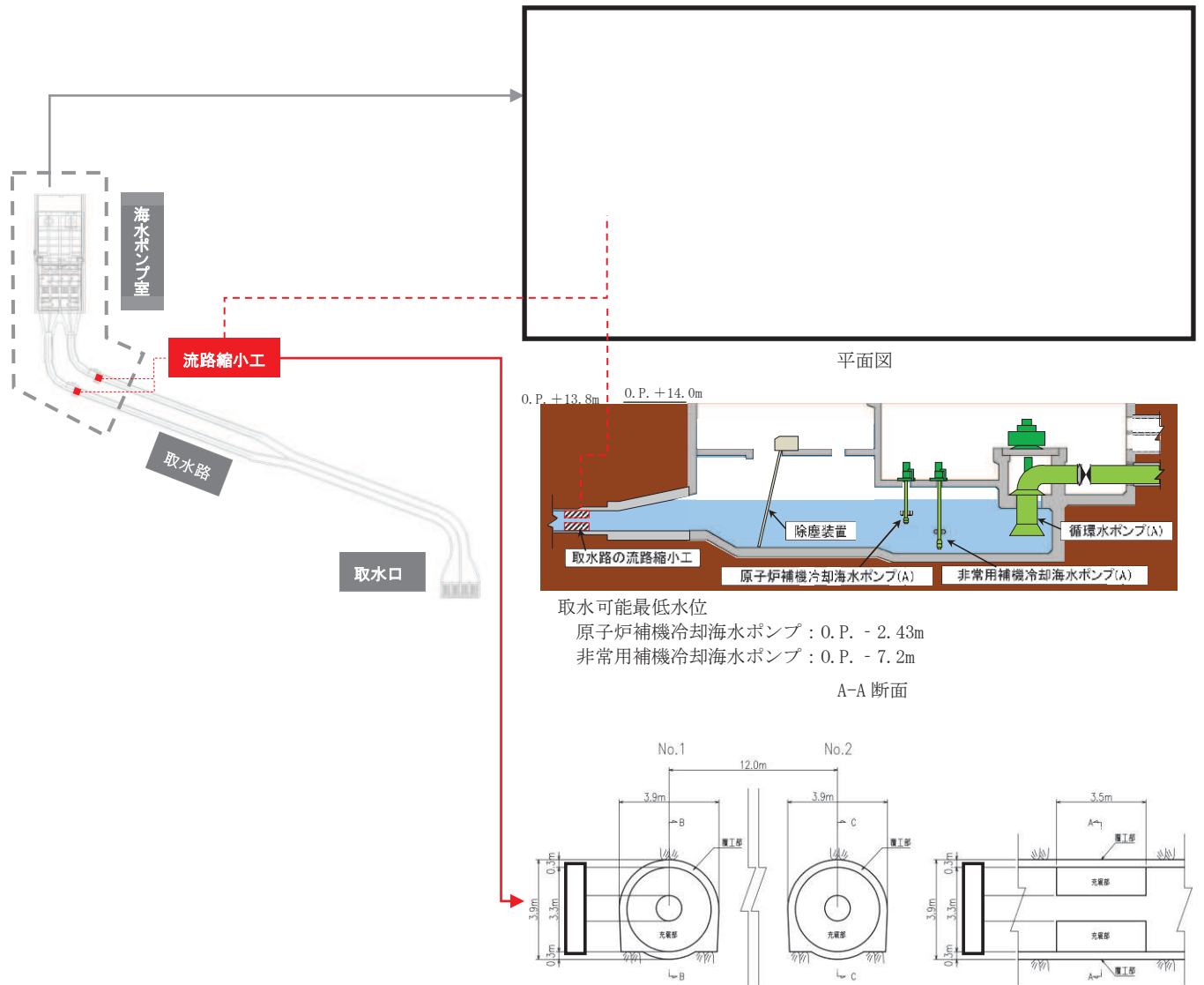


図 1-2 取放水路流路縮小工（第 1 号機取水路）構造概要

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

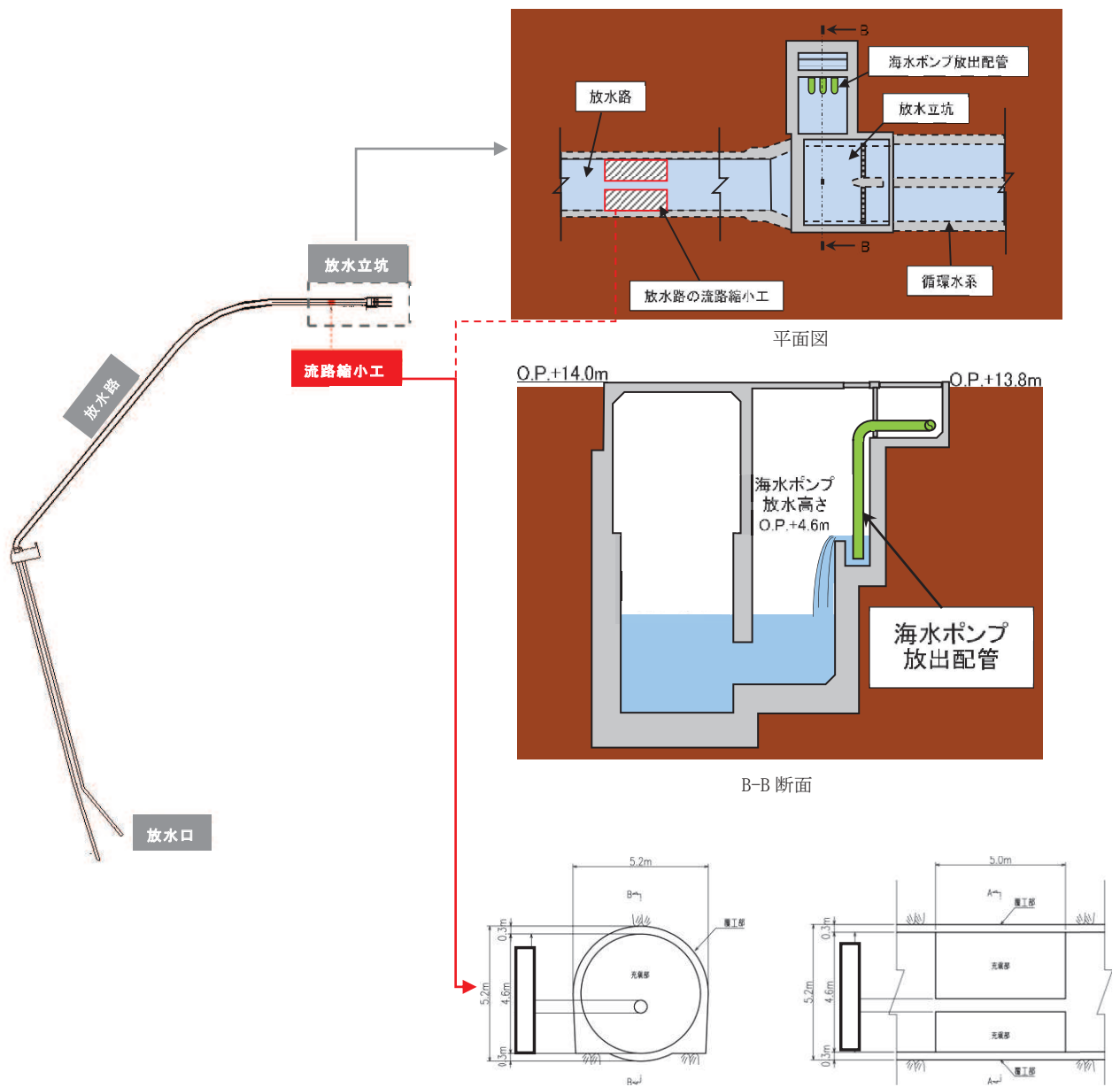


図 1-3 取放水路流路縮小工（第 1 号機放水路）構造概要

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。



## 2. 津波防護機能に対する貫通部径の評価

### 2.1 設計方針

第2号機の津波防護施設である取放水路流路縮小工（第1号機取水路）、取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の貫通部径は、第1号機取水路及び放水路から敷地への津波の流入を防止する設計とし、外郭浸水防護設備として津波の流入を防止する設計確認値（上限値）を設定する。

### 2.2 取放水路流路縮小工（第1号機取水路）

第1号機海水ポンプ室での入力津波高さが、第1号機海水ポンプ室の天端高さを上回らない貫通部径として、設計確認値（上限値）を□ m、公称値については□ mとする。

入力津波高さの検討にあたって考慮した不確かさの詳細は、本文「1.5(3) 入力津波高さが有する数値計算上の不確かさについて」に示す。また、海水ポンプの運転条件について、第1号機の性能維持施設である第1号機原子炉補機冷却海水ポンプ並びに第1号機非常用補機冷却海水ポンプが検討の対象になるが（詳細は「3.2 評価対象とする海水系について」に示す）、本検討では第1号機運転段階に必要であった海水ポンプ（通常時、第1号機原子炉補機冷却海水ポンプ（A）（B））の最大台数運転を考慮する。なお、第1号機の廃止措置中に必要となる海水ポンプ（通常時、第1号機原子炉補機冷却海水ポンプ（A）もしくは（B））1台運転を考慮した場合の第1号機海水ポンプ室の入力津波高さ及び入力津波波形に与える影響については、「（参考）第1号機の廃止措置中に必要となる海水ポンプを用いた場合の第1号機海水ポンプ室の入力津波高さ及び入力津波波形に与える影響」に示す。

評価結果を表 2-1 に示す。

表 2-1 津波防護機能に対する貫通部径の評価結果  
（取放水路流路縮小工（第1号機取水路））

貫通部径 (m)	流量 (m <sup>3</sup> /s)	流路面積 (m <sup>2</sup> )	第1号機海水 ポンプ室での 津波高さ (m)	第1号機海水 ポンプ室の 天端高さ (m)
	0.53 <sup>*1</sup>		0. P. +10. 38 <sup>*2</sup>	0. P. +14. 0 <sup>*3</sup>
	0.53 <sup>*1</sup>		0. P. +13. 81 <sup>*2</sup>	

#### 注記

\* 1 : 第1号機原子炉補機冷却海水ポンプ（A）（B）運転時の流量（960 m<sup>3</sup>/h×2台）

\* 2 : 入力津波高さは、津波高さが最大となる「防波堤あり」、「1m 沈下（地盤沈下あり）」、「貝付着なし」、「スクリーン損失なし」、「地形改変なし」の条件として設定している。また、潮位変動として「朔望平均満潮位」（0. P. +1. 43m）及び「潮位のばらつき」（0. 16m）、地殻変動として「東北地方太平洋沖型の地震（基準断層モデル③）」で生じる地殻変動（0. 72m の沈降）を考慮している。

\* 3 : 東北地方太平洋沖地震による約 1m の沈降を考慮した値。

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

### 2.3 取放水路流路縮小工（第1号機放水路）

第1号機放水立坑での入力津波高さが、第1号機放水立坑の天端高さを上回らない貫通部径として、設計確認値（上限値）を□ m、公称値については□ mとする。

入力津波高さの検討にあたって考慮した不確かさの詳細は、本文「1.5(3) 入力津波高さが有する数値計算上の不確かさについて」に示す。また、海水ポンプの運転条件について、第1号機の性能維持施設である第1号機原子炉補機冷却海水ポンプ並びに第1号機非常用補機冷却海水ポンプが検討の対象になるが（詳細は、「3.2 評価対象とする海水系について」に示す）、本検討では保守的に第1号機運転段階に必要なであった海水ポンプ（通常時、第1号機原子炉補機冷却海水ポンプ（A）（B））の最大台数運転を考慮する。

評価結果を表 2-2 に示す。

表 2-2 津波防護機能に対する貫通部径の評価結果  
（取放水路流路縮小工（第1号機放水路））

貫通部径 (m)	流量 (m <sup>3</sup> /s)	流路面積 (m <sup>2</sup> )	第1号機 放水立坑での 津波高さ (m)	第1号機 放水立坑の 天端高さ (m)
□	0.53* <sup>1</sup>	□	O. P. +11.79* <sup>2</sup>	O. P. +14.0* <sup>3</sup>
	0.53* <sup>1</sup>		O. P. +13.03* <sup>2</sup>	

#### 注記

- \* 1 : 第1号機原子炉補機冷却海水ポンプ（A）（B）運転時の流量（960 m<sup>3</sup>/h×2台）
- \* 2 : 入力津波高さは、津波高さが最大となる「防波堤あり」、「現地形（地盤沈下なし）」、「貝付着あり」、「スクリーン損失なし」、「地形改変なし」の条件として設定している。また、潮位変動として「朔望平均満潮位」（O. P. +1.43m）及び「潮位のぼらつき」（0.16m）、地殻変動として「東北地方太平洋沖型の地震（基準断層モデル③）」で生じる地殻変動（0.72mの沈降）を考慮している。
- \* 3 : 東北地方太平洋沖地震による約1mの沈降を考慮した値。

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

3. 第1号機の性能維持施設への影響を踏まえた貫通部径の評価

3.1 設計方針

取放水路流路縮小工（第1号機取水路）、取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の貫通部径は、第1号機の性能維持施設である第1号機原子炉補機冷却海水ポンプ並びに第1号機非常用補機冷却海水ポンプの維持が必要であることを踏まえ、通常時及び非常時における第1号機原子炉補機冷却海水ポンプ並びに第1号機非常用補機冷却海水ポンプ運転時の取水機能、放水機能への影響がない設計とし、取水機能、放水機能を確保するための設計確認値(下限値)を設定する。

3.2 評価対象とする第1号機の性能維持施設について

本検討で対象とする第1号機の性能維持施設である第1号機原子炉補機冷却海水ポンプ並びに第1号機非常用補機冷却海水ポンプを表3-1に示す。

表 3-1(1) 第1号機原子炉補機冷却海水ポンプ並びに第1号機非常用補機冷却海水ポンプ (A系)

	ポンプ名称	維持台数	流量 (m <sup>3</sup> /h)	用途
通常時	第1号機原子炉補機冷却海水ポンプ(A)	1	960	使用済燃料プールの冷却
非常時	第1号機原子炉補機冷却海水ポンプ(A)	1	960	
	第1号機非常用補機冷却海水ポンプ(A)	1	390	非常用ディーゼル発電機(A)の補機冷却

表 3-1(2) 第1号機原子炉補機冷却海水ポンプ並びに第1号機非常用補機冷却海水ポンプ (B系)

	ポンプ名称	維持台数	流量 (m <sup>3</sup> /h)	用途
通常時	第1号機原子炉補機冷却海水ポンプ(B)	1	960	使用済燃料プールの冷却
非常時	第1号機原子炉補機冷却海水ポンプ(B)	1	960	
	第1号機非常用補機冷却海水ポンプ(B)	1	450*	非常用ディーゼル発電機(B)の補機冷却

注記\*：女川1号機は非常用補機冷却海水ポンプを4台設置している（図1-2）。

(A系 ((A), (C)) : 390 m<sup>3</sup>/h, B系 ((B), (D)) : 450 m<sup>3</sup>/h)

### 3.3 取水機能に対する評価（取放水路流路縮小工（第1号機取水路））

第1号機海水ポンプ室の水位が、第1号機原子炉補機冷却海水ポンプ取水可能水位並びに第1号機非常用補機冷却海水ポンプ取水可能最低水位を下回らない貫通部径を検討し、設計確認値（下限値）、公称値を設定する。

各ポンプの運転状態に対して（表 3-1）、貫通部径を変化させた際の第1号機海水ポンプ室の水位と第1号機補機冷却海水ポンプ取水可能最低水位の関係を図 3-1 に示す。第1号機の取水機能に影響を及ぼさないために必要な貫通部径は  m 以上となったことから、余裕を考慮して、 m を設計確認値（下限値）と設定する。公称値については  m とする。

第1号機原子炉補機冷却海水ポンプ並びに第1号機非常用補機冷却海水ポンプ（A系）に対する通常時、非常時の評価結果を表 3-2 に、第1号機原子炉補機冷却海水ポンプ並びに第1号機非常用補機冷却海水ポンプ（B系）に対する非常時\*の評価結果を表 3-3 に示す。

注記\*：第1号機原子炉補機冷却海水ポンプについては、A系とB系の流量が同一であることから、B系については、非常時の評価結果を示す。

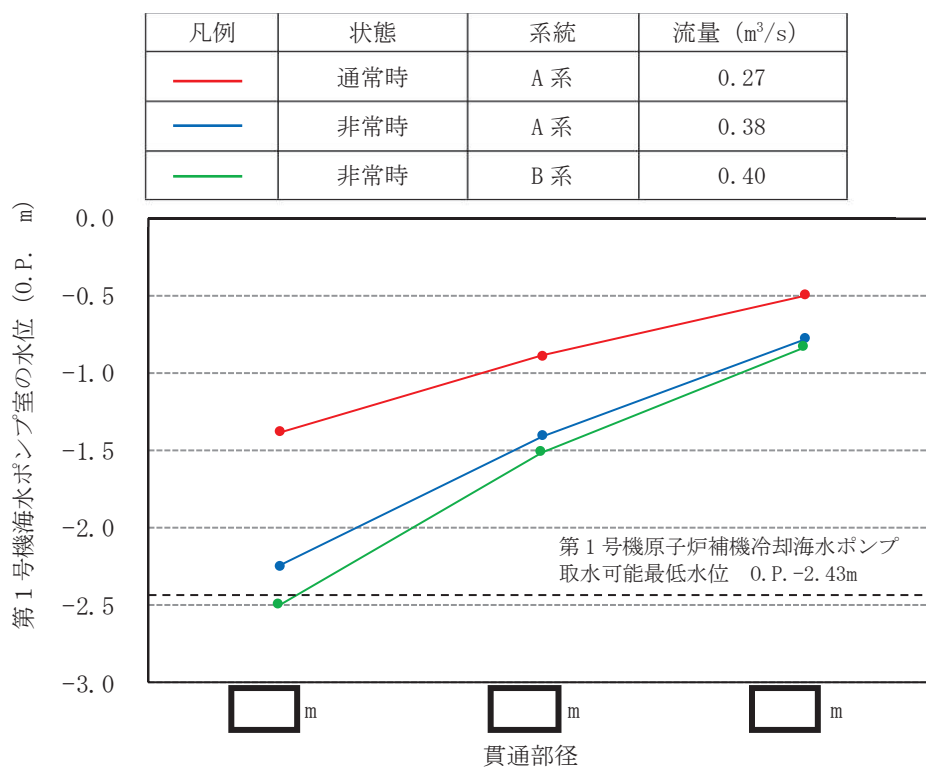


図 3-1 貫通部径を変化させた際の第1号機海水ポンプ室の水位と第1号機補機冷却海水ポンプ取水可能最低水位の関係

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

表 3-2(1) 第 1 号機原子炉補機冷却海水ポンプ並びに第 1 号機非常用補機冷却海水ポンプ (A 系)  
の評価結果 (通常時)

貫通部径 (m)	流量 (m <sup>3</sup> /s)	流路面積 (m <sup>2</sup> )	第 1 号機 取水口の 水位 (m)	第 1 号機海水 ポンプ室の 水位 (m)	第 1 号機補機冷却 海水ポンプ取水可 能最低水位 (m)
	0.27 <sup>*1</sup>		0. P. -0.14 <sup>*2</sup>	0. P. -0.50	0. P. -2.43 <sup>*3</sup> (第 1 号機原子炉補 機冷却海水ポンプ)
	0.27 <sup>*1</sup>		0. P. -0.14 <sup>*2</sup>	0. P. -0.15	

注記\*1 : 第 1 号機原子炉補機冷却海水ポンプ (A) 運転時の流量 (960 m<sup>3</sup>/h×1 台)

\*2 : 朔望平均干潮位。

\*3 : 東北地方太平洋沖地震による約 1m の沈降を考慮した値。

表 3-2(2) 第 1 号機原子炉補機冷却海水ポンプ並びに第 1 号機非常用補機冷却海水ポンプ (A 系)  
の評価結果 (非常時)

貫通部径 (m)	流量 (m <sup>3</sup> /s)	流路面積 (m <sup>2</sup> )	第 1 号機 取水口の 水位 (m)	第 1 号機海水 ポンプ室の 水位 (m)	第 1 号機補機冷却 海水ポンプ取水可 能最低水位 (m)
	0.38 <sup>*1</sup>		0. P. -0.14 <sup>*2</sup>	0. P. -0.78	0. P. -2.43 <sup>*3</sup> (第 1 号機原子炉補 機冷却海水ポンプ)
	0.38 <sup>*1</sup>		0. P. -0.14 <sup>*2</sup>	0. P. -0.15	0. P. -7.2 <sup>*3</sup> (第 1 号機非常用補 機冷却海水ポンプ)

注記\*1 : 第 1 号機原子炉補機冷却海水ポンプ (A) 運転時の流量 (960 m<sup>3</sup>/h×1 台) +  
第 1 号機非常用補機冷却海水ポンプ (A) 運転時の流量 (390 m<sup>3</sup>/h×1 台)

\*2 : 朔望平均干潮位。

\*3 : 東北地方太平洋沖地震による約 1m の沈降を考慮した値。

表 3-3 第 1 号機原子炉補機冷却海水ポンプ並びに第 1 号機非常用補機冷却海水ポンプ (B 系)  
の評価結果 (非常時)

貫通部径 (m)	流量 (m <sup>3</sup> /s)	流路面積 (m <sup>2</sup> )	第 1 号機 取水口の 水位 (m)	第 1 号機海水 ポンプ室の 水位 (m)	第 1 号機補機冷却 海水ポンプ取水可 能最低水位 (m)
	0.40 <sup>*1</sup>		0. P. -0.14 <sup>*2</sup>	0. P. -0.84	0. P. -2.43 <sup>*3</sup> (第 1 号機原子炉補 機冷却海水ポンプ)
	0.40 <sup>*1</sup>		0. P. -0.14 <sup>*2</sup>	0. P. -0.15	0. P. -7.2 <sup>*3</sup> (第 1 号機非常用補 機冷却海水ポンプ)

注記\*1 : 第 1 号機原子炉補機冷却海水ポンプ (B) 運転時の流量 (960 m<sup>3</sup>/h×1 台) +  
第 1 号機非常用補機冷却海水ポンプ (B) 運転時の流量 (450 m<sup>3</sup>/h×1 台)

\*2 : 朔望平均干潮位。

\*3 : 東北地方太平洋沖地震による約 1m の沈降を考慮した値。

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

### 3.4 放水機能に対する評価（取放水路流路縮小工（第1号機放水路））

第1号機原子補機冷却海水ポンプ並びに第1号機非常用補機冷却海水ポンプ運転時に、第1号機放水立坑の水位が、第1号機補機冷却海水ポンプの放水高さを上回らない貫通部径を検討し、設計確認値（下限値）、公称値を設定する。

各ポンプ運転状態に対して（表 3-1）、貫通部径を変化させた際の第1号機放水立坑の水位と第1号機補機冷却海水ポンプの放水高さの関係を図 3-2 に示す。第1号機の放水機能に影響に影響を及ぼさないために必要な貫通部径は  m 以上となったことから、余裕を考慮して、 m を設計確認値（下限値）と設定する。公称値については  m とする。

第1号機原子炉補機冷却海水ポンプ並びに第1号機非常用補機冷却海水ポンプ（A系）に対する通常時、非常時の評価結果を表 3-4 に、第1号機原子炉補機冷却海水ポンプ並びに第1号機非常用補機冷却海水ポンプ（B系）に対する非常時\*の評価結果を表 3-5 に示す。

注記\*：第1号機原子炉補機冷却海水ポンプについては、A系とB系の流量が同一であることから、B系については、非常時の評価結果を示す。

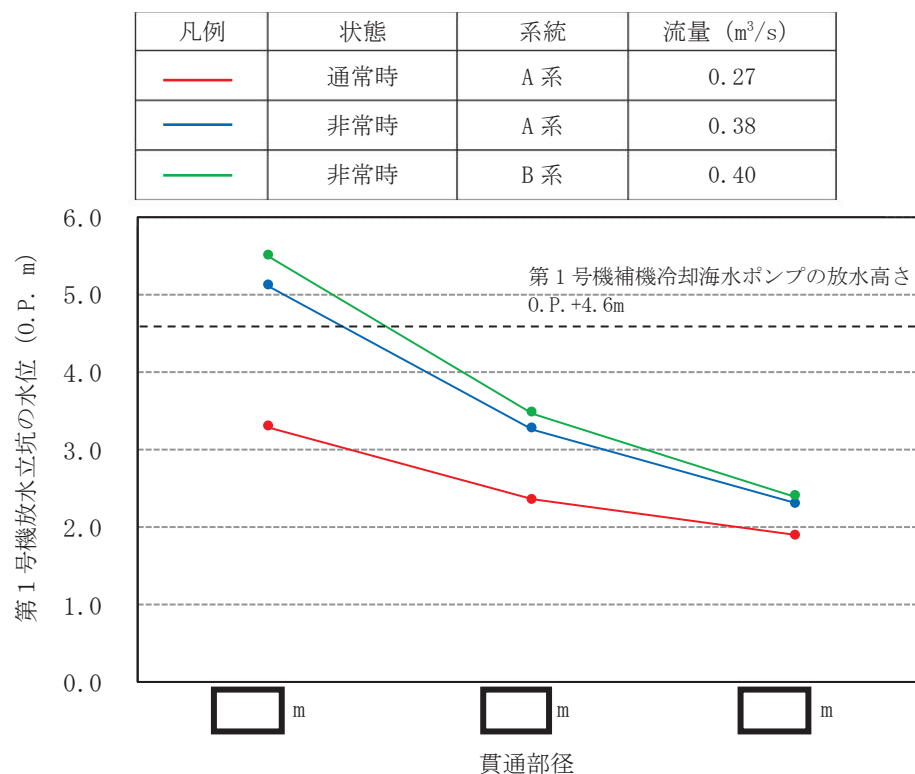


図 3-2 貫通部径を変化させた際の第1号機放水立坑の水位と第1号機補機冷却海水ポンプの放水高さの関係

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

表 3-4(1) 第 1 号機原子炉補機冷却海水ポンプ並びに第 1 号機非常用補機冷却海水ポンプ (A 系) の評価結果 (通常時)

貫通部径 (m)	流量 (m <sup>3</sup> /s)	流路面積 (m <sup>2</sup> )	第 1 号機放水口の水位 (m)	第 1 号機放水立坑の水位 (m)	第 1 号機補機冷却海水ポンプの放水高さ (m)
	0.27 <sup>*1</sup>		0. P. +1.43 <sup>*2</sup>	0. P. +1.89	0. P. +4.6 <sup>*3</sup>
	0.27 <sup>*1</sup>		0. P. +1.43 <sup>*2</sup>	0. P. +1.61	

注記\*1 : 第 1 号機原子炉補機冷却海水ポンプ (A) 運転時の流量 (960 m<sup>3</sup>/h×1 台)

\*2 : 朔望平均満潮位。

\*3 : 東北地方太平洋沖地震による約 1m の沈降を考慮した値。

表 3-4(2) 第 1 号機原子炉補機冷却海水ポンプ並びに第 1 号機非常用補機冷却海水ポンプ (A 系) の評価結果 (非常時)

貫通部径 (m)	流量 (m <sup>3</sup> /s)	流路面積 (m <sup>2</sup> )	第 1 号機放水口の水位 (m)	第 1 号機放水立坑の水位 (m)	第 1 号機補機冷却海水ポンプの放水高さ (m)
	0.38 <sup>*1</sup>		0. P. +1.43 <sup>*2</sup>	0. P. +2.30	0. P. +4.6 <sup>*3</sup>
	0.38 <sup>*1</sup>		0. P. +1.43 <sup>*2</sup>	0. P. +1.77	

注記\*1 : 第 1 号機原子炉補機冷却海水ポンプ (A) 運転時の流量 (960 m<sup>3</sup>/h×1 台) + 第 1 号機非常用補機冷却海水ポンプ (A) 運転時の流量 (390 m<sup>3</sup>/h×1 台)

\*2 : 朔望平均満潮位。

\*3 : 東北地方太平洋沖地震による約 1m の沈降を考慮した値。

表 3-5 第 1 号機原子炉補機冷却海水ポンプ並びに第 1 号機非常用補機冷却海水ポンプ (B 系) の評価結果 (非常時)

貫通部径 (m)	流量 (m <sup>3</sup> /s)	流路面積 (m <sup>2</sup> )	第 1 号機放水口の水位 (m)	第 1 号機放水立坑の水位 (m)	第 1 号機補機冷却海水ポンプの放水高さ (m)
	0.40 <sup>*1</sup>		0. P. +1.43 <sup>*2</sup>	0. P. +2.39	0. P. +4.6 <sup>*3</sup>
	0.40 <sup>*1</sup>		0. P. +1.43 <sup>*2</sup>	0. P. +1.81	

注記\*1 : 第 1 号機原子炉補機冷却海水ポンプ (B) 運転時の流量 (960 m<sup>3</sup>/h×1 台) + 第 1 号機非常用補機冷却海水ポンプ (B) 運転時の流量 (450 m<sup>3</sup>/h×1 台)

\*2 : 朔望平均満潮位。

\*3 : 東北地方太平洋沖地震による約 1m の沈降を考慮した値。

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

(参考) 第1号機の廃止措置中に必要となる海水ポンプを用いた場合の第1号機海水ポンプ室の入力津波高さ及び入力津波波形に与える影響

第2号機の津波防護機能に対する評価(入力津波評価)で考慮する海水ポンプは、プラント運転時(通常時)に使用する海水ポンプとし、第1号機については原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(B)の2台運転(流量:0.53m<sup>3</sup>/s)\*としている。

第1号機廃止措置中(通常時)に使用するポンプは原子炉補機冷却海水ポンプ(A)もしくは(B)の1台運転(流量:0.27m<sup>3</sup>/s)としており、プラント運転時(通常時)よりも流量が小さいことから、津波防護機能への影響が懸念される第1号機取水設備を対象に検討を実施した。プラント運転時(通常時)及び廃止措置段階(通常時)に使用する海水ポンプを表4-1に示す。

検討の結果、入力津波高さ(表4-2)及び入力津波波形(図4-1)に及ぼす影響はないことを確認した。

なお、水位下降側の評価に対して、第1号機取水設備は、補機冷却海水ポンプが15分間取水するための貯留量(2,155m<sup>3</sup>)以上を確保する設計としており、流路縮小工設置後の貯留量は2,600m<sup>3</sup>である(図4-2)。第1号機海水ポンプ室の最低水位は、O.P. -1.97mからO.P. -2.01mに変化するが、流路縮小工下端(貯留水の上面)O.P. -4.55mを下回らないことから、引き波に対する評価に対しても影響はないことを確認した。

注記\*: 循環水ポンプは大津波警報で停止する運用としていることから、評価上考慮していない。

表4-1 第1号機プラント運転時(通常時)及び廃止措置段階(通常時)に使用する海水ポンプ

	ポンプ名称	流量
第1号機プラント運転時(通常時)	第1号機原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(B)	0.53m <sup>3</sup> /s (960m <sup>3</sup> /h×2台)
第1号機廃止措置段階(通常時)	第1号機原子炉補機冷却海水ポンプ(A)もしくは(B)	0.27m <sup>3</sup> /s (960m <sup>3</sup> /h×1台)

表4-2 第1号機海水ポンプ室での津波高さ及び入力津波高さ

(貫通部径:  m)

	第1号機海水ポンプ室での津波高さ	入力津波高さ
第1号機プラント運転時(通常時)	O.P. +10.38m (O.P. +10.379m)	O.P. +10.4m
第1号機廃止措置段階(通常時)	O.P. +10.39m (O.P. +10.386m)	

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。



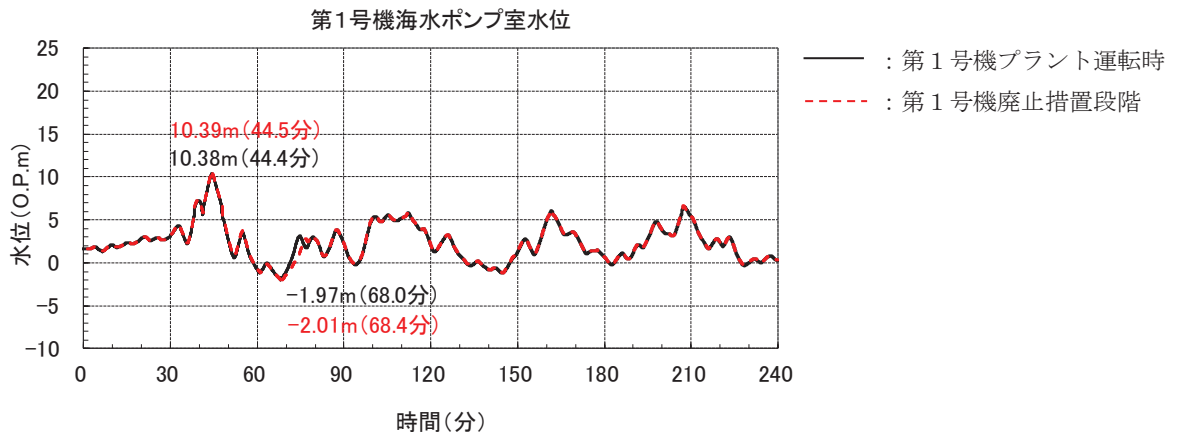


図 4-1 第1号機海水ポンプ室の水位時刻歴波形

■ : 貯留水 (2,600m<sup>3</sup>)

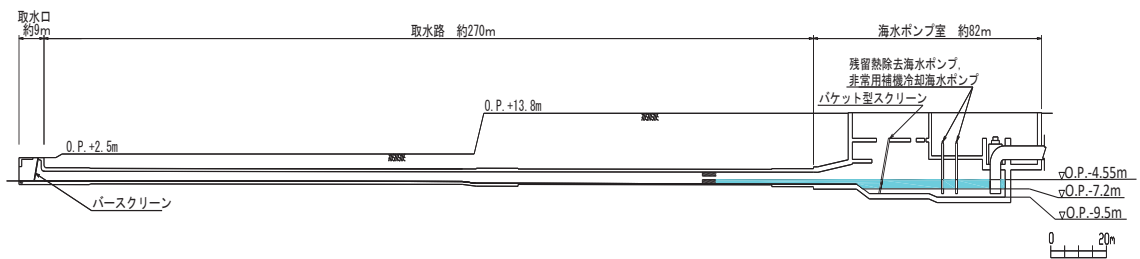


図 4-2 第1号機取水路～海水ポンプ室縦断面図

## 1.6 津波シミュレーションにおける解析モデルについて

### 1.6.1 概要

津波に伴う水位変動の評価は、線形長波理論及び非線形長波理論に基づき、差分スキームとしてスタッガード格子、リーブ・フロッグ法を採用した平面二次元モデルによる津波シミュレーションプログラムを採用している。

津波シミュレーションに用いる解析モデルについては、基準津波で使用した解析モデルを用いており、敷地周辺（計算格子間隔93m～5m）の領域は陸上遡上境界条件、それ以外の領域は完全反射条件としている。

津波シミュレーションの概略及び詳細の計算条件並びに計算格子を表1.6-1、図1.6-1に示す。地形のモデル化に当たっては、陸上地形は、国土地理院のDEMデータ等による地形データを、海底地形は、日本水路協会（2016）による海底地形デジタルデータを用いた。また、取放水設備の諸元及び発電所敷地等については、発電所の竣工図を用いた。なお、平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震（以下「3.11地震」という。）の発生に伴い発電所付近は、広域的な地殻変動により約1mの沈降したことから、発電所付近の陸上地形については地震後に整備された国土地理院5mDEMデータを使用し、海底地形については日本水路協会（2016）による海底地形デジタルデータを一律に1.1m補正するとともに、平成23年5月に実施した深浅測量結果を用いた。

3.11地震に伴う地殻変動量の考慮方法を表1.6-2に示す。

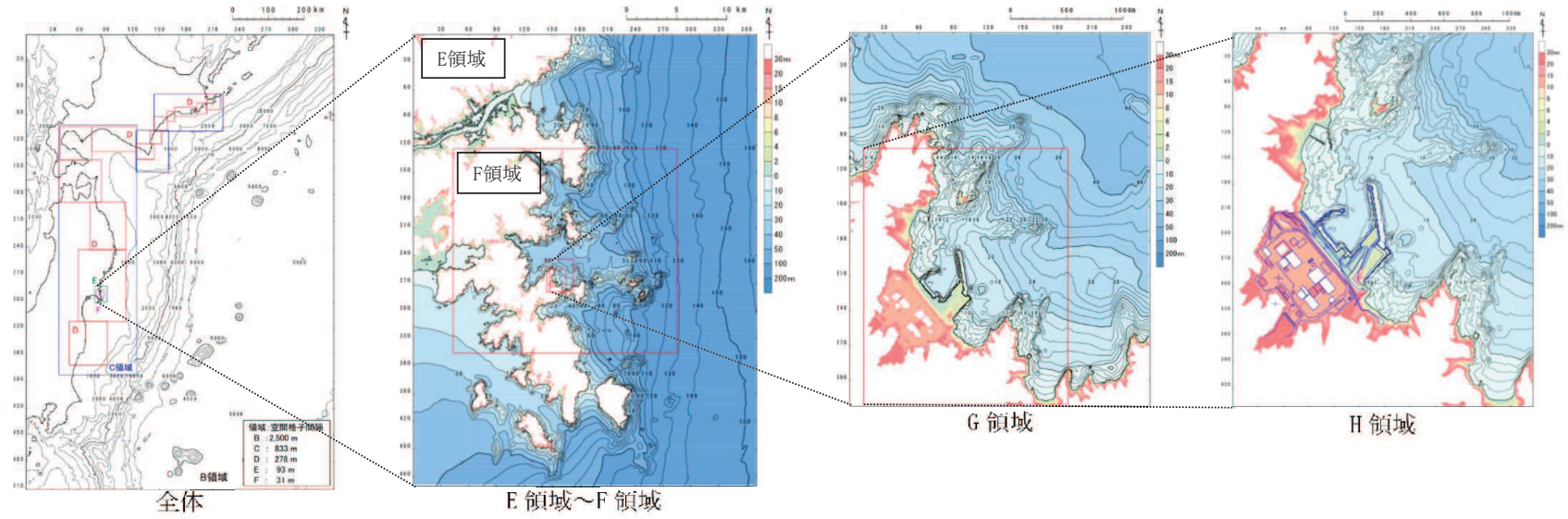
また、重要な安全機能を有する施設の設置された敷地（O.P. +13.8m）に基準津波による遡上波を到達、流入させないため、津波防護施設として設置する防潮堤をモデルに反映した。水位上昇側の評価に当たっては、防潮堤前面、第1号機～第3号機取水口前面、第1号機及び第2・3号機放水口前面を津波水位出力位置とした。水位下降側については、取水路内の水位変動に伴う非常用海水ポンプの取水性を評価することから、第2号機取水口前面を津波水位の出力位置とした。津波シミュレーションによる津波水位評価点の位置を図1.6-2に示す。

表1.6-1 津波シミュレーションの概略及び詳細計算手法

項目	条件	備考
解析領域	北海道から神奈川までの太平洋 (南北約1,300km, 東西約870km)	
メッシュ構成	B領域：2,500m→C領域：833m→D領域：278m →E領域：93m→F領域：31m→G領域：10m→H領域： 5m	
基礎方程式	B領域：線形長波理論 C～H領域：非線形長波理論	
計算スキーム	スタッガード格子, リープ・フロッグ法	後藤・小川 (1982) の方法
初期海面変動量	Mansinha and Smylie (1971) の方法	
境界条件	沖合：後藤・小川 (1982) の自由透過の条件 陸域：敷地周辺 (計算格子間隔93m～5m) の領域は 小谷ほか (1998) の陸上遡上境界条件 それ以外は完全反射条件	
越流条件	防波堤：本間公式 (1940) 護岸：相田公式 (1977)	
海底摩擦係数	マンニングの粗度係数 ( $n=0.03m^{-1/3}s$ )	土木学会 (2016)
水平渦動粘性係数	考慮していない ( $K_h=0$ )	
計算時間間隔	$\Delta t=0.1$ 秒	C. F. L. 条件を満たす ように設定
計算時間	津波発生後4時間	十分な計算時間とな るように設定
潮位条件	T. P. $\pm 0.0m$	

表1.6-2 3.11地震に伴う地殻変動量の考慮

	E 領域	F 領域	G 領域	H 領域
陸域	地震後に整備された国土地理院 5mDEM データ			
海域		日本水路協会 M7000 データ (2016) を一律に 1.1m*沈下 させた。 * : F 領域全体をカバーする平均的な沈下量		東北電力深淺測量 データ (H23.5 測量)



	B領域	C領域	D領域	E領域	F領域	G領域	H領域
空間格子間隔	2.5 km	833 m	278 m	93 m	31 m	10m	5m
陸側境界条件	完全反射			小谷ほか (1998) の遡上境界条件			

図 1.6-1 計算格子と陸側の境界条件

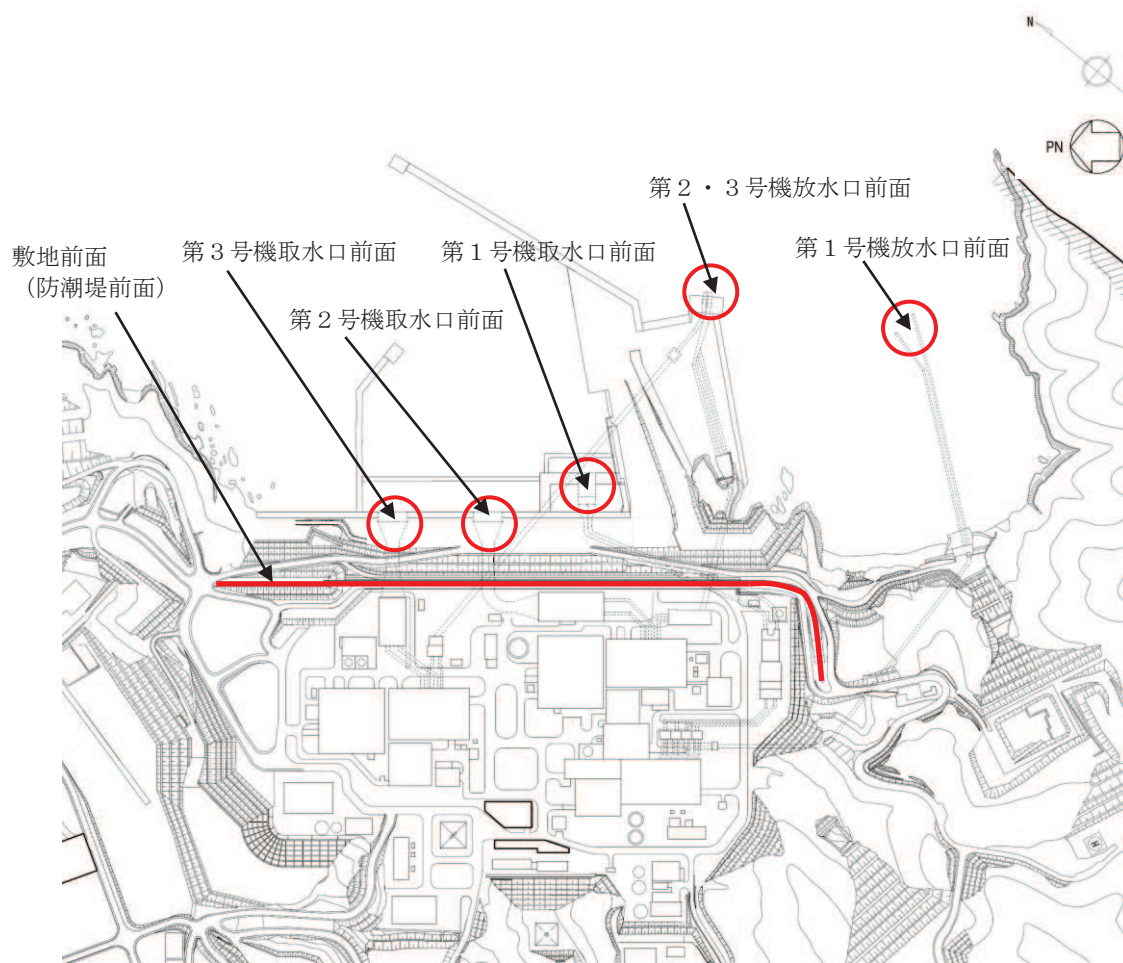


図1.6-2 津波水位評価点出力位置

## 1.6.2 発電所周辺における復旧・改修工事に伴う地形改変の考慮

3.11地震に伴い被災した地域では防波堤・防潮堤の建設工事や住宅の高台移転等を目的とした造成工事が進められていることを踏まえ、復旧・改修工事に伴う地形改変を反映した地形を作成し、入力津波評価を実施している。宮城県における防潮堤の建設計画を図1.6-3に示す。

津波解析における陸側の境界条件について、図1.6-1に示したとおりE領域以下で遡上解析を実施しているが、それよりも外側のB～D領域では海岸線を完全反射条件としており、復旧・改修工事に伴う地形改変の影響はない。また、女川湾周辺の地形の状況を図1.6-4に、女川湾内における基準津波（水位上昇側）による押し波時の流況と引き波時の流況を図1.6-5に示す。女川原子力発電所はリアス海岸南部の女川湾湾口部に位置するが、女川湾に襲来する津波は、押し波時は女川湾の真東から襲来し引き波時は押し波時と逆方向になり、東西方向の流れが卓越する特徴を有する。また、女川湾周辺の地形（雄勝湾、鮫ノ浦湾）は女川湾と同様に湾地形を呈していることから、女川湾はその周辺地形からの反射波の影響を受けにくい。以上から、女川湾の範囲における復旧・改修工事に伴う地形改変を反映した。

地形データに反映する工事計画は、将来計画も含む復旧・改修工事計画を反映して作成した。

海域では、女川町等の各地区の海岸線において防潮堤の建設計画があることから、これらを地形データに反映した。各建設計画の概要を図1.6-6に示す。

陸域では、各地区において住宅の高台移転等を目的とした地形改変を伴う造成工事計画があり、その規模は女川町中心部が最も大きい。また、女川町中心部以外の地区で計画されている工事は、女川町中心部と同様に女川原子力発電所よりも湾奥に位置するが、その規模は女川町中心部と比較して小さいとともに、前面の海岸線では前述したとおり防潮堤が建設される計画であることから、入力津波評価及び漂流物評価に与える影響は小さいと考えられる。以上を踏まえ、女川町中心部並びに発電所付近に位置する小屋取地区の造成工事計画を地形データに反映した。女川町中心部における造成計画を図1.6-7に、女川町中心部を含む各地区の造成計画を図1.6-8に示す。

以上の各復旧・工事計画を反映して作成した地形データを図1.6-9に、作成した地形と現状評価の地形の差分を図1.6-10に示す。

# 宮城県における防潮堤災害復旧・復興の進捗状況

宮城県では、復旧・復興事業を実施するほぼ全ての箇所で着手済み、約6割の213箇所で完成済み。



図1.6-3 海岸線における防潮堤建設計画（令和2年2月末）（宮城県（2020））

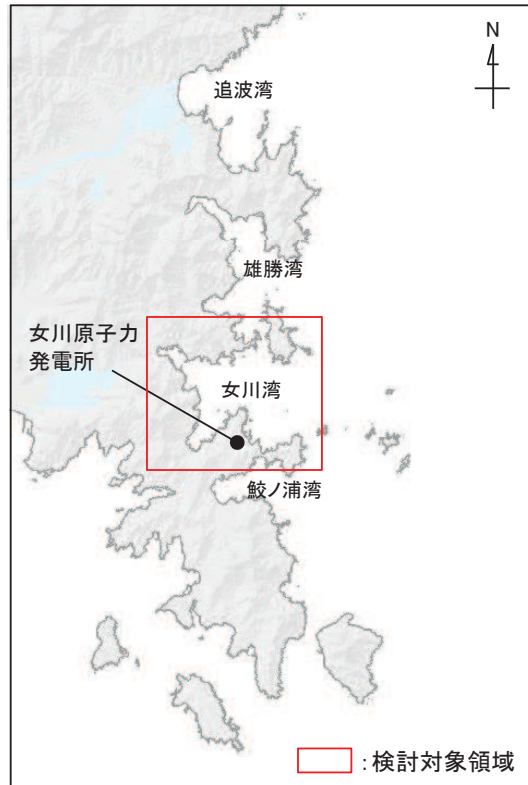
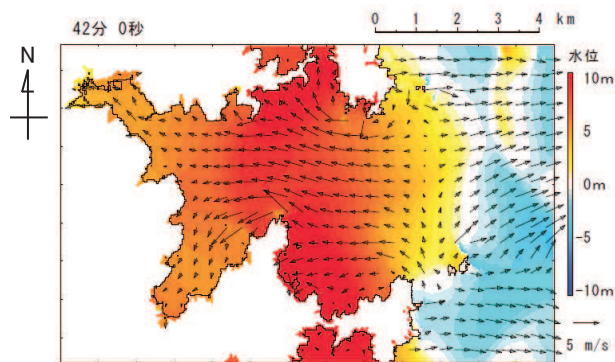
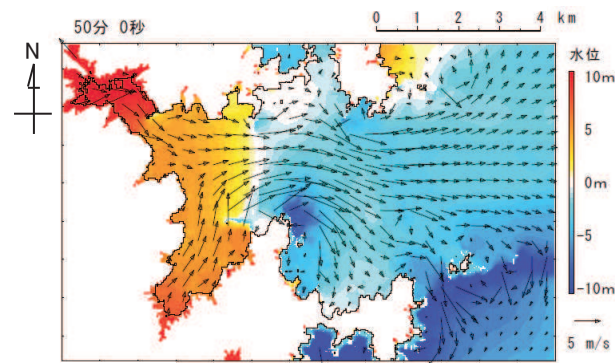


図 1.6-4 女川湾周辺の地形（E領域：遡上解析範囲）



押し波時の流況（地震発生 42 分後）



引き波時の流況（地震発生 50 分後）

図 1.6-5 女川湾内における基準津波（水位上昇側）



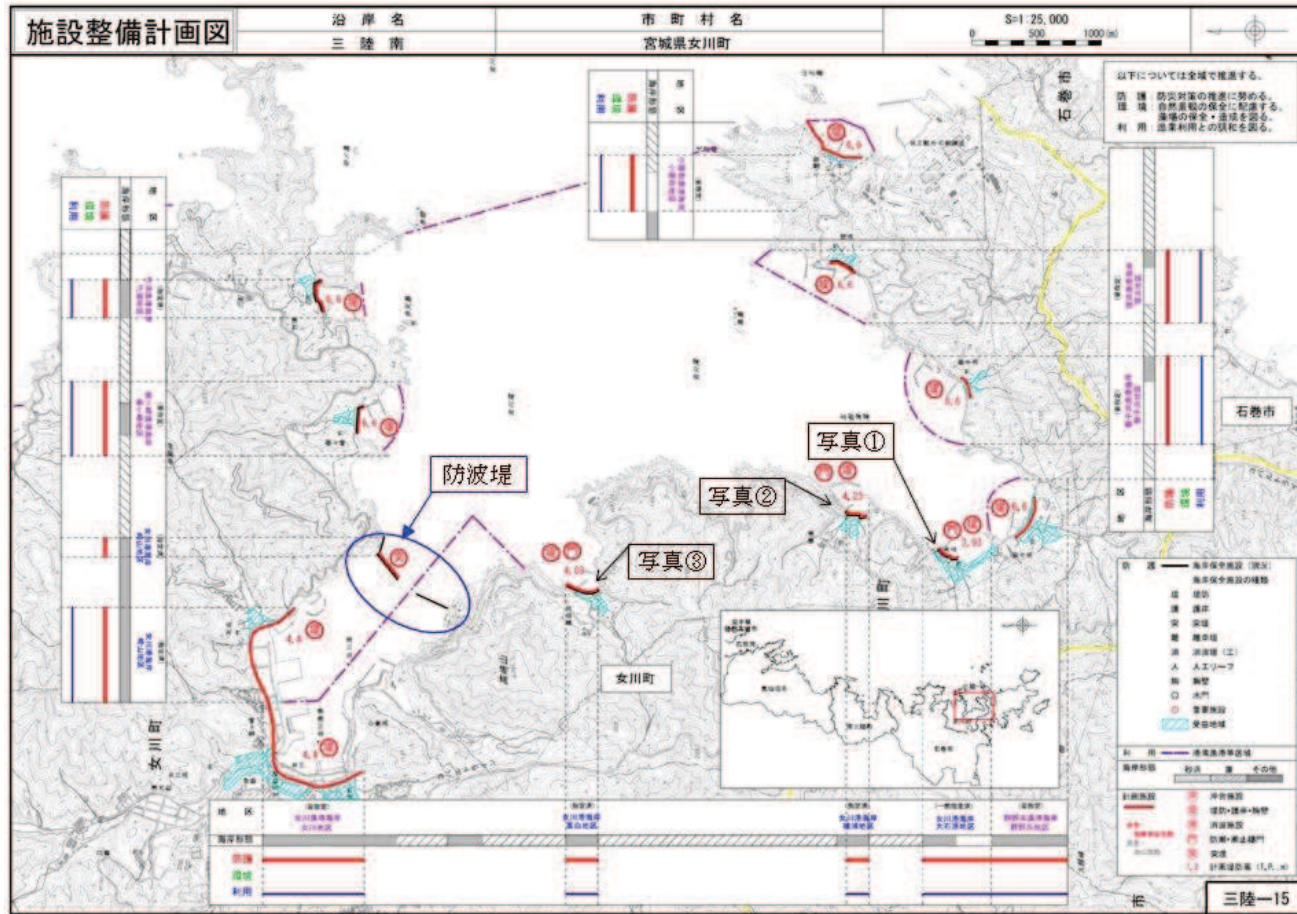


図 1.6-6 三陸南沿岸海域保全基本計画（宮城県（2016）に一部加筆）

■堤防建設状況  
（石巻港湾事務所（2018））



写真①：大石原地区



写真②：横浦地区



写真③：高白浜地区

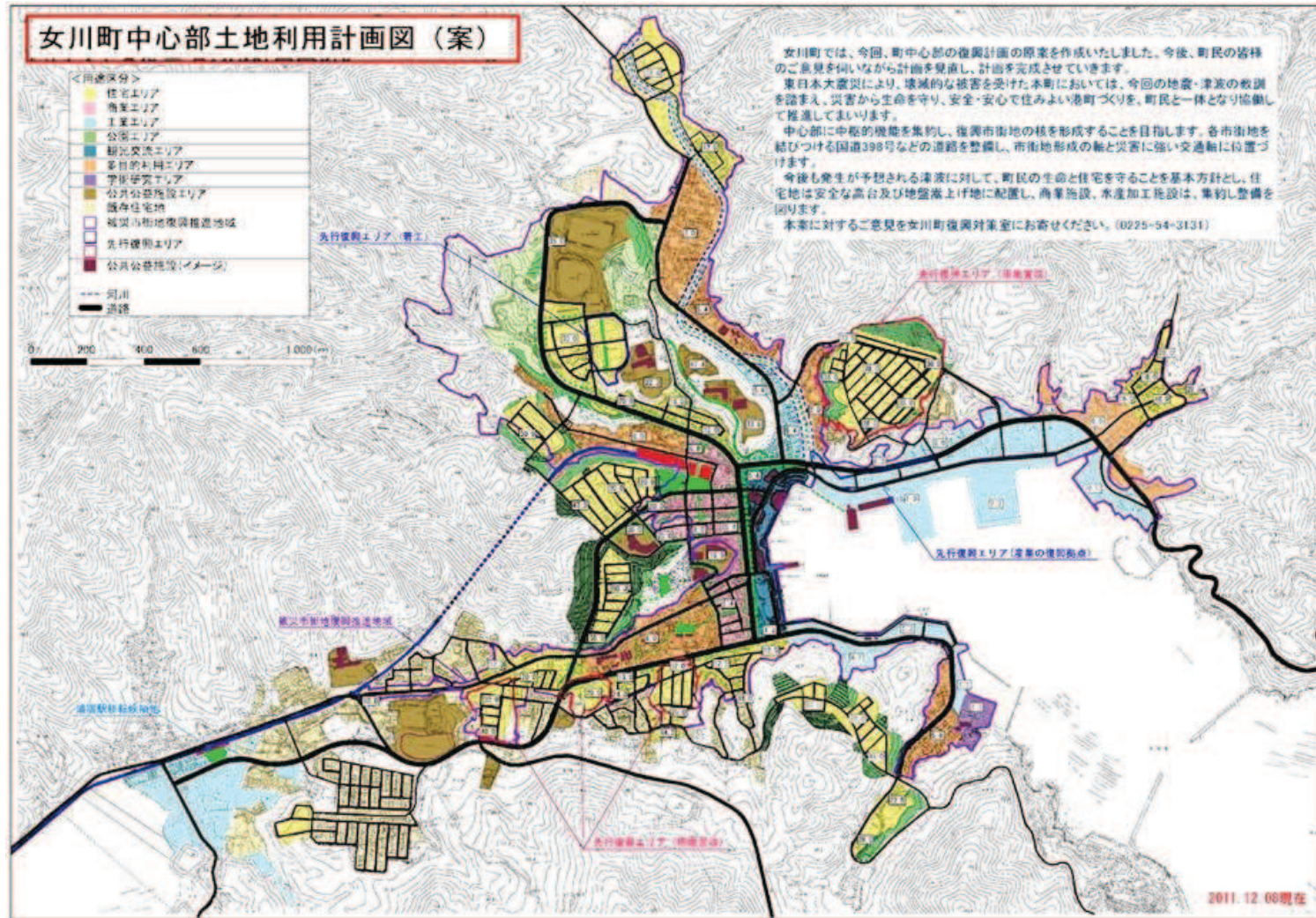


図 1.6-7 女川町中心部土地利用計画図\*（女川町（2012））

\*：女川町復興まちづくり説明会資料（第1回（2012）～第14回（2016））に基づき作成

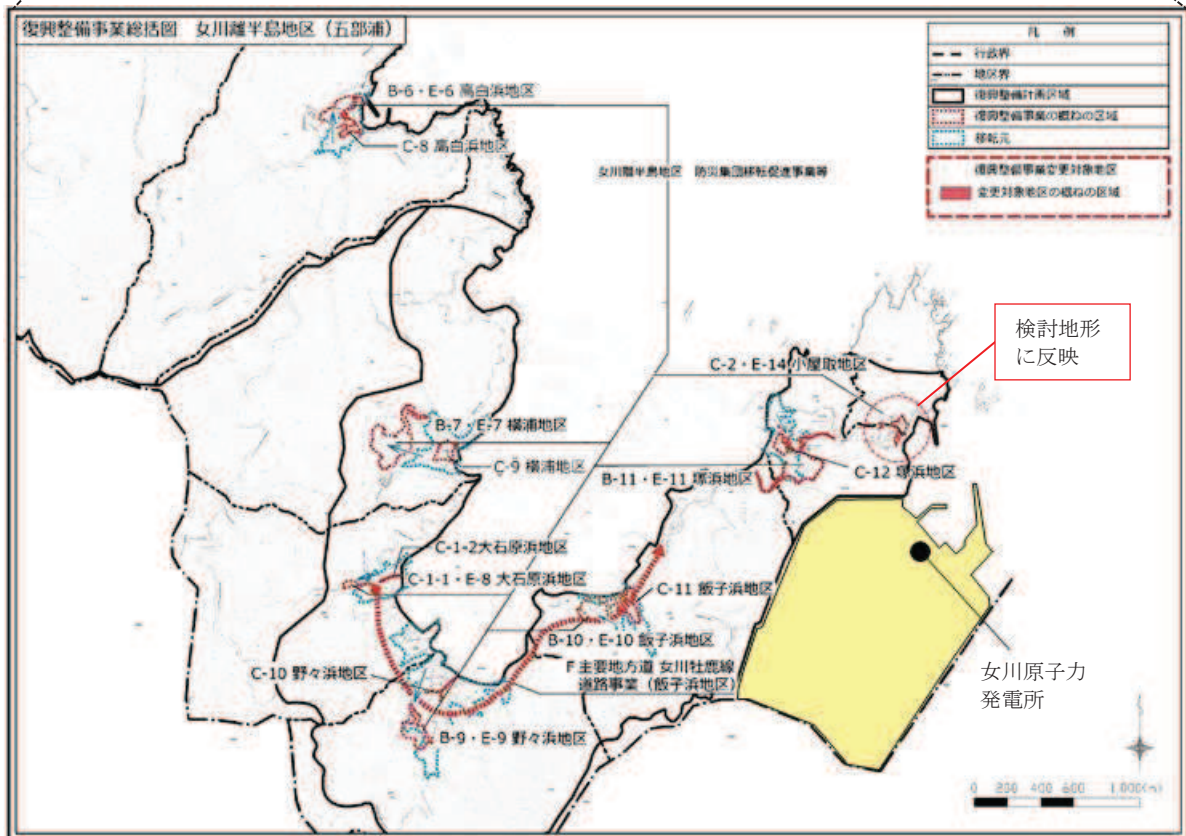
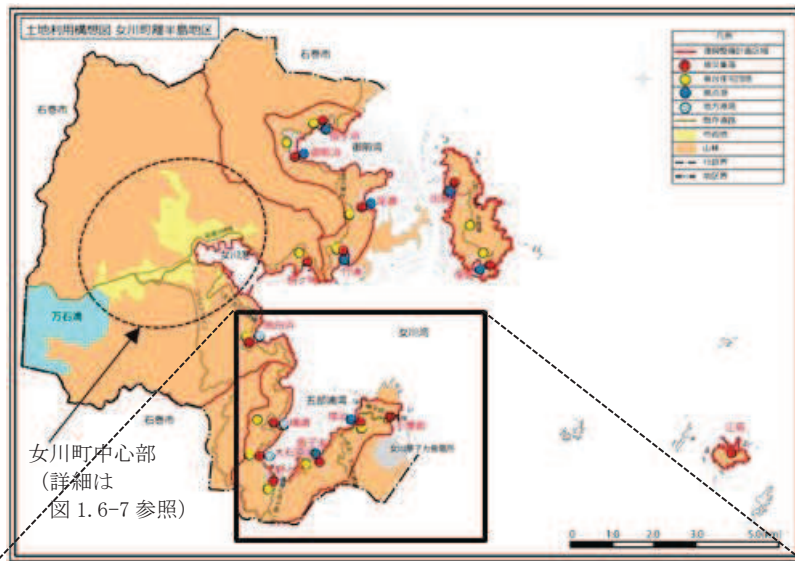


図 1.6-8 女川湾周辺における土地利用構想図  
(女川町 (2018) に一部加筆)

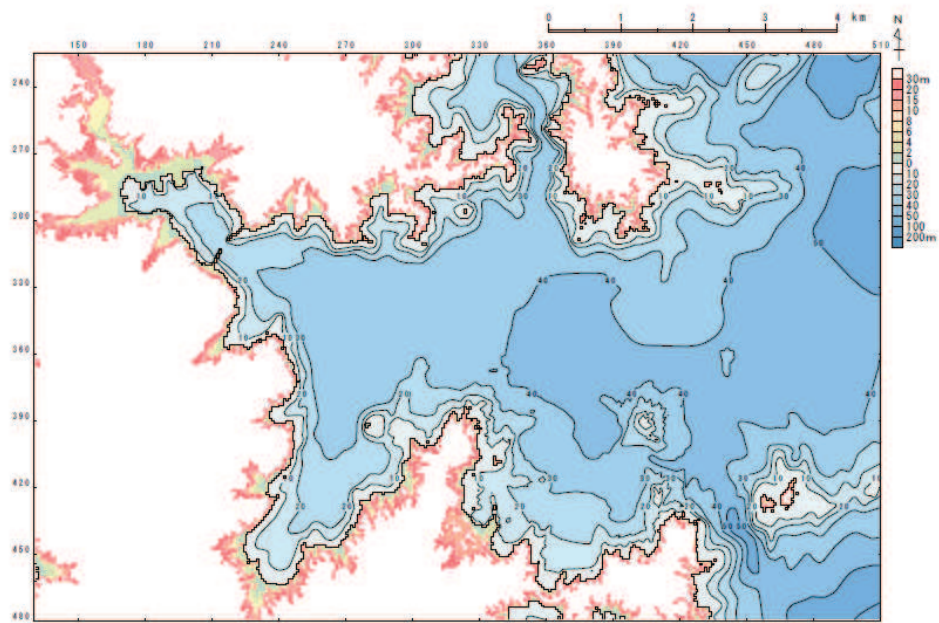


図 1.6-9 工事計画を反映した地形データ

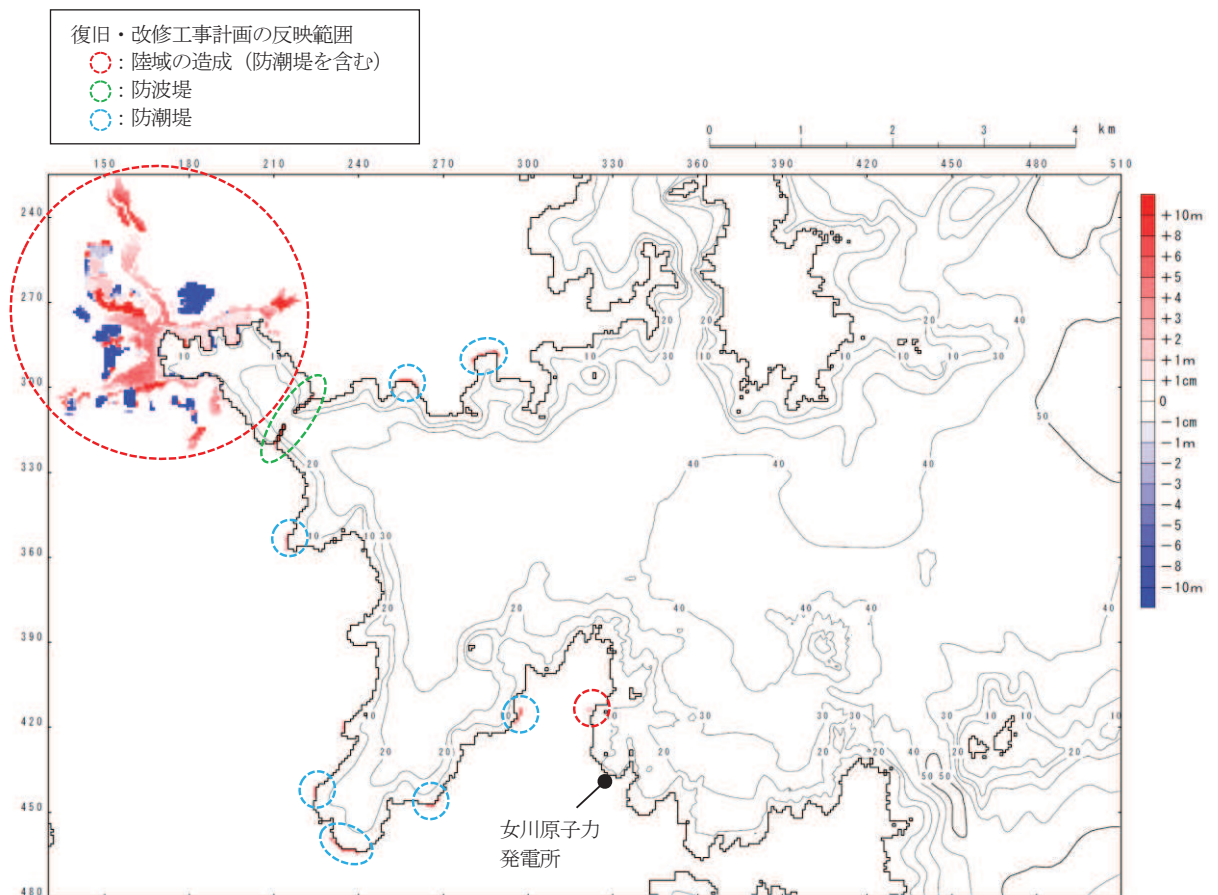


図 1.6-10 差分図 (工事計画を反映した地形－現状評価の地形)

### 1.7 非常用取水設備内に貯留される水量の算定について

貯留量の算定については、貯留堰が取水口、取水路及び海水ポンプ室底部より上部に位置することから、貯留堰高さからの水深を考慮した非常用取水設備（貯留堰、取水口、取水路及び海水ポンプ室）内の貯留量を算出している。なお、非常用取水設備内の貯留量の算出においては、ハンチ部及び15cmの貝付着代による減分を考慮する。

取水口（貯留堰）の水面面積、取水路内の各区分における水面面積（①～⑧）、海水ポンプ室内のうちA-1水路及びB-2水路の各区分における水面面積（①～④）、A-2水路及びB-1水路の各区分における水面面積（①～⑦）と貯留堰高さからの水深に基づき算出した水量を表1.7-1に示す。また、非常用取水設備の平面図及び断面図を図1.7-1に示す。

表 1.7-1 非常用取水設備内に貯留される水量

区分	水面面積(m <sup>2</sup> )	水深(m)	体積(m <sup>3</sup> ) [A]	減分(m <sup>3</sup> ) [B]	貯留量(m <sup>3</sup> ) [A-B]	
取水口（貯留堰）	204.00	1.20	244.80	67.32	177.48	
取水路	①	211.26	1.20	253.51	78.20	175.31
	②	216.58	1.20	259.90	53.40	206.50
	③	490.70	1.20	588.84	144.27	444.57
	④	392.70	1.20	471.24	115.45	355.79
	⑤	53.50	1.20	64.20	15.73	48.47
	⑥	105.00	1.20	126.00	44.92	81.08
	⑦	39.99	1.20	47.99	14.79	33.20
	⑧	299.47	1.20	359.36	94.39	264.97
海水ポンプ室 (A-1, B-2)	①	27.00	1.30	35.10	7.80	27.30
	②	36.45	1.30~2.65	71.98	12.49	59.49
	③	525.15	2.65	1391.65	77.32	1314.33
	④	209.10	2.65	554.12	29.25	524.87
海水ポンプ室 (A-2, B-1)	①	13.96	0~1.03	7.21	5.07	2.14
	②	13.04	1.03~2.00	19.76	6.17	13.59
	③	116.10	2.00	232.20	58.70	173.50
	④	8.78	2.00~2.65	20.41	4.94	15.47
	⑤	39.34	2.65	104.25	11.58	92.67
	⑥	54.68	2.65	144.90	11.15	133.75
	⑦	97.74	2.65	259.01	14.39	244.62
計					4389.10	

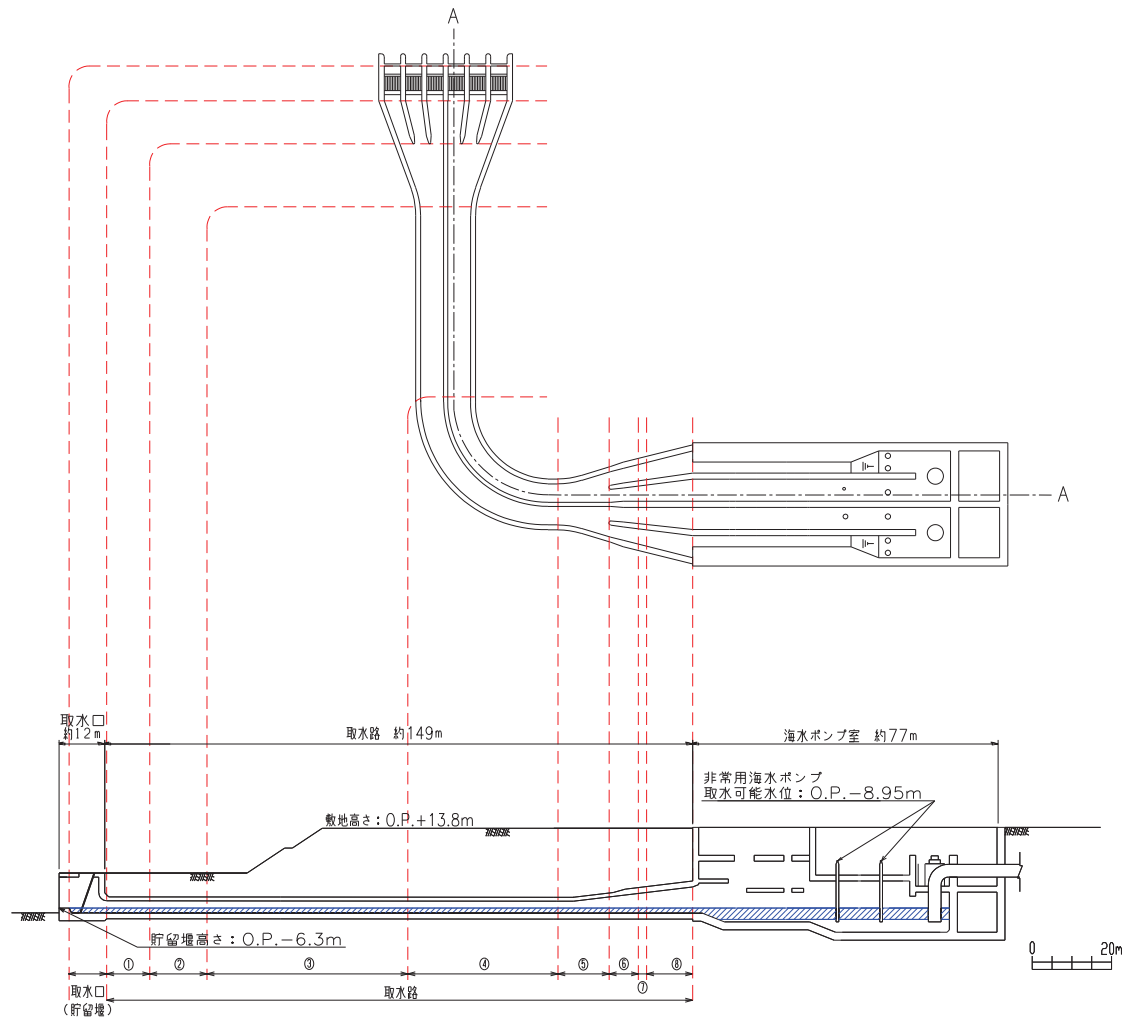


図 1.7-1 (1) 非常用取水設備の平面図及び縦断面図 (A-A) (取水口 (貯留堰) ~ 取水路)

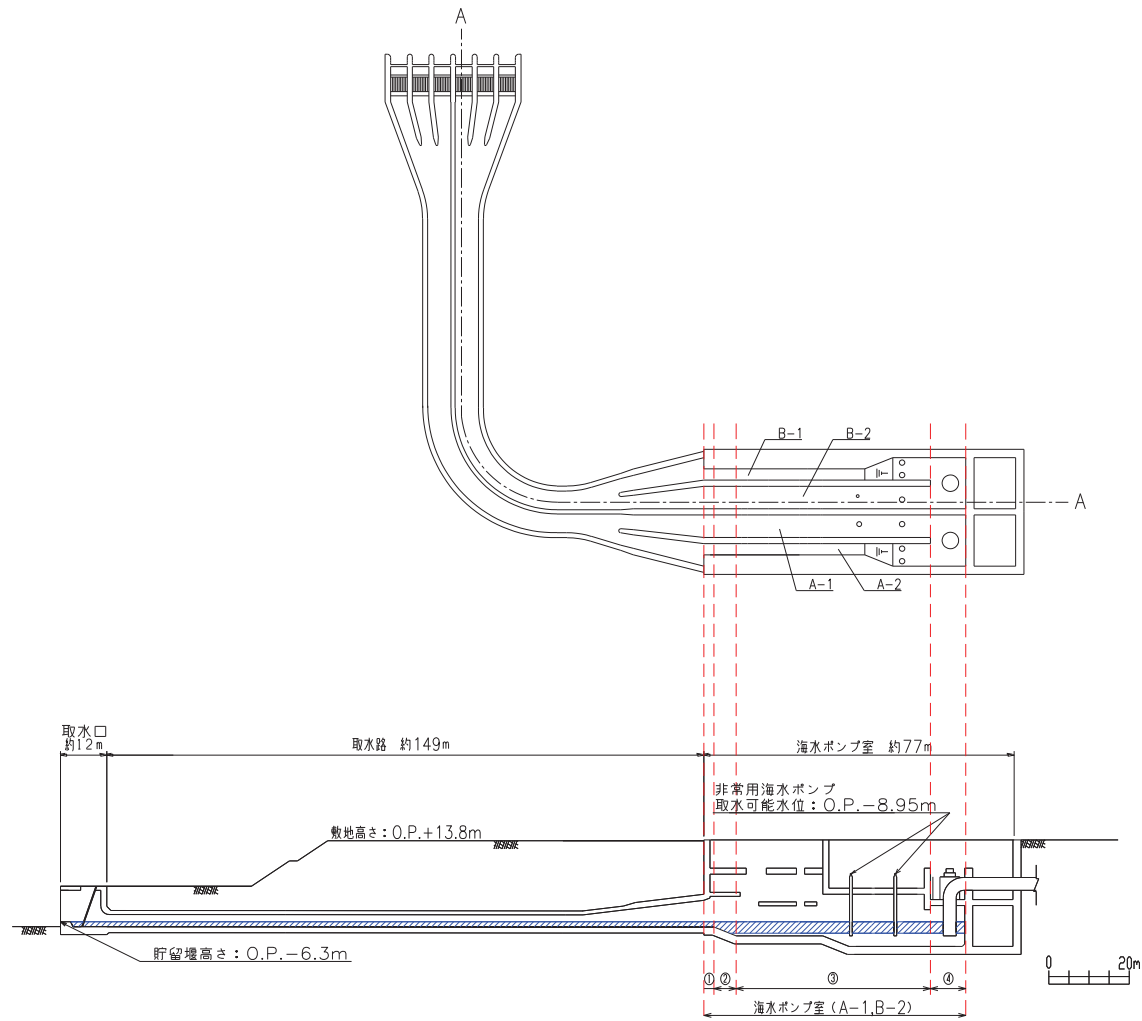


図 1.7-1 (2) 非常用取水設備の平面図及び縦断面図 (A-A) (海水ポンプ室 (A-1, B-2))

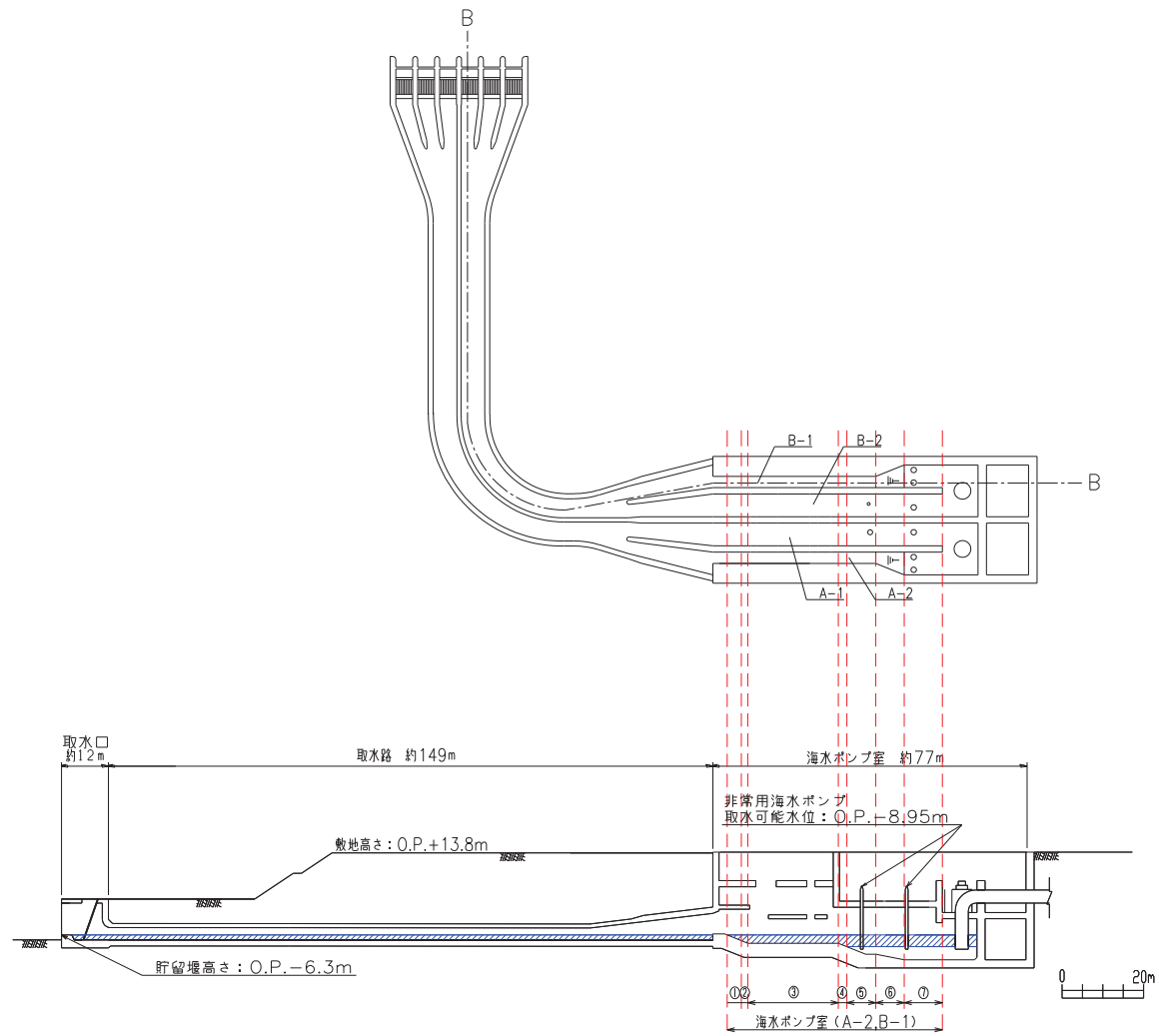


図 1.7-1 (3) 非常用取水設備の平面図及び縦断面図 (B-B) (海水ポンプ室 (A-2, B-1))



非常用取水設備である貯留堰、取水口、取水路及び海水ポンプ室の容量については、添付書類「VI-1-1-4-8-5-1 取水設備に係る設定根拠に関する説明書」に示す。

## (1) 概要

### ・設計基準対象施設

貯留堰、取水口、取水路及び海水ポンプ室は、設計基準対象施設として基準津波による水位低下に対し、非常用海水ポンプ\*<sup>1</sup>が機能維持でき、かつ、発電用原子炉の冷却に必要な海水を確保する設計とする。

なお、津波の引き波に対する必要海水量は、貯留堰、取水口、取水路及び海水ポンプ室をあわせて設計する。

### ・重大事故等対処施設

重大事故等時に、その他発電用原子炉の附属施設のうち非常用取水設備として使用する貯留堰、取水口、取水路及び海水ポンプ室の機能は、設計基準対象施設として使用する場合と同じである。

## (2) 容量

設計基準対象施設及び重大事故等対処施設として使用する貯留堰、取水口、取水路及び海水ポンプ室の容量は、入力津波による引き波時において、海水面が貯留堰天端高さ（O.P. -6.3m）を下回った場合でも非常用海水ポンプが継続して取水可能な容量とする。取水口前面における入力津波による水位時刻歴波形（水位下降側）を図 1.7-2 に示す。

容量の算定にあたっては、海水面が貯留堰天端高さ（O.P. -6.3m）を下回る時間は最大で約 4 分間であることから、保守的に 10 分間にわたり非常用海水ポンプが全数運転を継続した場合に加え、常用海水ポンプである循環水ポンプのトリップからポンプ停止までに取水する水量\*<sup>2</sup>も考慮した水量である 2971m<sup>3</sup>を十分に確保できる設計\*<sup>3</sup>とする。

容量の公称値については非常用海水ポンプが全数運転を継続した場合においても必要な水量である 2971m<sup>3</sup>を確保する\*<sup>3</sup>ため、貯留堰天端高さ（O.P. -6.3m）から非常用海水ポンプの設計取水可能水位（O.P. -8.95m）の水深と貯留堰、取水口、取水路及び海水ポンプ室の各区間における対象面積を基に算出した有効貯留容量（表 1.7-1）である 4300m<sup>3</sup>とする。

$$V1 = T1 \times Q1 = (10/60) \times 7850 = 1309 \text{ (m}^3\text{)}$$

V1 : 容量 (m<sup>3</sup>)

T1 : 非常用海水ポンプの運転時間 (h)

Q1 : 非常用海水ポンプの取水容量 (m<sup>3</sup>/h)

原子炉補機冷却海水ポンプ：1900 m<sup>3</sup>/h×4 台＝7600 m<sup>3</sup>/h

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ：250 m<sup>3</sup>/h×1 台＝250 m<sup>3</sup>/h

$$V_2 = T_2 \times Q_2 = (0.5/60) \times 199440 = 1662 \text{ (m}^3\text{)}$$

V<sub>2</sub>：容量 (m<sup>3</sup>)

T<sub>2</sub>：循環水ポンプの遊転時間 (h)

Q<sub>2</sub>：循環水ポンプの取水容量 (m<sup>3</sup>/h)

循環水ポンプ：99720 m<sup>3</sup>/h×2 台＝199440 m<sup>3</sup>/h

$$V_1 + V_2 = 2971 \text{ (m}^3\text{)} < 4300 \text{ (m}^3\text{)}$$

注記 \*1：原子炉補機冷却海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ。

\*2：循環水ポンプは気象庁から発信される大津波警報や、海水ポンプ室水位低下警報をもとに運転員が手動で停止する手順となっており、手動停止前に所定の設定値まで海水ポンプ室水位が低下した場合は、自動でポンプが停止するインターロックとなっている。したがって、貯留堰高さを下回る引き波が発生した場合には、手動停止操作又はトリップインターロック (S s 機能維持) 動作により貯留堰高さ (O. P. -6.3m) 到達前にポンプは停止しているが、遊転時間分 (トリップからポンプ停止までの時間)、循環水ポンプ 2 台が定格流量で取水するものと仮定した。

\*3：詳細は、添付書類「VI-1-1-2-2-4 入力津波による津波防護対象設備への影響評価」に記載する。

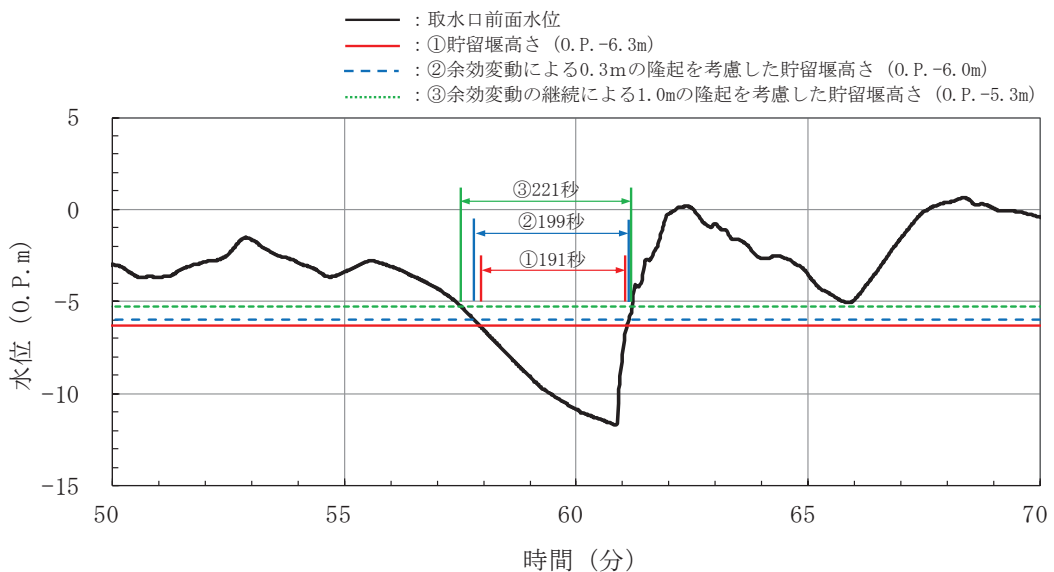


図 1.7-2 取水口前面における入力津波による水位時刻歴波形 (水位下降側)

## 2. 津波防護対象設備

### 2.1 津波防護対象設備の選定及び配置について

#### (1) 基準津波に対する津波防護対象設備の選定

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

##### a. 設計基準対象施設の津波防護対象設備の選定

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

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

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

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

また、設計基準対象施設の津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）を内包する建屋及び区画として、原子炉建屋、タービン建屋、制御建屋、海水ポンプ室補機ポンプエリア、軽油タンクエリア（軽油タンク、燃料移送ポンプ）、復水貯蔵タンク及び排気筒を設定し、海水ポンプ室補機ポンプエリア、軽油タンクエリア及び復水貯蔵タンクから原子炉建屋に接続する配管を敷設する地下構造物（以下「トレンチ」という。）や排気筒連絡ダクトは敷地の地下部に設定する。

##### b. 重大事故等対処施設の津波防護対象設備の選定

設置許可基準規則第40条（津波による損傷の防止）においては、「重大事故等対処施設は、基準津波に対して重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。」ことを要求している。

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

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

また、重大事故等対処施設の津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）を内包する建屋及び区画として、原子炉建屋、制御建屋、海水ポンプ室補機ポンプエリア、軽油タンクエ

リア（軽油タンク，燃料移送ポンプ），復水貯蔵タンク，排気筒，緊急時対策建屋，緊急用電気品建屋，ガスタービン発電設備軽油タンク室，可搬型重大事故等対処設備保管場所である第1保管エリア，第2保管エリア，第3保管エリア及び第4保管エリアを設定し，トレンチ及び排気筒連絡ダクトは敷地の地下部に設定する。

(2) 津波防護対象設備の選定結果

「(1) 基準津波に対する津波防護対象設備の選定」において選定した設計基準対象施設の津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）を内包する建屋及び区画，重大事故等対処施設の津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）を内包する建屋及び区画を以下に示す。

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

表 2.1-1 津波防護対象設備を内包する建屋及び区画の一覧

津波防護対象設備	基準津波	
	設計基準 対象施設	重大事故等 対処施設
原子炉建屋	○	○
制御建屋	○	○
タービン建屋	○	-
軽油タンクエリア	○	○
海水ポンプ室補機ポンプエリア	○	○
復水貯蔵タンク	○	○
トレンチ	○	○
排気筒	○	○
排気筒連絡ダクト	○	○
第1保管エリア	-	○
第2保管エリア	-	○
第3保管エリア	-	○
第4保管エリア	-	○
緊急用電気品建屋	-	○
緊急時対策建屋	-	○
ガスタービン発電設備軽油タンク室	-	○

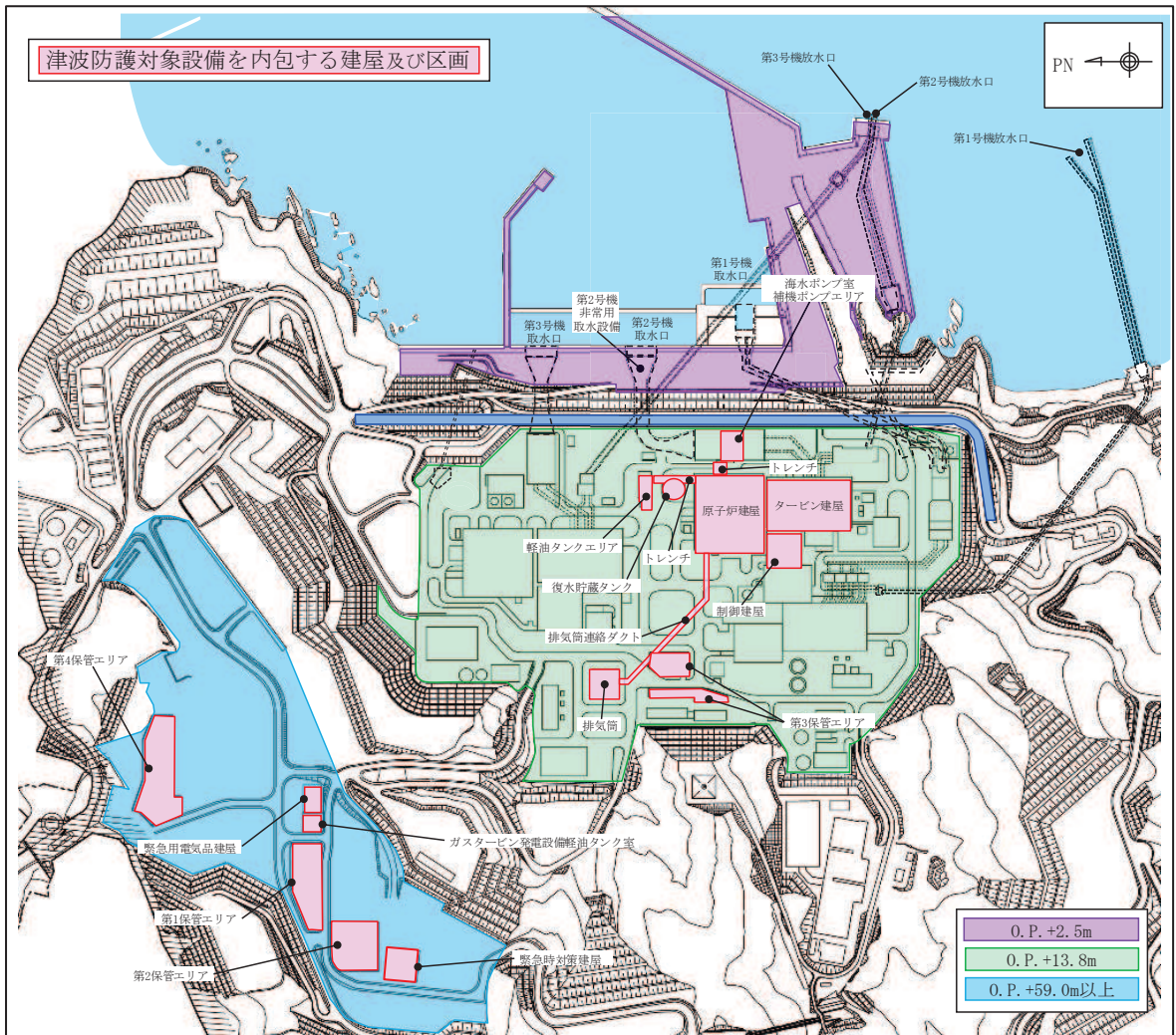


図 2.1-1 津波防護対象設備を内包する建屋及び区画の配置

表 2.1-2 主な津波防護対象設備リスト (1/12)

機器	設置場所	設置高さ (O. P. m)	図示 番号
1. 原子炉本体			
原子炉圧力容器	原子炉格納容器	—	—
2. 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設			
(1) 燃料取扱設備			
燃料交換機	原子炉建屋	+32.2	2-1
原子炉建屋クレーン	原子炉建屋	+40.2	2-2
(2) 新燃料貯蔵設備			
新燃料貯蔵庫	原子炉建屋	+32.2	2-3
(3) 使用済燃料貯蔵施設			
使用済燃料プール	原子炉建屋	+32.2	2-4
キャスクピット	原子炉建屋	+32.2	2-5
使用済燃料貯蔵ラック	原子炉建屋	+32.2	2-6
制御棒／破損燃料貯蔵ラック	原子炉建屋	+32.2	2-7
(4) 使用済燃料貯蔵槽冷却浄化設備			
燃料プール冷却浄化系主配管	原子炉建屋	—	—
燃料プール冷却浄化系主要弁	原子炉建屋	—	—
燃料プール代替注水系主配管	原子炉建屋	—	—
燃料プールスプレイ系主配管	原子炉建屋	—	—
放射性物質拡散抑制系主配管	第 1, 4 保管エリア	+59.0 以上	2-8

表 2.1-2 主な津波防護対象設備リスト (2/12)

機器	設置場所	設置高さ (O. P. m)	図示 番号
3. 原子炉冷却系統施設			
(1) 原子炉冷却材再循環設備			
原子炉再循環ポンプ	原子炉格納容器	—	—
原子炉再循環系主配管	原子炉格納容器	—	—
原子炉再循環系主要弁	原子炉格納容器	—	—
(2) 原子炉冷却材の循環設備			
主蒸気逃がし安全弁	原子炉格納容器	—	—
主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ	原子炉格納容器	—	—
主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ	原子炉格納容器	—	—
主蒸気系主配管	原子炉格納容器	—	—
	原子炉建屋	—	—
主蒸気系主要弁	原子炉格納容器	—	—
	原子炉建屋	—	—
復水給水系主配管	原子炉格納容器	—	—
	原子炉建屋	—	—
復水給水系主要弁	原子炉格納容器	—	—
	原子炉建屋	—	—
(3) 残留熱除去設備			
残留熱除去系ポンプ	原子炉建屋	-9.1	3-1
残留熱除去系熱交換器	原子炉建屋	+14.0	3-2
残留熱除去系ストレーナ	原子炉格納容器	—	—
残留熱除去系主配管	原子炉格納容器	—	—
	原子炉建屋	—	—
残留熱除去系主要弁	原子炉格納容器	—	—
	原子炉建屋	—	—

表 2.1-2 主な津波防護対象設備リスト (3/12)

機器	設置場所	設置高さ (O. P. m)	図示 番号
(4) 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備			
高圧炉心スプレイ系ポンプ	原子炉建屋	-9.1	3-3
高圧炉心スプレイ系ストレーナ	原子炉格納容器	-	-
高圧炉心スプレイ系主配管	原子炉格納容器	-	-
	原子炉建屋	-	-
	トレンチ	-	-
高圧炉心スプレイ系主要弁	原子炉格納容器	-	-
	原子炉建屋	-	-
低圧炉心スプレイ系ポンプ	原子炉建屋	-9.1	3-4
低圧炉心スプレイ系ストレーナ	原子炉格納容器	-	-
低圧炉心スプレイ系主配管	原子炉格納容器	-	-
	原子炉建屋	-	-
低圧炉心スプレイ系主要弁	原子炉格納容器	-	-
高圧代替注水系タービンポンプ	原子炉建屋	-1.8	3-5
高圧代替注水系主配管	原子炉格納容器	-	-
	原子炉建屋	-	-
高圧代替注水系主要弁	原子炉格納容器	-	-
	原子炉建屋	-	-
直流駆動低圧注水系ポンプ	原子炉建屋	-9.1	3-6
低圧代替注水系主配管	原子炉格納容器	-	-
	原子炉建屋	-	-
低圧代替注水系主要弁	原子炉格納容器	-	-
	原子炉建屋	-	-



表 2.1-2 主な津波防護対象設備リスト (4/12)

機器	設置場所	設置高さ (O. P. m)	図示 番号
代替循環冷却ポンプ	原子炉建屋	-9.1	3-7
代替循環冷却系主配管	原子炉格納容器	-	-
	原子炉建屋	-	-
代替循環冷却系主要弁	原子炉格納容器	-	-
	原子炉建屋	-	-
大容量送水ポンプ (タイプ I)	第 1, 2, 3, 4 保管エリア	+13.8 以上	3-8
大容量送水ポンプ (タイプ II)	第 1, 2, 4 保管エリア	+13.8 以上	3-9
代替水源移送系主配管	原子炉建屋	-	-
代替水源移送系主要弁	原子炉建屋	-	-
(5) 原子炉冷却材補給設備			
原子炉隔離時冷却系ポンプ (蒸気タービン含む)	原子炉建屋	-9.1	3-10, 3-11
原子炉隔離時冷却系主要弁	原子炉格納容器	-	-
	原子炉建屋	-	-
原子炉隔離時冷却系主配管	原子炉格納容器	-	-
	原子炉建屋	-	-
復水貯蔵タンク	屋外	+13.8	3-12

表 2.1-2 主な津波防護対象設備リスト (5/12)

機器	設置場所	設置高さ (O. P. m)	図示 番号
(6) 原子炉補機冷却設備			
原子炉補機冷却水ポンプ	原子炉建屋	-9.1	3-13
原子炉補機冷却水系熱交換器	原子炉建屋	-9.1	3-14
原子炉補機冷却水系主配管	原子炉建屋	-	-
原子炉補機冷却水系主要弁	原子炉建屋	-	-
原子炉補機冷却海水ポンプ	海水ポンプ室	+2.0	3-15
原子炉補機冷却海水系ストレーナ	原子炉建屋	-9.1	3-16
原子炉補機冷却海水系主配管	原子炉建屋	-	-
	海水ポンプ室	-	-
	トレンチ	-	-
原子炉補機冷却海水系主要弁	原子炉建屋	-	-
	海水ポンプ室	-	-
高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ	原子炉建屋	-9.1	3-17
高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器	原子炉建屋	-9.1	3-18
高圧炉心スプレイ補機冷却水系主配管	原子炉建屋	-	-
高圧炉心スプレイ補機冷却水系主要弁	原子炉建屋	-	-
高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	海水ポンプ室	+2.0	3-19
高圧炉心スプレイ補機冷却海水系ストレーナ	海水ポンプ室	+5.35	3-20
高圧炉心スプレイ補機冷却海水系主配管	原子炉建屋	-	-
	海水ポンプ室	-	-
	トレンチ	-	-
高圧炉心スプレイ補機冷却海水系主要弁	原子炉建屋	-	-
	海水ポンプ室	-	-
原子炉補機代替冷却水系熱交換器ユニット	第 1, 3, 4 保管エリア	+13.8 以上	3-21
原子炉補機代替冷却水系主配管	原子炉建屋	-	-
原子炉補機代替冷却水系主要弁	原子炉建屋	-	-

表 2.1-2 主な津波防護対象設備リスト (6/12)

機器	設置場所	設置高さ (O. P. m)	図示 番号
(7) 原子炉冷却材浄化設備			
原子炉冷却材浄化系主配管	原子炉格納容器	—	—
	原子炉建屋	—	—
原子炉冷却材浄化系主要弁	原子炉格納容器	—	—
	原子炉建屋	—	—
4. 計測制御系統施設			
(1) 制御材			
制御棒	原子炉格納容器	—	—
(2) 制御材駆動装置			
制御棒駆動機構	原子炉格納容器	—	—
水圧制御ユニット	原子炉建屋	+5.0	4-1
制御棒駆動水圧系主配管	原子炉格納容器	—	—
	原子炉建屋	—	—
制御棒駆動水圧系主要弁	原子炉建屋	—	—
(3) ほう酸水注入設備			
ほう酸水注入系ポンプ	原子炉建屋	+21.5	4-2
ほう酸水注入系貯蔵タンク	原子炉建屋	+21.5	4-3
ほう酸水注入系主配管	原子炉建屋	—	—
	原子炉格納容器	—	—
ほう酸水注入系主要弁	原子炉建屋	—	—
	原子炉格納容器	—	—

表 2.1-2 主な津波防護対象設備リスト (7/12)

機器	設置場所	設置高さ (O. P. m)	図示 番号
(4) 計測装置			
起動領域モニタ	原子炉格納容器	—	—
出力領域モニタ	原子炉格納容器	—	—
地震加速度検出器	原子炉建屋	−9.1, +5.0	4-4
原子炉冷却制御盤	制御建屋	+22.5	4-5
原子炉制御盤	制御建屋	+22.5	4-6
原子炉補機制御盤	制御建屋	+22.5	4-7
放射線モニタ盤	制御建屋	+22.5	4-8
出力領域モニタ盤	制御建屋	+22.5	4-9
T I P 制御盤	制御建屋	+22.5	4-10
原子炉保護系盤	制御建屋	+22.5	4-11
制御棒監視制御盤	制御建屋	+22.5	4-12
原子炉系温度記録計盤	制御建屋	+22.5	4-13
原子炉系補助盤	制御建屋	+22.5	4-14
出力領域モニタ補助盤	制御建屋	+22.5	4-15
自動減圧系盤	制御建屋	+22.5	4-16
格納容器内雰囲気モニタ盤	制御建屋	+22.5	4-17
I T V 監視盤	制御建屋	+22.5	4-18
原子炉系計装ラック	原子炉建屋	+5.0, +14.0	4-19
原子炉再循環系計装ラック	原子炉建屋	+5.0	4-20
主蒸気流量計装ラック	原子炉建屋	+5.0	4-21
残留熱除去系計装ラック	原子炉建屋	−9.1, −1.8	4-22
高圧炉心スプレイ系計装ラック	原子炉建屋	−1.8	4-23
低圧炉心スプレイ系計装ラック	原子炉建屋	−1.8	4-24
原子炉隔離時冷却系計装ラック	原子炉建屋	−9.1, −1.8	4-25
ドライウェル圧力計装ラック	原子炉建屋	+21.5	4-26

表 2.1-2 主な津波防護対象設備リスト (8/12)

機器	設置場所	設置高さ (O. P. m)	図示 番号
格納容器内雰囲気モニタ	原子炉格納容器	+21.5	4-27
スクラム排出容器水位	原子炉建屋	+5.0	4-28
残留熱除去系熱交換器入口温度	原子炉建屋	+14.0	4-29
残留熱除去系熱交換器出口温度	原子炉建屋	+14.0	4-30
主蒸気管トンネル温度	原子炉建屋	+5.0, +19.5	4-31
サプレッションプール水温度	原子炉格納容器	—	—
5. 放射性廃棄物の廃棄施設			
液体廃棄物処理設備主配管	原子炉格納容器	—	—
	原子炉建屋	—	—
液体廃棄物処理設備主要弁	原子炉格納容器	—	—
	原子炉建屋	—	—
気体廃棄物処理系活性炭式希ガスホールドアップ装置	タービン建屋	-0.2	5-1
排気筒	屋外	+13.8	5-2
6. 放射線管理施設			
(1) 放射線管理用計測装置			
主蒸気管放射線モニタ	原子炉建屋	+14.0	6-1
燃料取替エリア放射線モニタ	原子炉建屋	+32.2	6-2
原子炉建屋原子炉棟排気放射線モニタ	原子炉建屋	+26.2	6-3
格納容器内雰囲気放射線モニタ	原子炉格納容器	+5.0, -1.8	6-4
緊急時対策所可搬型エリアモニタ	緊急時対策建屋	+59.0以上	6-5
(2) 換気設備			
中央制御室再循環送風機	制御建屋	+0.5	6-6
中央制御室再循環フィルタ装置	制御建屋	+0.5	6-7
中央制御室送風機	制御建屋	+0.5	6-8
中央制御室排風機	制御建屋	+0.5	6-9
換気設備主配管	原子炉建屋	—	—
	制御建屋	—	—
	排気筒連絡ダクト	—	—
換気設備主要弁	原子炉建屋	—	—

表 2.1-2 主な津波防護対象設備リスト (9/12)

機器	設置場所	設置高さ (O. P. m)	図示 番号
(3) 生体遮蔽装置			
原子炉しゃへい壁	原子炉建屋	—	—
中央制御室しゃへい壁	制御建屋	—	—
中央制御室待避所遮蔽	制御建屋	—	—
緊急時対策所遮蔽	緊急時対策建屋	—	—
7. 原子炉格納施設			
(1) 原子炉格納容器			
原子炉格納容器	原子炉建屋	−9.1	7-1
サブプレッションチェンバ出入口	原子炉建屋	−1.8	7-2
機器搬出入用ハッチ	原子炉建屋	+5.0	7-3
所員用エアロック	原子炉建屋	+14.0	7-4
配管貫通部	原子炉建屋	—	—
電気配線貫通部	原子炉建屋	—	—
(2) 原子炉建屋			
原子炉建屋原子炉棟	原子炉建屋	—	—
原子炉建屋大物搬入口	原子炉建屋	—	—
原子炉建屋エアロック	原子炉建屋	—	—
(3) 圧力低減設備その他の安全設備			
ベント管	原子炉格納容器	—	—
真空破壊装置	原子炉格納容器	—	—
ドライウェルスプレイ管	原子炉格納容器	—	—
サブプレッションチェンバスプレイ管	原子炉格納容器	—	—
原子炉格納容器下部注水系主配管	原子炉格納容器	—	—
	原子炉建屋	—	—
原子炉格納容器代替スプレイ冷却系主配管	原子炉格納容器	—	—
	原子炉建屋	—	—

表 2.1-2 主な津波防護対象設備リスト (10/12)

機器	設置場所	設置高さ (O. P. m)	図示 番号
可燃性ガス濃度制御系再結合装置	原子炉建屋	+21.5	7-5
可燃性ガス濃度制御系主配管	原子炉建屋	—	—
可燃性ガス濃度制御系主要弁	原子炉建屋	—	—
静的触媒式水素再結合装置	原子炉建屋	+32.2	7-6
原子炉格納容器フィルタベント系主配管	原子炉格納容器	—	—
	原子炉建屋	—	—
原子炉格納容器フィルタベント系主要弁	原子炉格納容器	—	—
	原子炉建屋	—	—
原子炉格納容器調気系主配管	原子炉建屋	—	—
原子炉格納容器調気系主要弁	原子炉建屋	—	—
非常用ガス処理系排風機	原子炉建屋	+21.5	7-7
非常用ガス処理系フィルタ装置	原子炉建屋	+21.5	7-8

表 2.1-2 主な津波防護対象設備リスト (11/12)

機器	設置場所	設置高さ (O. P. m)	図示 番号
8. その他発電用原子炉の附属施設			
(1) 非常用電源設備			
非常用ディーゼル発電設備内燃機関	原子炉建屋	+14.0	8-1
非常用ディーゼル発電設備燃料設備	原子炉建屋	+24.8	8-2
	軽油タンクエリア	+13.8	8-3
	トレンチ	—	—
非常用ディーゼル発電設備発電機	原子炉建屋	+14.0	8-4
静止形無停電電源装置	制御建屋	+7.0	8-5
125V 蓄電池	原子炉建屋	+19.9	8-6
	制御建屋	+0.5, +7.0, +10.4	8-7
所内母線・所内母線連絡用 6.9kV 遮断器	原子炉建屋	+5.0	8-8
負荷用 6.9kV 遮断器	原子炉建屋	+5.0	8-9
ディーゼル発電機用 6.9kV 遮断器	原子炉建屋	+5.0	8-10
パワーセンタ	制御建屋	+0.5, +7.0	8-11
	原子炉建屋	+5.0	8-12
モータコントロールセンタ	制御建屋	+7.0	8-13
	原子炉建屋	+5.0, +14.0	8-14
メタルクラッド開閉装置	原子炉建屋	+5.0	8-15
動力変圧器	原子炉建屋	+5.0	8-16
非常用電源ケーブル	原子炉建屋	—	—
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備内燃機関	原子炉建屋	+14.0	8-17
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備燃料設備	原子炉建屋	+24.8	8-18
	軽油タンクエリア	+13.8	8-3
	トレンチ	—	—
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備発電機	原子炉建屋	+14.0	8-19
ガスタービン発電設備ガスタービン	緊急用電気品建屋	+59.0 以上	8-20



表 2.1-2 主な津波防護対象設備リスト (12/12)

機器	設置場所	設置高さ (O. P. m)	図示 番号
ガスタービン発電設備燃料設備	ガスタービン発電 設備軽油タンク室	+59.0 以上	8-21
ガスタービン発電設備発電機	ガスタービン発電 設備軽油タンク室	+59.0 以上	8-22
可搬型代替交流電源設備内燃機関	第 2, 3, 4 保管エリア	+13.8 以上	8-23
可搬型代替交流電源設備燃料設備	第 2, 3, 4 保管エリア	+13.8 以上	8-24
可搬型代替交流電源設備発電機	第 2, 3, 4 保管エリア	+13.8 以上	8-25
可搬型代替直流電源設備内燃機関	第 2, 3, 4 保管エリア	+13.8 以上	8-26
可搬型代替直流電源設備燃料設備	第 2, 3, 4 保管エリア	+13.8 以上	8-27
可搬型代替直流電源設備発電機	第 2, 3, 4 保管エリア	+13.8 以上	8-28
緊急時対策所ディーゼル発電設備(電源車) 内燃機関	緊急時対策建屋	+59.0 以上	8-29
緊急時対策所ディーゼル発電設備(電源車) 燃料設備	緊急時対策建屋	+59.0 以上	8-30
緊急時対策所ディーゼル発電設備(電源車) 発電機	緊急時対策建屋	+59.0 以上	8-31

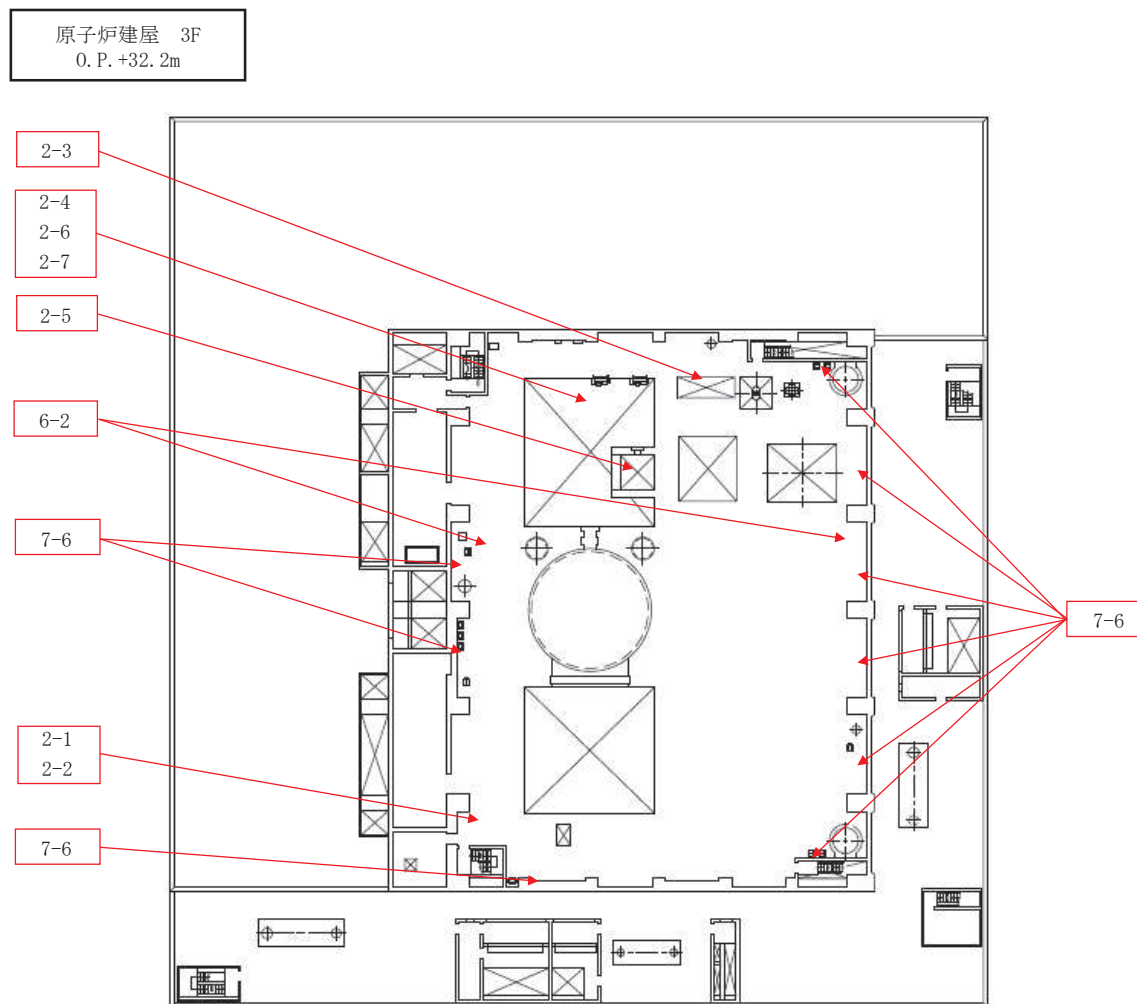


図 2.1-2 主な津波防護対象設備の配置 (1/14)

原子炉建屋 2F  
O.P. +21.5m

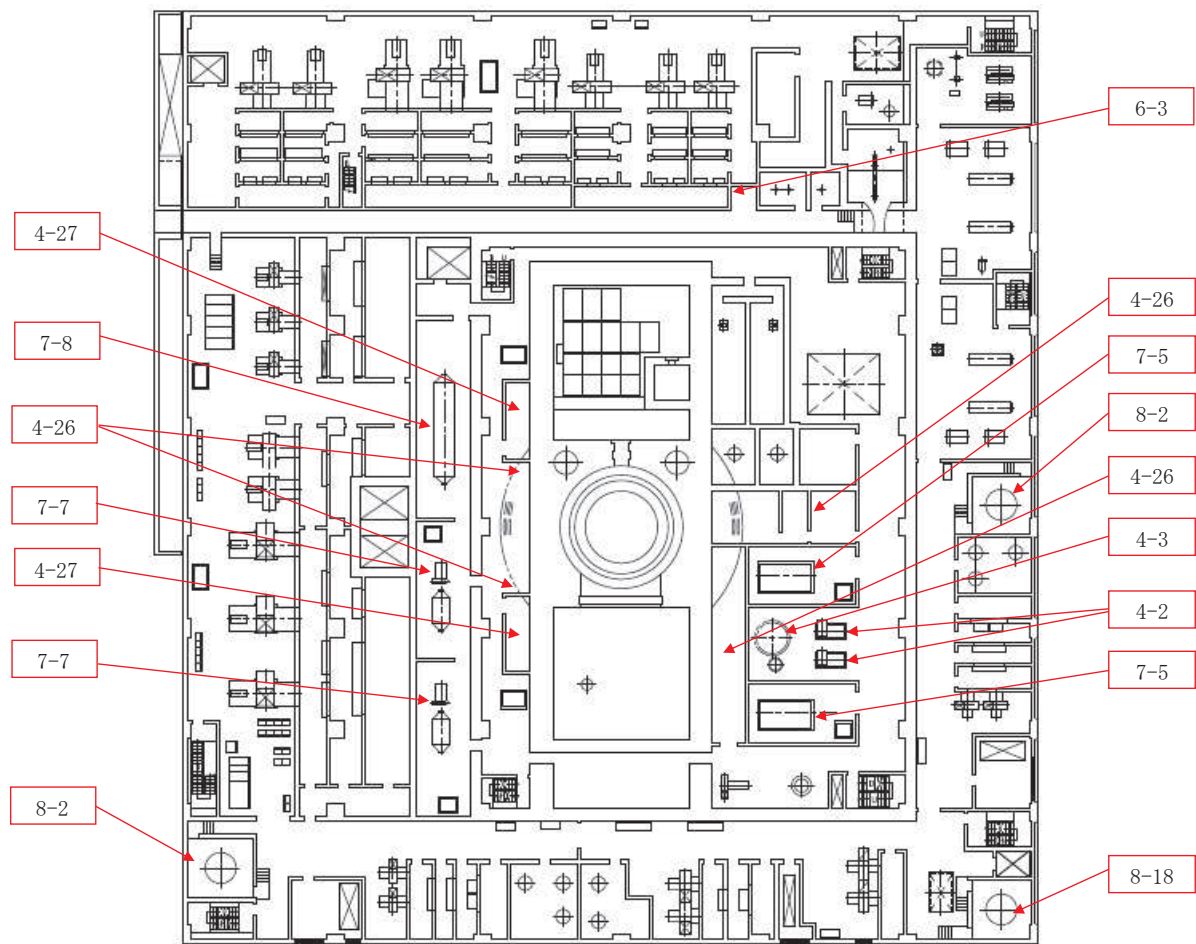


図 2.1-2 主な津波防護対象設備の配置 (2/14)

原子炉建屋 M2F

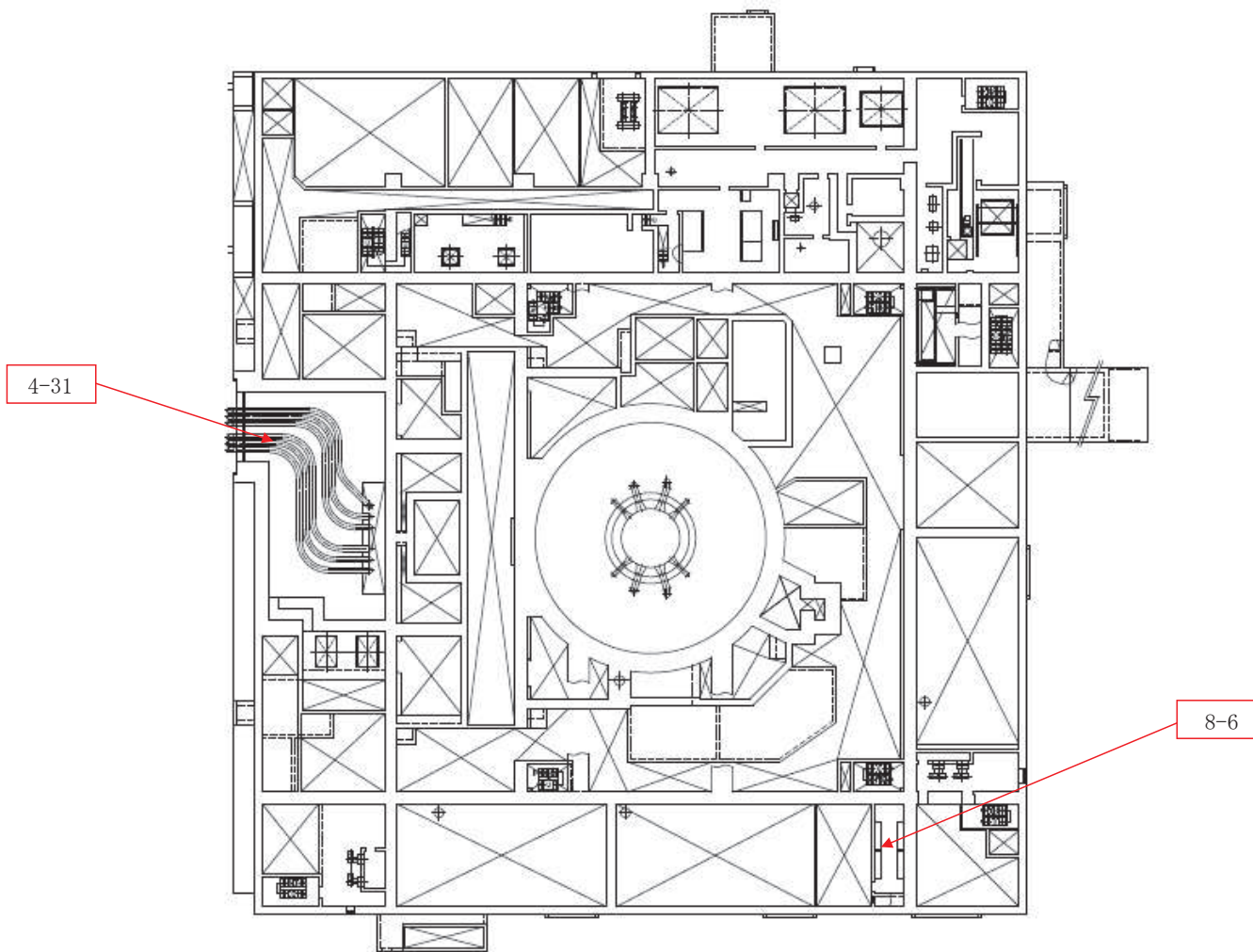


図 2.1-2 主な津波防護対象設備の配置 (3/14)

原子炉建屋 1F  
O. P. +14. 1m

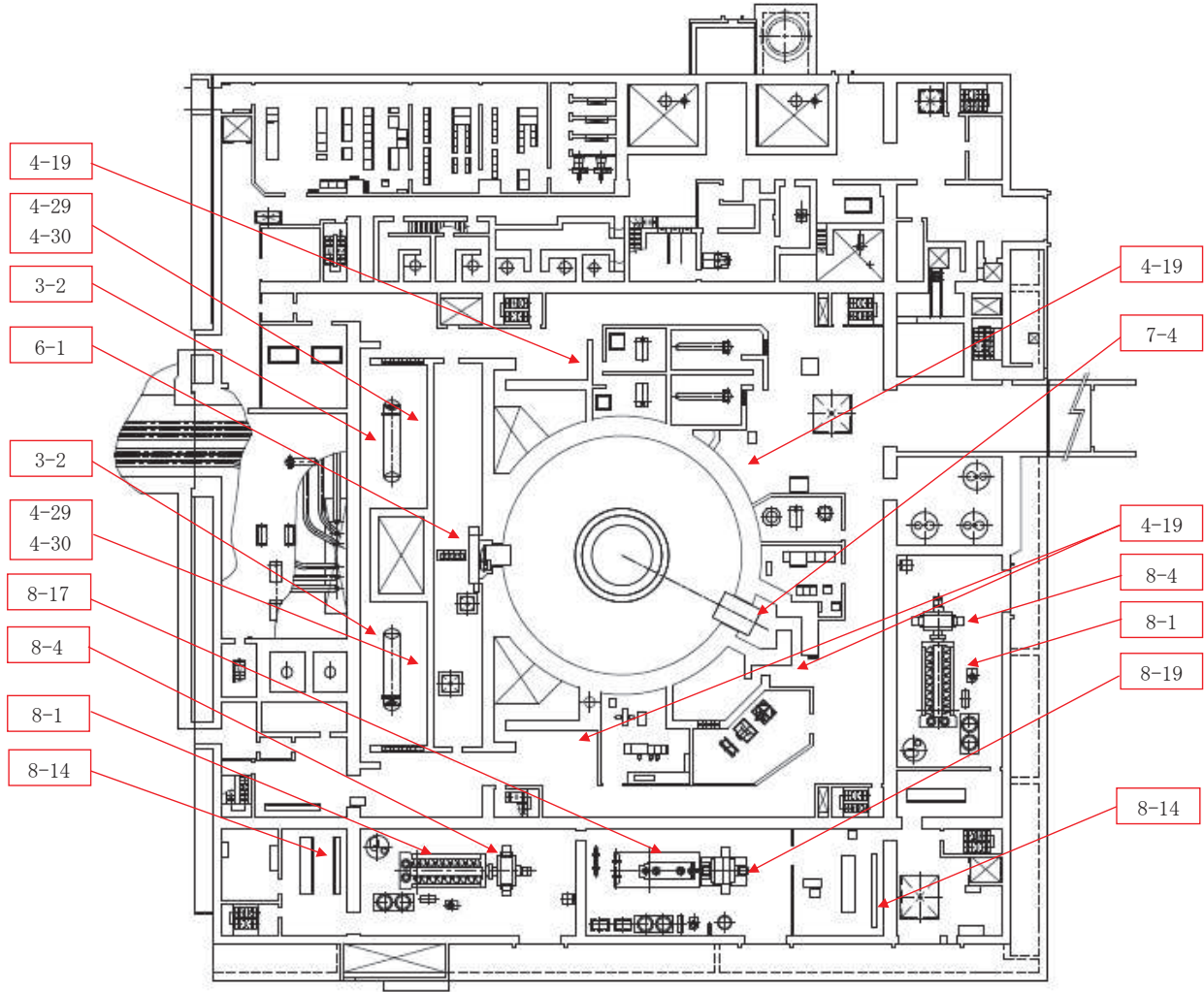


図 2.1-2 主な津波防護対象設備の配置 (4/14)

原子炉建屋 B1F  
O. P. +5.0m

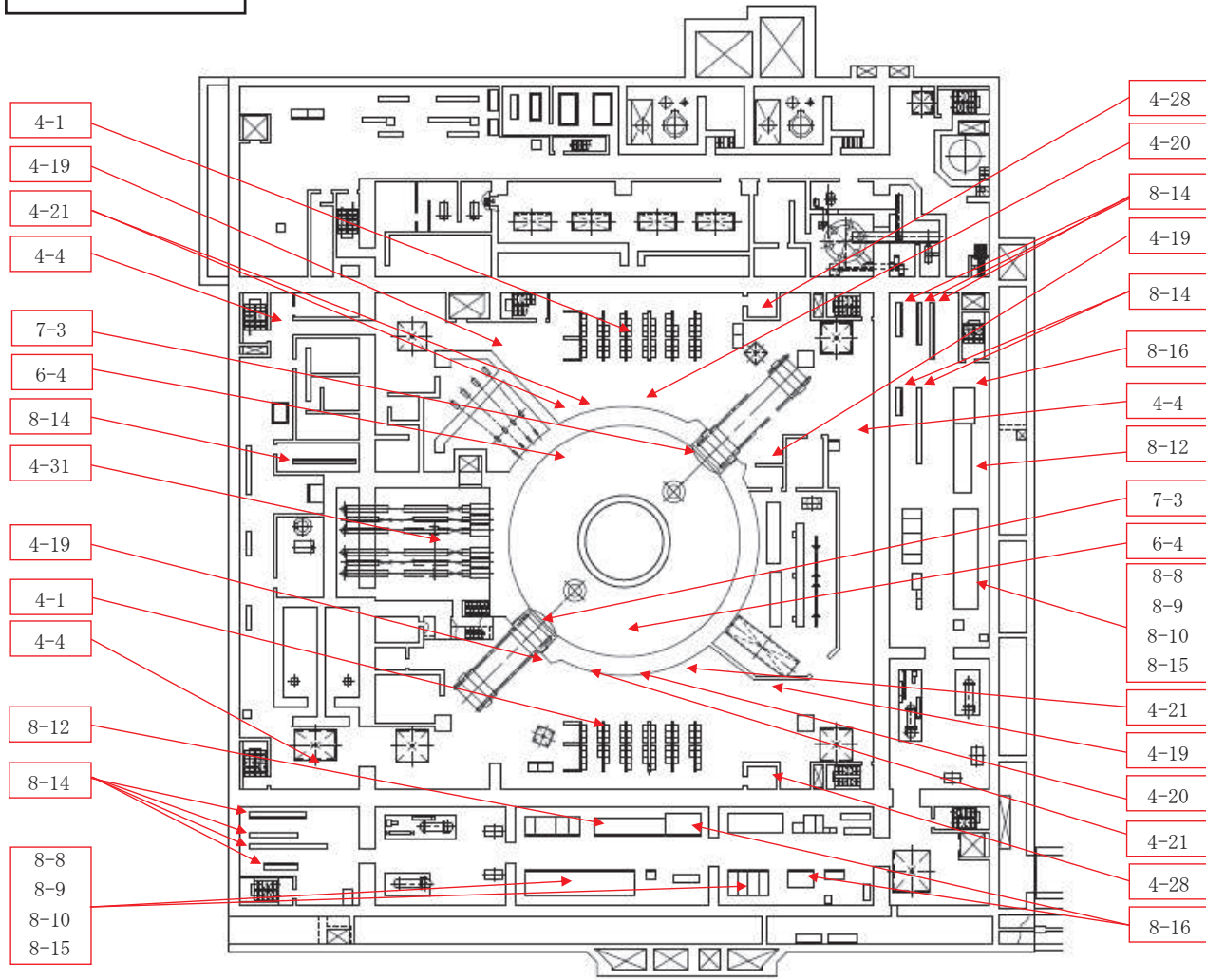


図 2.1-2 主な津波防護対象設備の配置 (5/14)

原子炉建屋 B2F  
O. P. -1.8m

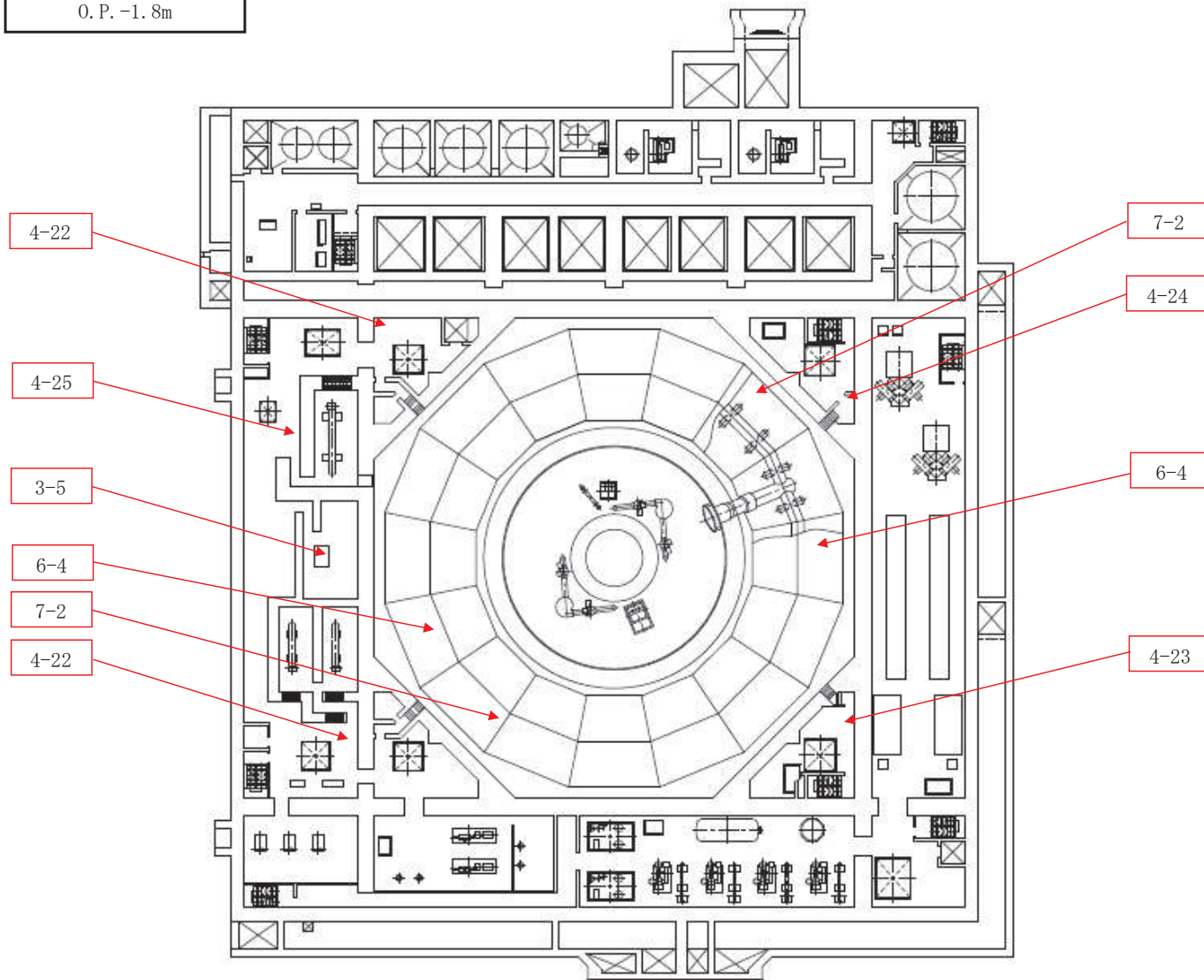


図 2.1-2 主な津波防護対象設備の配置 (6/14)

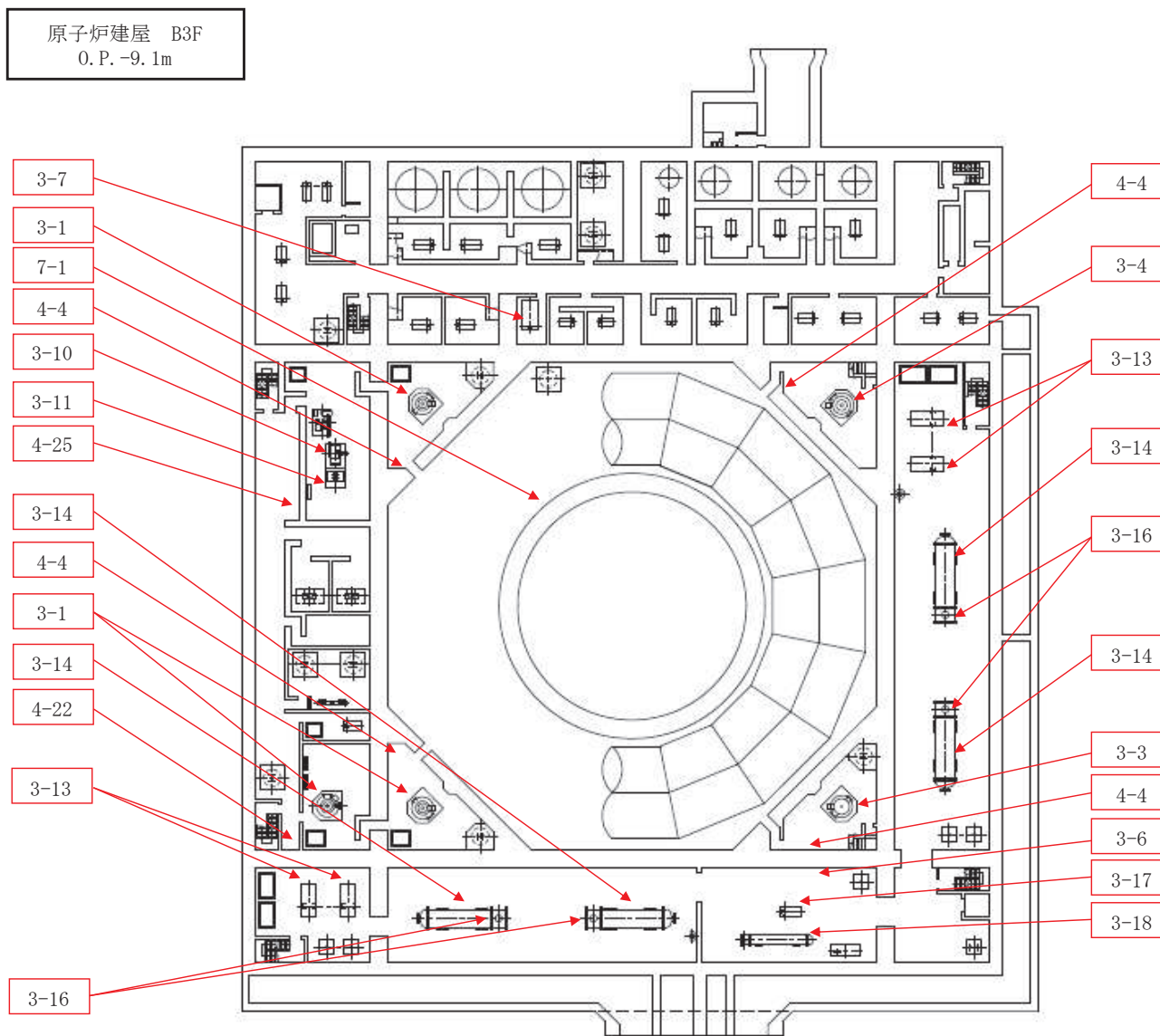
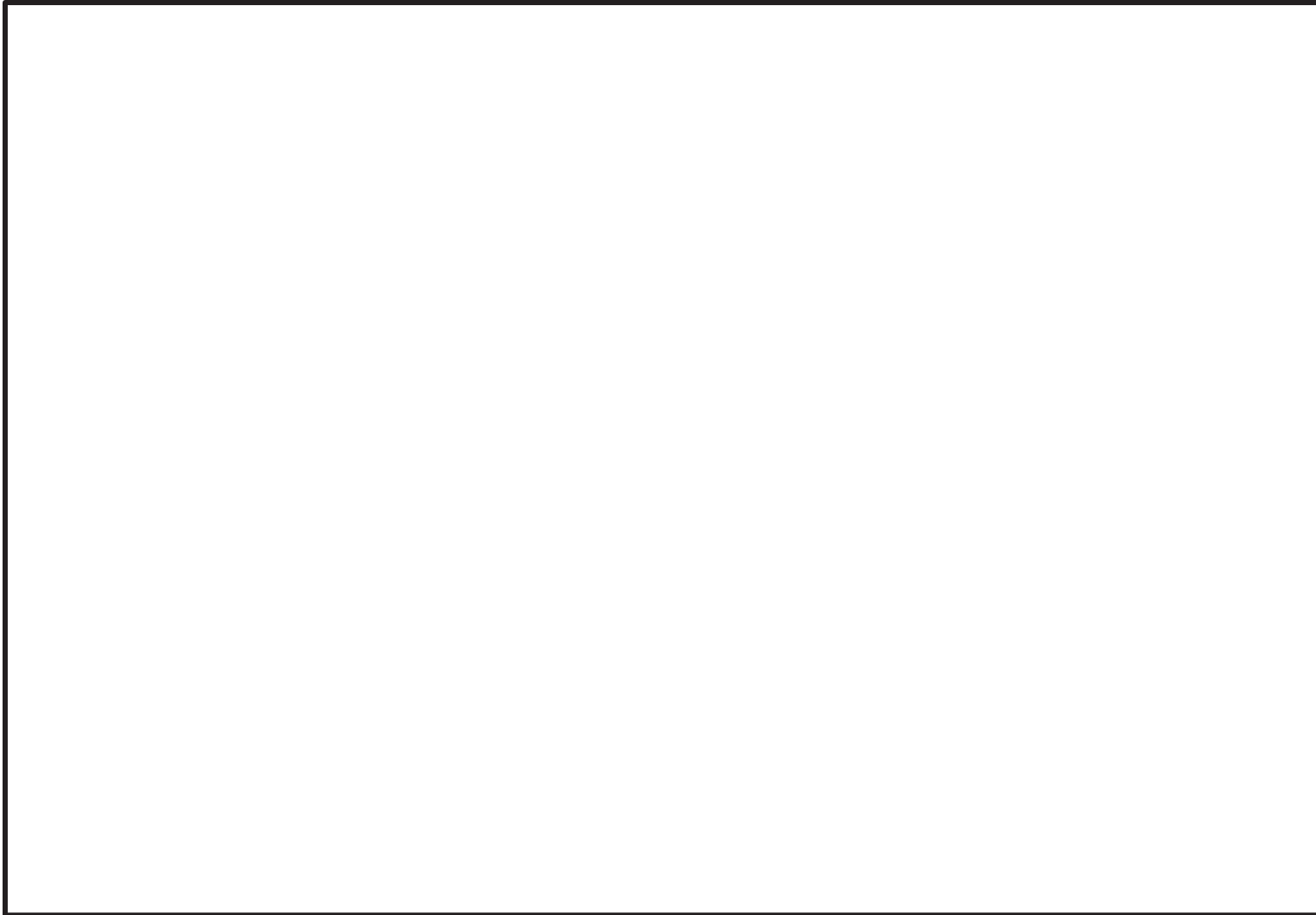


図 2.1-2 主な津波防護対象設備の配置 (7/14)





枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

図 2.1-2 主な津波防護対象設備の配置 (8/14)

制御建屋 M2F  
O. P. +10. 4m

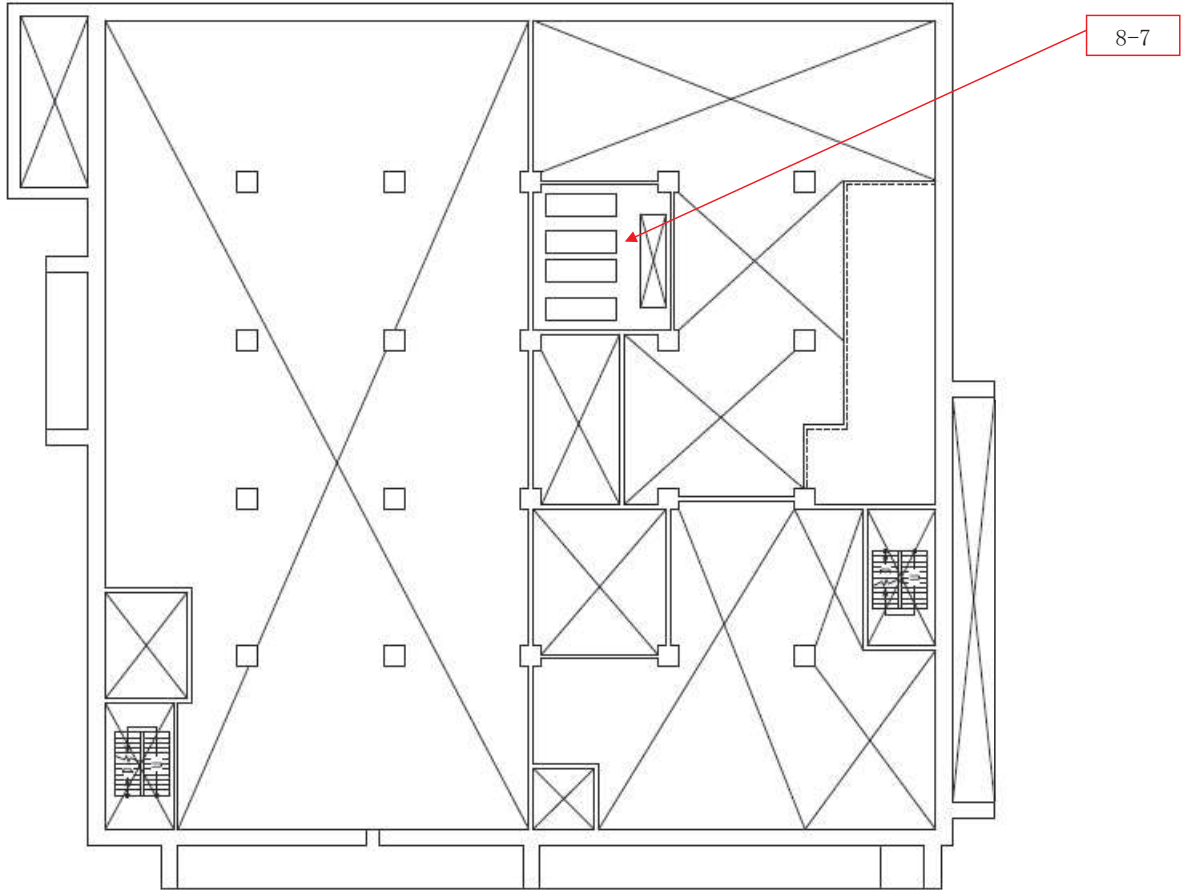


図 2. 1-2 主な津波防護対象設備の配置 (9/14)

制御建屋 B1F  
O. P. +7.0m

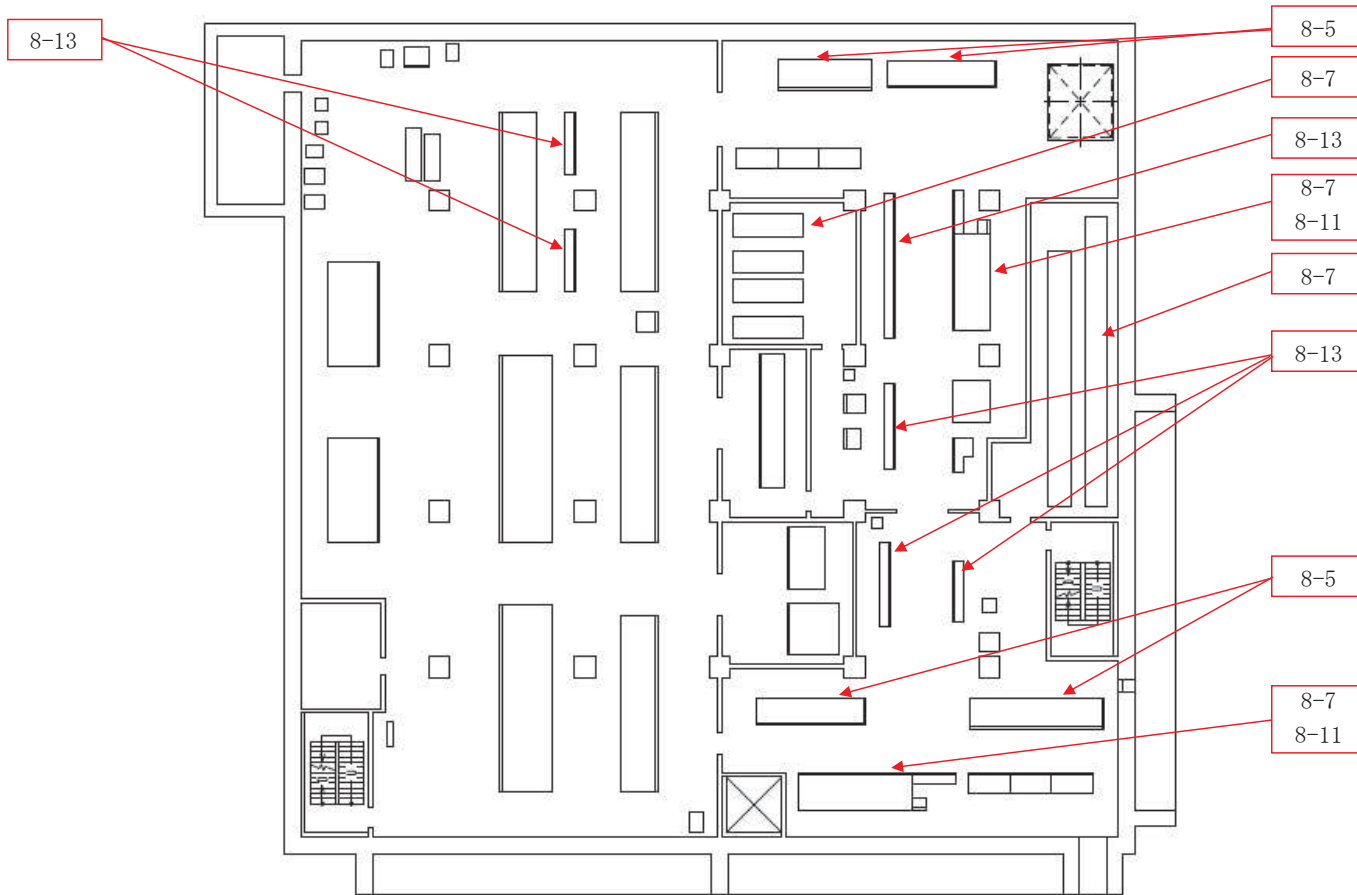


図 2.1-2 主な津波防護対象設備の配置 (10/14)

制御建屋 B2F  
O. P. +0.5m

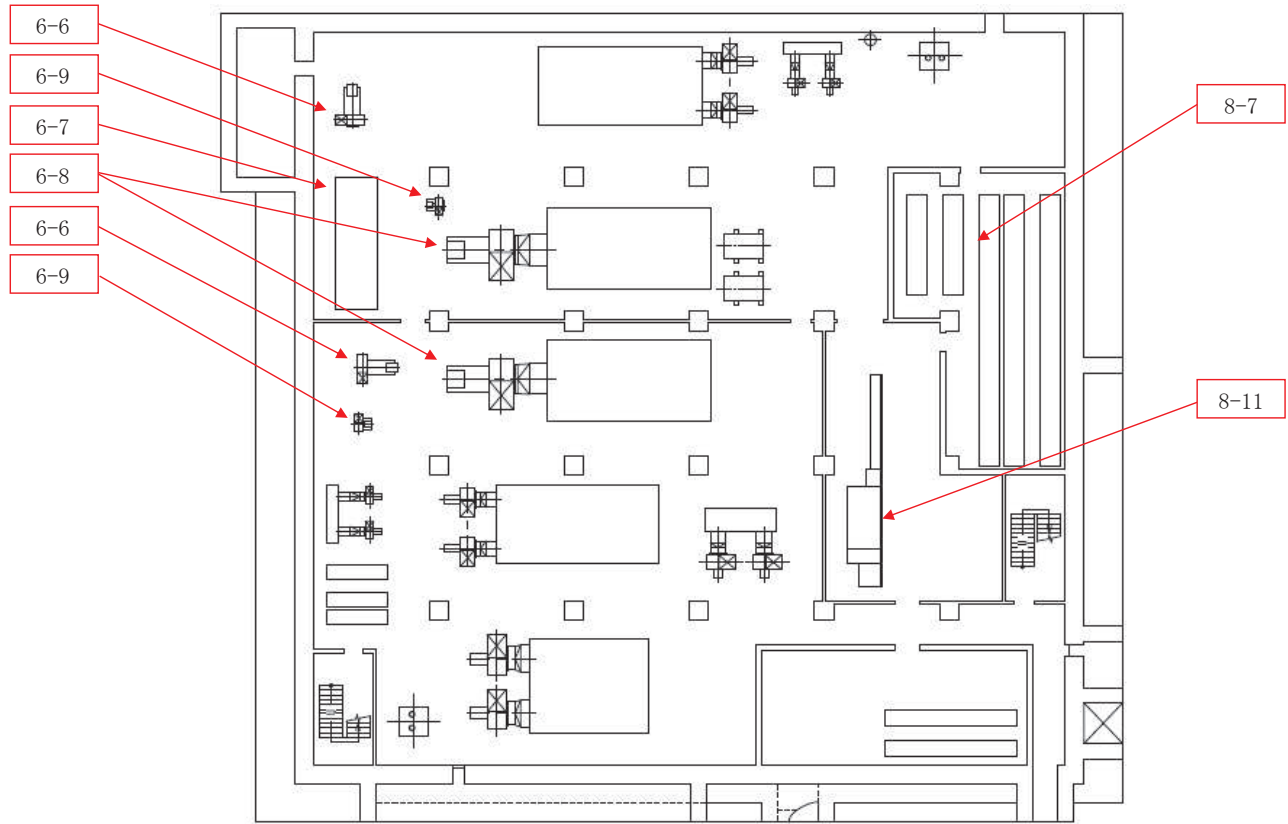


図 2.1-2 主な津波防護対象設備の配置 (11/14)

タービン建屋 B2F  
O.P. -0.2m

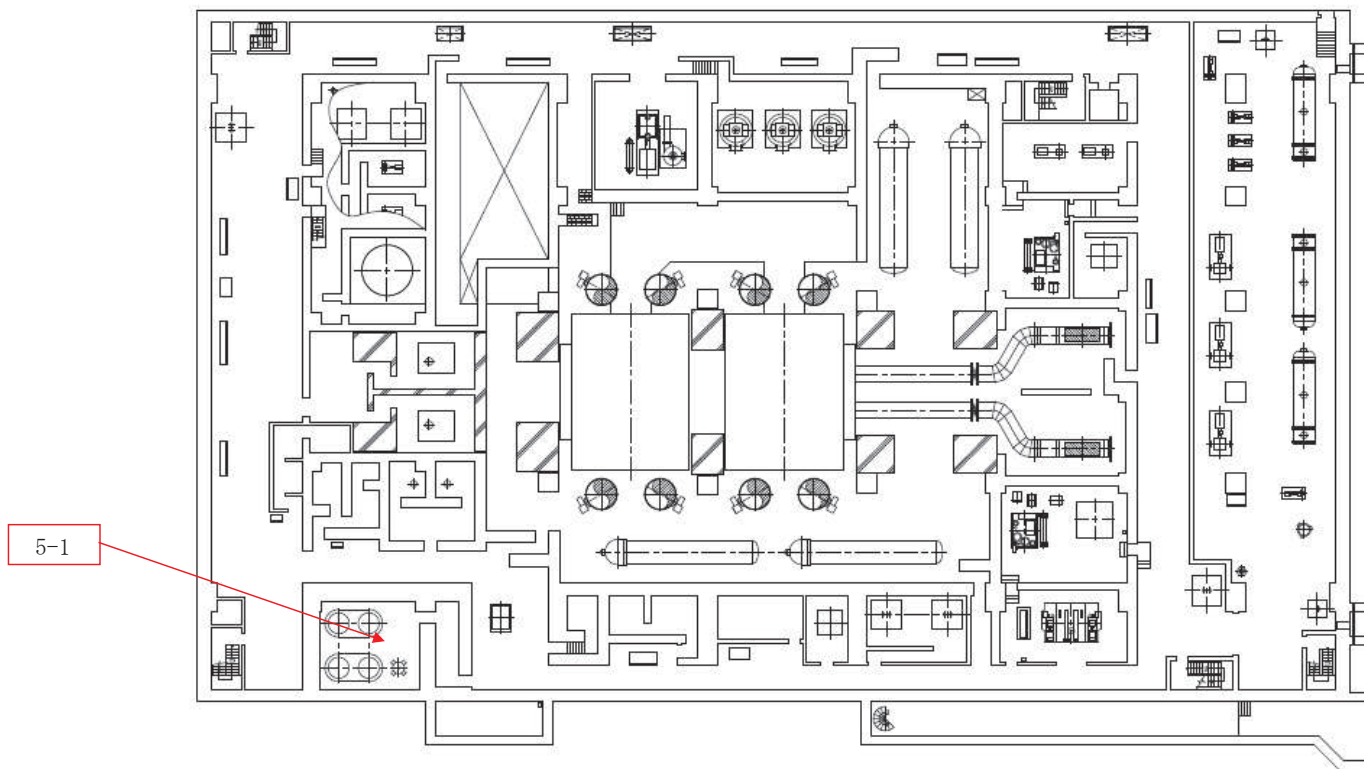
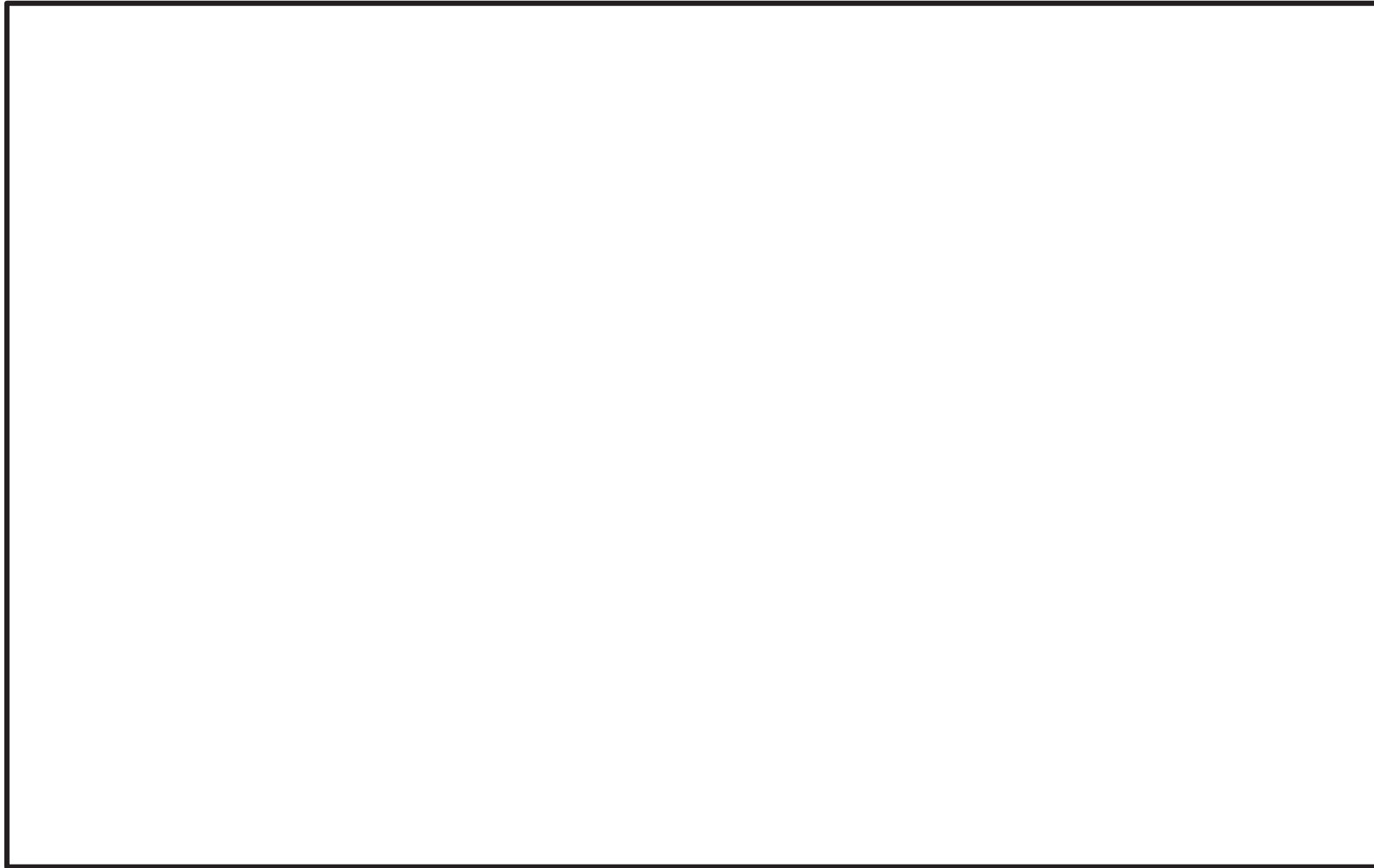


図 2.1-2 主な津波防護対象設備の配置 (12/14)



枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

図 2.1-2 主な津波防護対象設備の配置 (13/14)

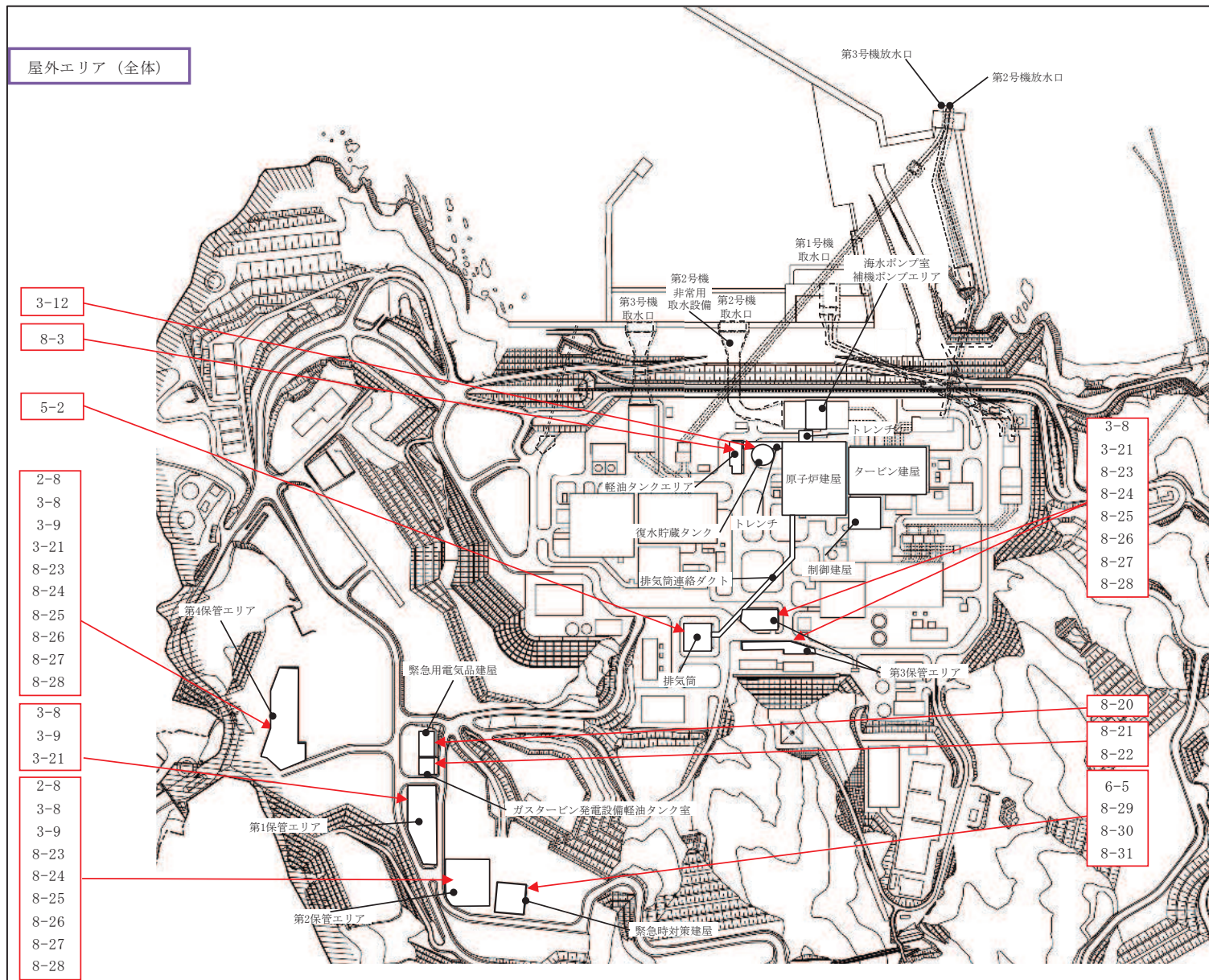


図 2.1-2 主な津波防護対象設備の配置 (14/14)

### 3. 取水性に関する考慮事項

#### 3.1 砂移動による影響確認について

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

具体的には、原子炉補機冷却海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ（以下「非常用海水ポンプ」という。）を対象に、基準津波による砂移動に対して、取水口及び取水路の通水性が確保できること、非常用海水ポンプ及び非常用海水系が浮遊砂の混入に対して機能保持できること、非常用海水ポンプ軸受の浮遊砂に対する耐性を確認する。

以下、3.1.1において非常用海水ポンプの砂移動による影響評価を示す。

##### 3.1.1 非常用海水ポンプの砂移動による影響評価

###### (1) 基準津波による砂移動評価における解析条件

砂移動評価における解析条件（粒径の違い、防波堤の有無）について、以下の影響評価を実施した。

- a. 砂移動評価における粒径の違いによる堆積厚さへの影響評価
- b. 防波堤をモデル化しない状態での堆積厚さへの影響評価

影響評価結果を踏まえて設定した解析条件による第2号機取水口前面における砂の堆積厚さは、最大で約0.3mとなった。

津波襲来後における取水口前の海底面は0.P. -8.3m（0.P. -7.5mに基準津波による地盤沈下量0.72mを考慮した値）である。これに対して、貯留堰高さは0.P. -7.1m（0.P. -6.3mに基準津波による地盤沈下量0.72mを考慮した値）であり、海底面高さより約1.2m高い位置にある。

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

また、上記の評価のほか、以下に示す評価を実施した。

- c. 平均粒径よりも大きな粒径を有する砂の浮遊可能性評価

この結果、平均粒径よりも粒径が大きい砂ほど浮遊しにくいことを確認した。

以下に、a.～c.の評価結果を示す。

- a. 砂移動評価における粒径の違いによる堆積厚さへの影響評価

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

検討は、基本ケースである敷地周辺海域の平均粒径0.215mm ( $D_{50}$ )に加えて、10%粒径 ( $D_{10}$ )及び90%粒径 ( $D_{90}$ )を粒径としたケースを追加した。検討ケース



を表 3.1.1-1 に示す。各試料採取地点の粒径加積曲線より、 $D_{10}$ 相当は 0.146mm、 $D_{90}$ 相当は 0.389mm に設定した。試料採取地点を図 3.1.1-1、各試料採取地点の粒径加積曲線を図 3.1.1-2 に示す。

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

図 3.1.1-3 から、粒径を変えることにより評価地点によって堆積厚さに変動はあるものの、第 2 号機取水口前面における最大堆積厚さ(約 0.3m)については変化がなく、粒径の違いによる堆積厚さへの影響は小さいことを確認した。

表 3.1.1-1 検討ケース

粒径	備考
0.215mm	$D_{50}$ , 基本ケース (既往ケース)
0.389mm	$D_{90}$ 相当
0.146mm	$D_{10}$ 相当

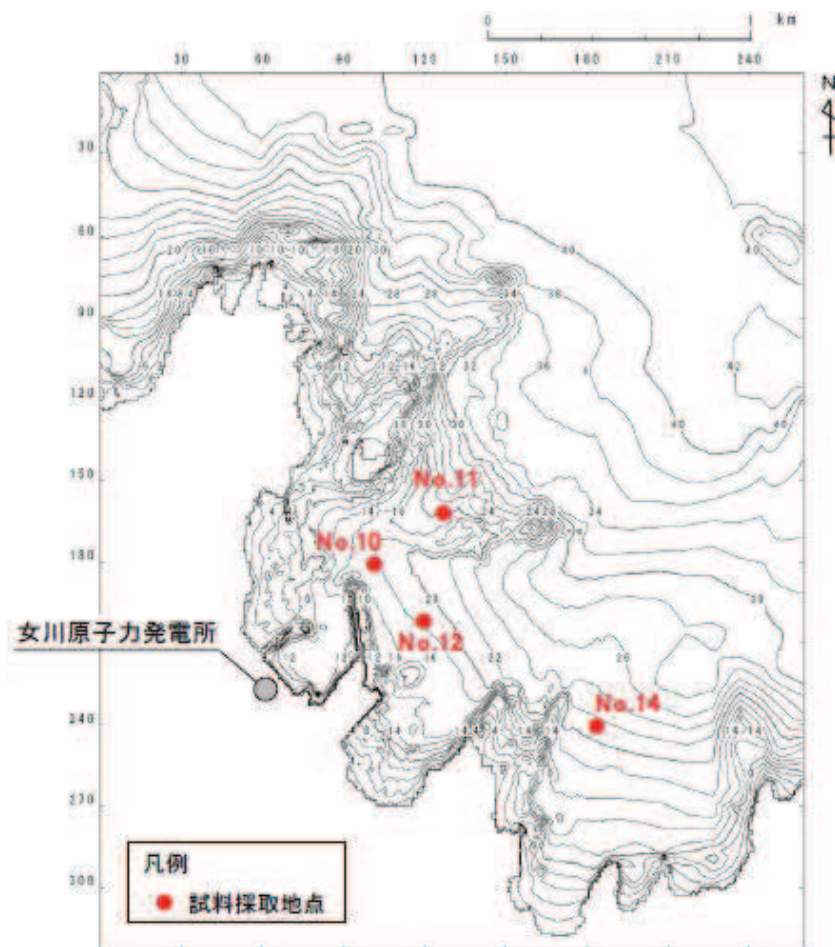


図 3.1.1-1 試料採取地点

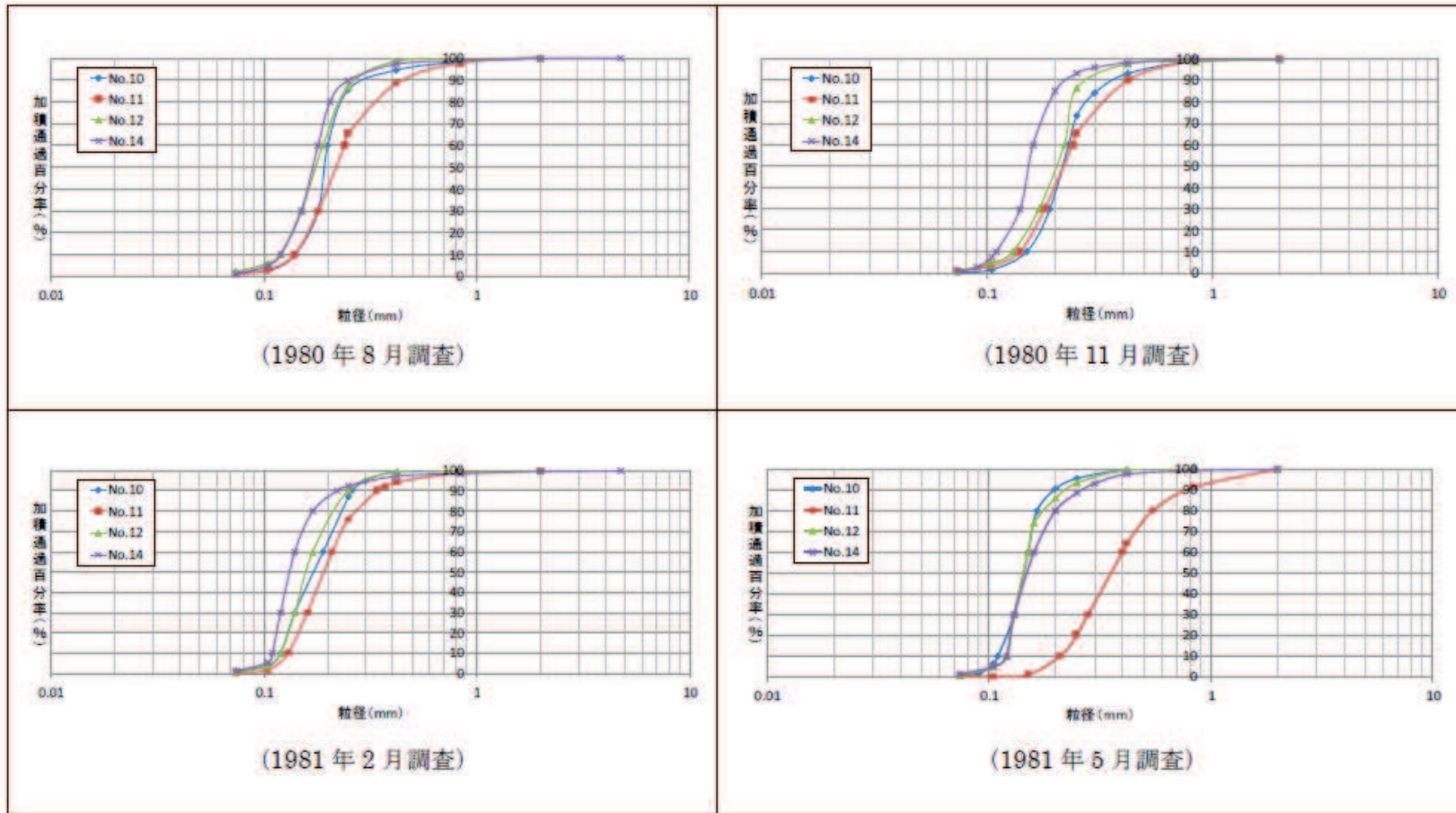


図3.1.1-2 (1) 粒径加積曲線

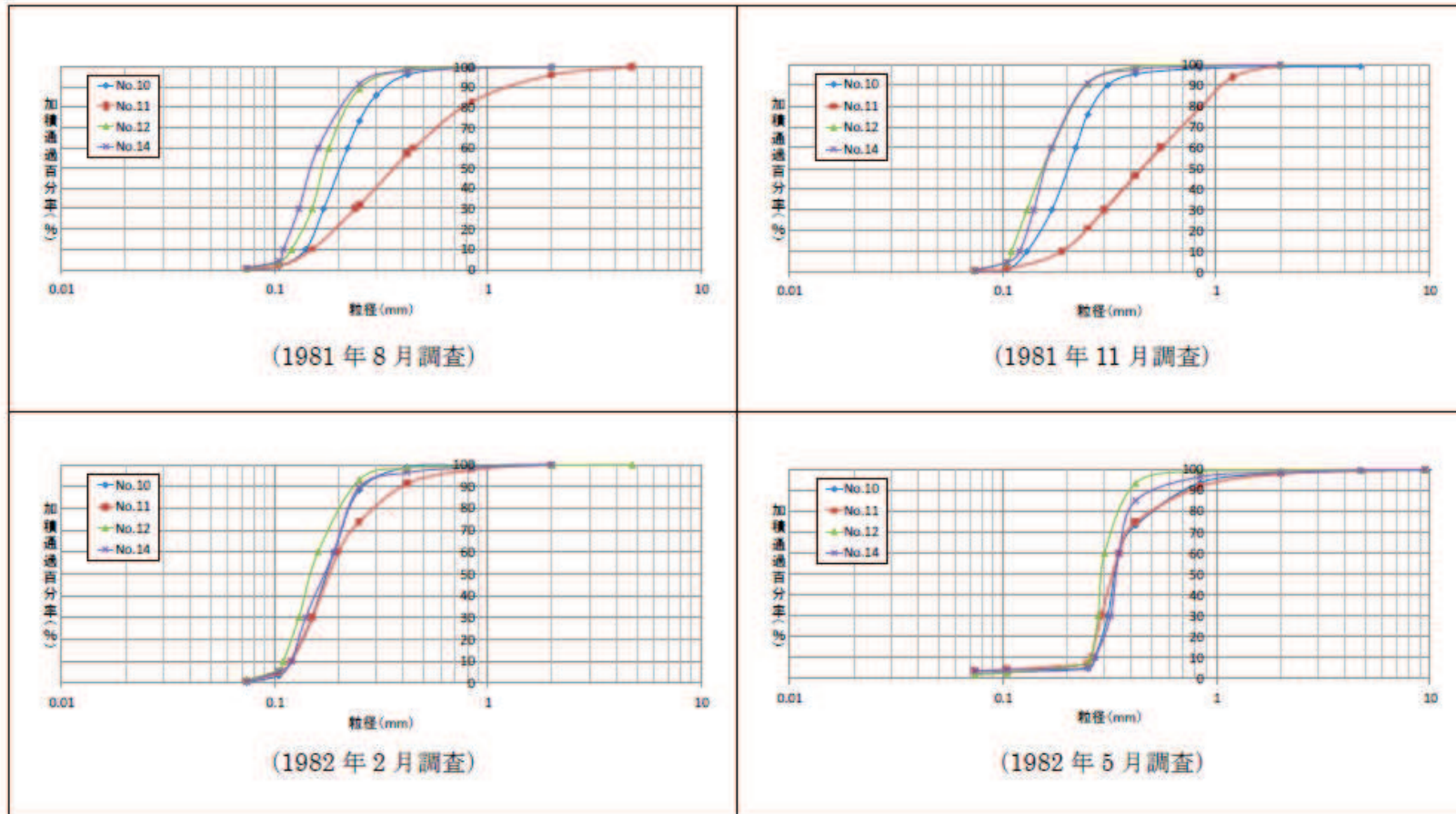


図3.1.1-2 (2) 粒径加積曲線

表3.1.1-2 取水口前面の砂の堆積厚さ

	波源モデル	粒径	取水口前面堆積厚さ (m)		
			第1号機	第2号機	第3号機
基準津波 (水位上昇側)	海溝側強調モデル	D50 相当 (0.215mm)	0.17	0.22	0.19
		D90 相当 (0.389mm)	0.14	0.24	0.22
		D10 相当 (0.146mm)	0.16	0.20	0.16
基準津波 (水位下降側)	すべり量割増モデル	D50 相当 (0.215mm)	0.34	0.18	0.30
		D90 相当 (0.389mm)	0.22	0.09	0.35
		D10 相当 (0.146mm)	0.27	0.16	0.30

注1：取水口前面の堆積厚さは、取水路横断方向の堆積厚さの最大値とした。

注2：高橋ほか（1999），浮遊砂濃度の上限値 1%

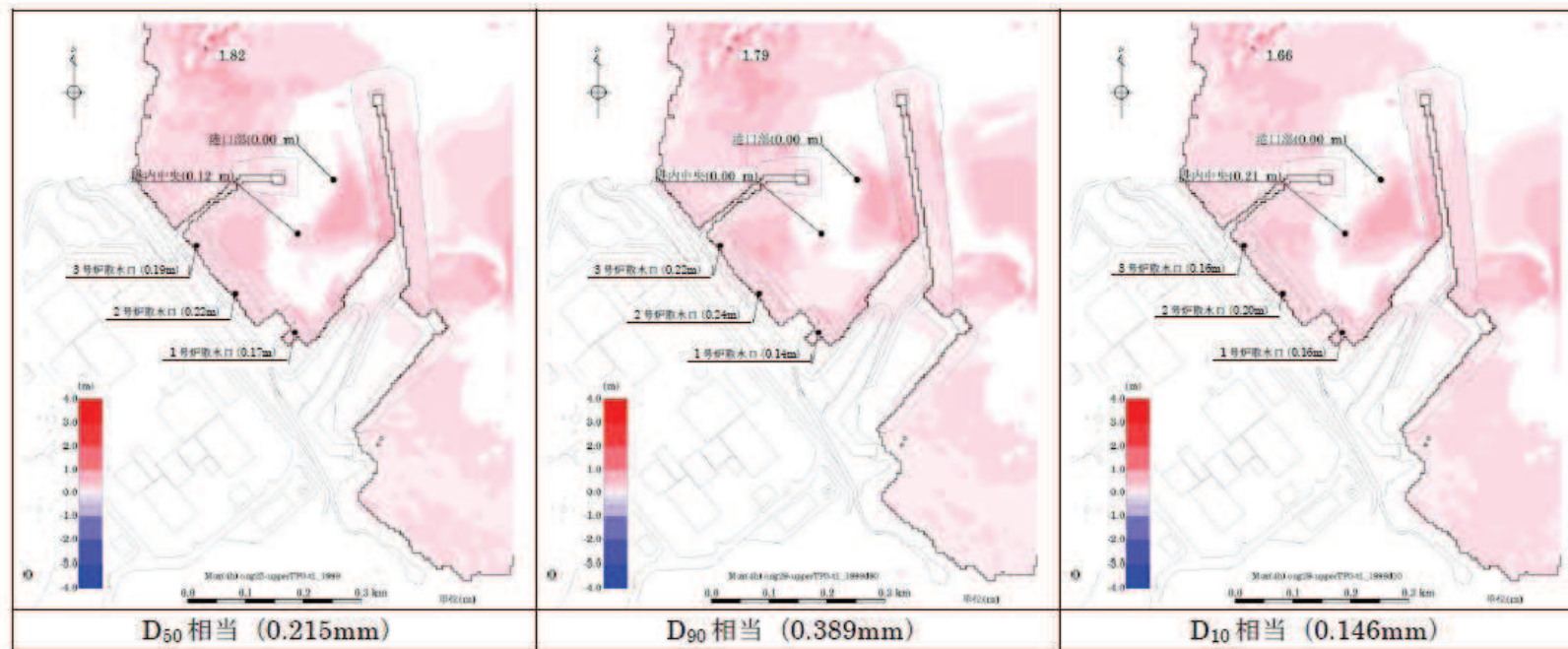


图3.1.1-3 (1) 最大堆積厚分布图 (基準津波：水位上昇側)

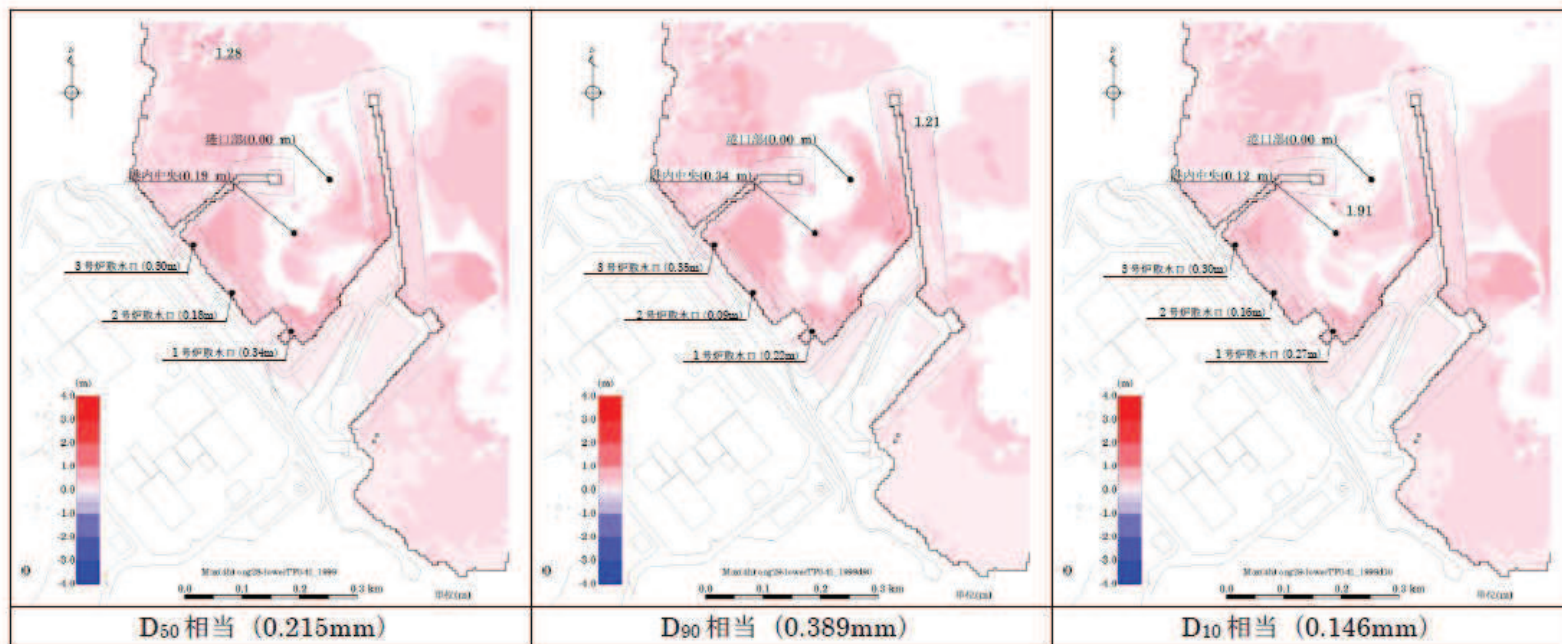


图3.1.1-3 (2) 最大堆積厚分布図 (基準津波：水位下降側)

b. 防波堤をモデル化しない状態での堆積厚さへの影響評価

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

取水口前面における堆積厚さの評価結果を表 3.1.1-3，防波堤の有無による最大堆積厚布図を図 3.1.1-4 に示す。図 3.1.1-4 から，防波堤の有無による敷地周辺海域の砂の堆積厚さの分布に変化があるものの，第 2 号機取水口前面における最大堆積厚さ（約 0.3m）については変化がなく，防波堤の有無による堆積厚さへの影響は小さいことを確認した。

表3.1.1-3 防波堤の有無による取水口前面の堆積厚さ

	波源モデル	防波堤	取水口前面堆積厚さ (m)		
			第 1 号機	第 2 号機	第 3 号機
基準津波 (水位上昇側)	海溝側強調モデル	あり	0.17	0.22	0.19
		なし	0.03	0.14	0.13
基準津波 (水位下降側)	すべり量割増モデル	あり	0.34	0.18	0.30
		なし	0.08	0.16	0.20

注 1：取水口前面の堆積厚さは，取水路横断方向の堆積厚さの最大値とした。

注 2：高橋ほか（1999），浮遊砂濃度の上限値 1%

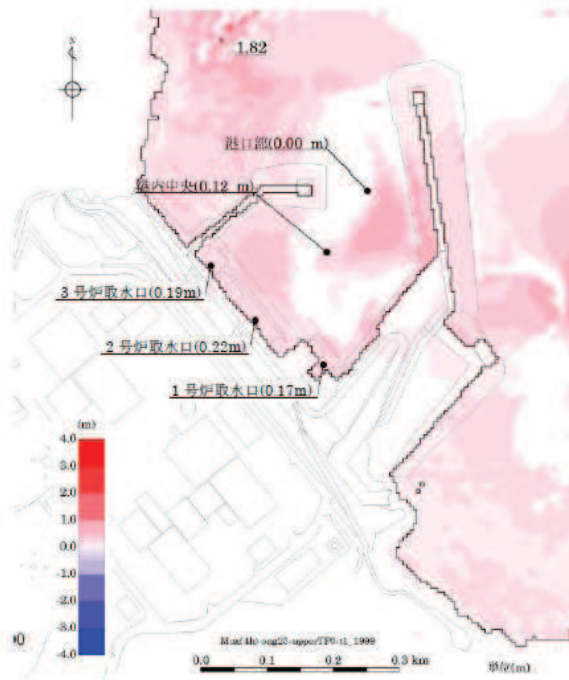


図3.1.1-4 (1) 最大堆積厚分布図 (防波堤あり：水位上昇側)

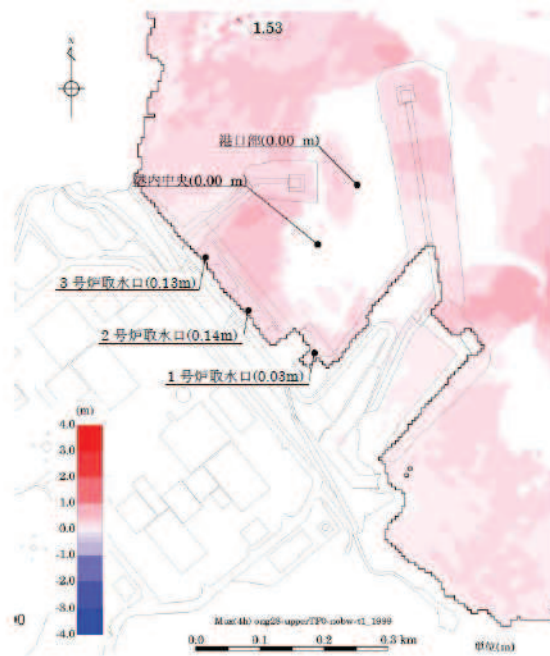


図3.1.1-4 (2) 最大堆積厚分布図 (防波堤なし：水位上昇側)



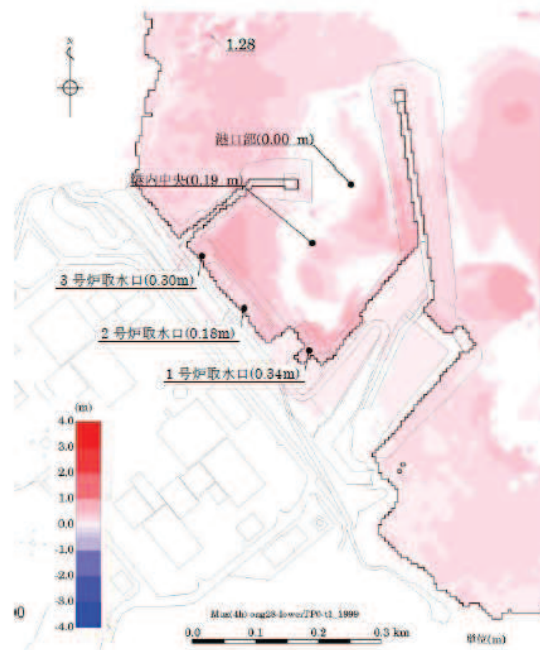


図3.1.1-4 (3) 最大堆積厚分布図 (防波堤あり：水位下降側)

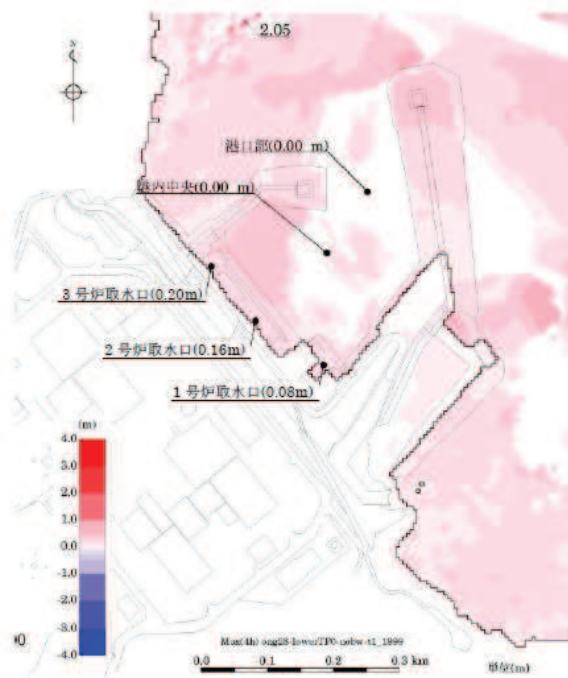


図3.1.1-4 (4) 最大堆積厚分布図 (防波堤なし：水位下降側)

c. 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、各熱交換器を経て、最終的に放水路から放水される。大きな粒径を有する砂が供給される場合は、非常用海水ポンプの軸固着又は、海水系機器の閉塞が懸念されることから、ここでは平均粒径よりも大きな粒径を有する砂の浮遊可能性について、一般的な技術知見を用いて評価を実施した。

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

① 沈降速度（Rubey 式（河川・海岸の砂移動で一般的に使用））

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

wf：土砂の沈降速度，s：土砂の水中比重，g：重力加速度(=9.8)，  
d：土砂の粒径，ν：水の動粘性係数(≒1.0×10<sup>-6</sup>m<sup>2</sup>/s)

② 移動形態（荒井・清水「現場のための水理学3」）\*

掃流卓越領域…………… $\frac{u^*}{w_f} < 1.08$

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

浮遊卓越領域…………… $1.67 < \frac{u^*}{w_f}$

\* 土砂粒子の浮遊速度と沈降速度の関係から導出した理論式。

③ 底面摩擦速度（岩垣式（河川・海岸の砂移動で一般的に使用））

$$\begin{aligned} d \geq 0.303 \text{ cm} ; u_{*c}^2 &= 80.9d \\ 0.118 \leq d \leq 0.303 \text{ cm} ; &= 134.6d^{31/32} \\ 0.0565 \leq d \leq 0.118 \text{ cm} ; &= 55.0d \\ 0.0065 \leq d \leq 0.0565 \text{ cm} ; &= 8.41d^{11/32} \\ d \leq 0.0065 \text{ cm} ; &= 226d \end{aligned}$$

u\*c：底面摩擦速度

①～③を摩擦速度と粒径の関係で整理すると図 3.1.1-5 となり、平均粒径よりも大きな粒径を有する砂は浮遊しにくい。

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

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

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

摩擦速度は  $u_*$  で表される。ここで、 $n$  はマニングの粗度係数、 $U$  は流速、 $D$  は全水深である。マニングの粗度係数は  $n : 0.03\text{m}^{-1/3} \cdot \text{s}$  (土木学会 2016) を用いた。流速  $U$  及び全水深  $D$  については、最大流速時における流速 (1.9m/s) と全水深 (27.0m)、最高水位時における流速 (1.3m/s) と全水深 (28.3m) 及び最低水位時における流速 (0.3m/s) と全水深 (0.2m) とした。

計算の結果、最大流速時の摩擦速度は 10.4cm/s、最高水位時の摩擦速度は 7.1cm/s、最低水位時の摩擦速度は 3.5cm/s となった。これらを考慮すると、取水口前面の摩擦速度は主に 3.5~10.4cm/s の範囲内になると考えられる。

粒径については粒径加積曲線の結果から、女川原子力発電所前面における平均粒径 ( $D_{50}$ ) は 0.215mm であり、 $D_{90}$  相当は 0.389mm である。

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

なお、非常用海水ポンプの軸受には、異物混入による軸受の損傷を防止するため、異物逃がし溝 (最小約 2.5mm) が設けられている。砂の粒径の 90% を占める  $D_{90}$  相当でも粒径は 0.389mm であり、最小約 2.5mm を大きく下回る。このため、非常用海水ポンプの取水時に浮遊砂の一部がポンプ軸受に混入したとしても、異物逃がし溝から排出される構造となっている。

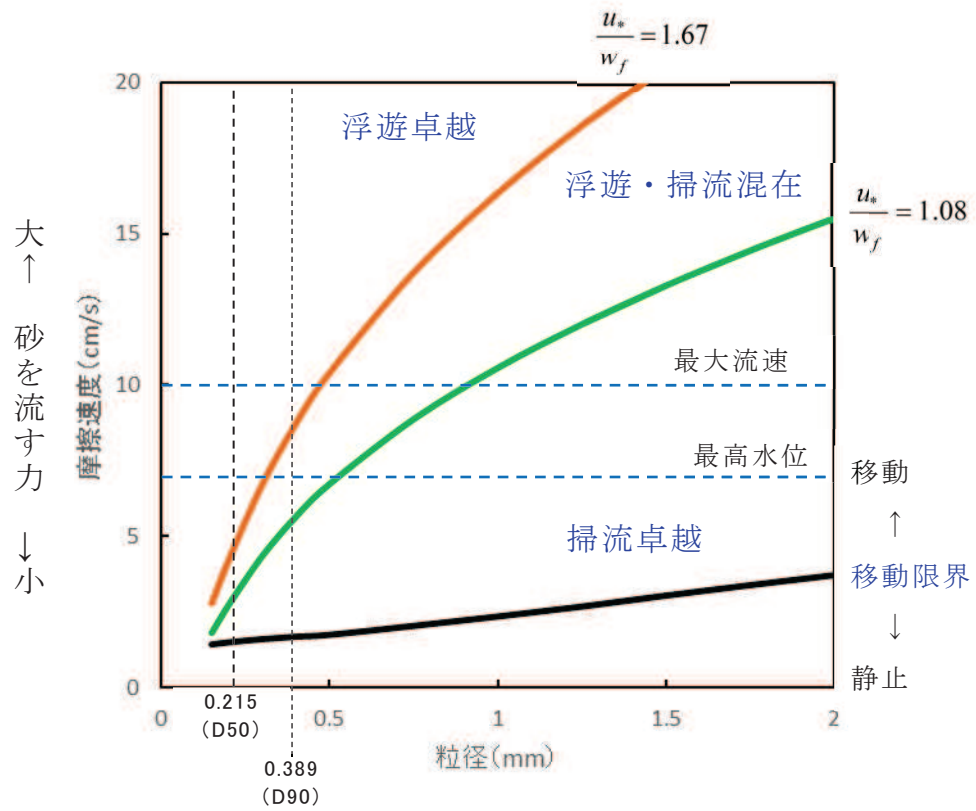


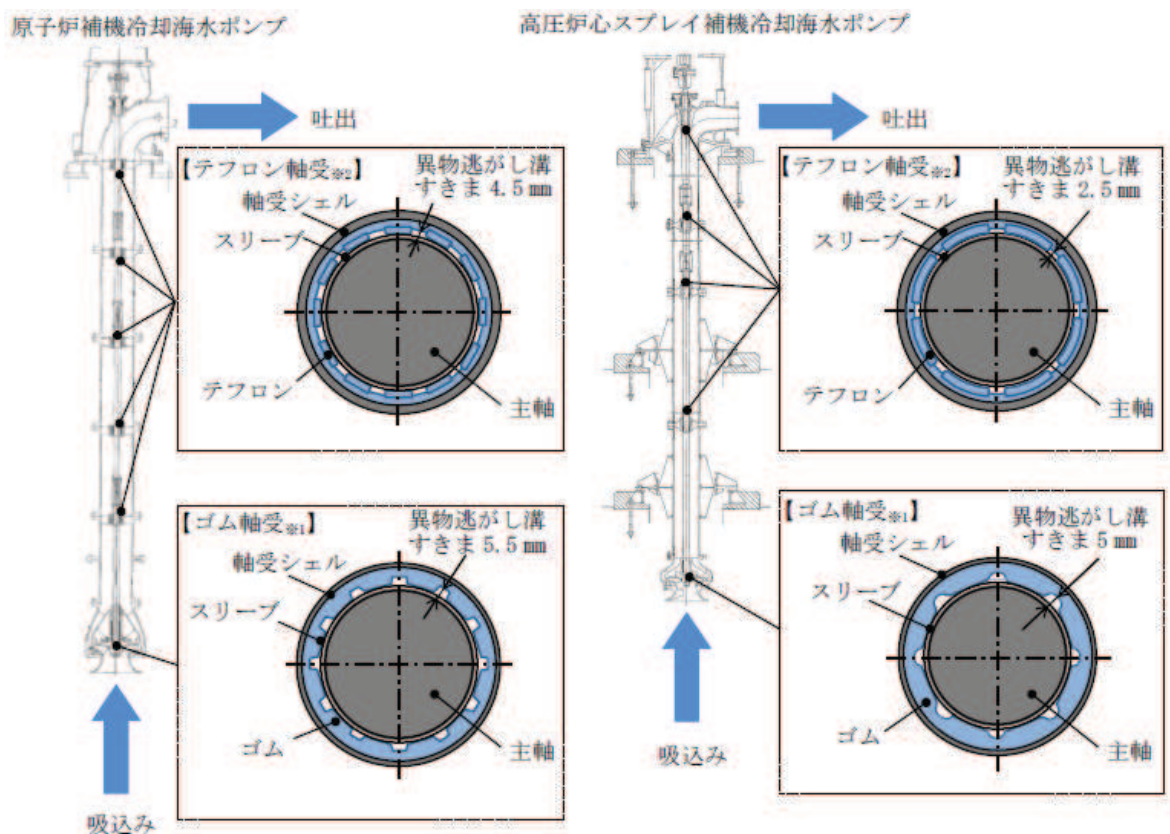
図 3.1.1-5 摩擦速度と粒径の関係

(2) 砂混入時の非常用海水ポンプへの影響評価

a. 砂混入時の非常用海水ポンプ取水機能維持の確認

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

非常用海水ポンプの軸受には、異物混入による軸受の損傷を防止するため、異物逃がし溝（テフロン軸受：原子炉補機冷却海水ポンプ 4.5mm，高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ 2.5mm，ゴム軸受：原子炉補機冷却海水ポンプ 5.5mm，高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ 5mm）が設けられている。このため、非常用海水ポンプの取水時に浮遊砂の一部がポンプ軸受に混入したとしても、異物逃がし溝から排出される構造となっている。非常用海水ポンプの軸受配置図を図 3.1.1-6 に示す。



※ 1 : ポンプ起動時に水没状態である箇所に適用

※ 2 : ポンプ起動時に水没状態ではない箇所に適用（焼き付き防止）

図 3.1.1-6 非常用海水ポンプ軸受配置図

これに対して、「(1)a. 砂移動評価における粒径の違いによる堆積厚さへの影響評価」に示したとおり発電所前面の海域を含む周辺の砂の平均粒径は約0.2mmで、数ミリ以上の粒子はごくわずかである。また、「(1)c. 平均粒径よりも大きな粒径を有する砂の浮遊可能性評価」に示したとおり、そもそも粒径数ミリの砂は浮遊し難いものであることを踏まえると、大きな粒径の砂はほとんど混入しないと考えられる。このため、非常用海水ポンプは、砂の混入に対して軸固着することはなく取水機能は維持できる。

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

b. 混入した浮遊砂に対する取水性確保（系統の評価）

非常用海水ポンプによる取水とともに海水系に混入する微小な浮遊砂は、ポンプ出口の海水ストレーナを通過し、各熱交換器を経て、最終的に放水路から放水される。

海水系の各機器の最小流路幅は、各熱交換器の伝熱管内径23mmであり、発電所前面の海域を含む周辺の砂の平均粒径である約0.2mmに対して十分大きい。このため、海水系の各機器の閉塞の可能性はないものと考えられ、非常用海水ポンプの取水機能は維持できる。

図3.1.1-7に非常用海水ポンプの概略系統図、表3.1.1-4に各熱交換器の最小流路幅を示す。

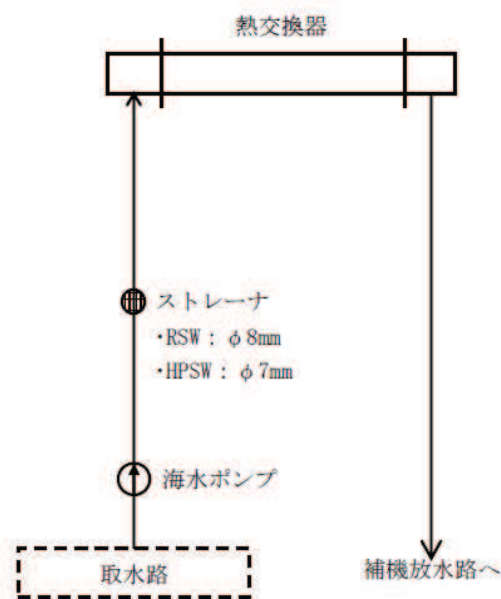


図 3.1.1-7 非常用海水ポンプの概略系統図

表 3.1.1-4 各熱交換器の最小流路幅

機器名称	伝熱管内径 (mm)
原子炉補機冷却系熱交換器	23.0
高圧炉心スプレイ補機 冷却系熱交換器	23.0

c. 非常用海水ポンプ軸受の浮遊砂耐性

非常用海水ポンプは、海水取水時に海水中に含まれる浮遊砂を吸い込み、軸受隙間に入り込む可能性を考慮し、砂が混入してもこれを排出することで機能維持可能な設計としている（図 3.1.1-6）。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、試験装置を用い、高濃度の浮遊砂濃度を模擬した試験を実施し、非常用海水ポンプ軸受の耐性を評価した。

評価の結果、基準津波時の浮遊砂が軸受に巻き込まれたとしても、軸受摩耗量は許容直径摩耗量以内であり、軸受の許容直径摩耗量に到達するまでの裕度（寿命）は原子炉補機冷却海水ポンプで 3 倍以上、高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプで 4 倍以上であるため、非常用海水ポンプ軸受の浮遊砂耐性に問題ない。以下に非常用海水ポンプ軸受の浮遊砂耐性の評価結果を示す。

(a) 軸受摩耗試験

各砂濃度（0.5wt%，1.0wt%，1.5wt%）を連続注入した場合の軸受及びスリーブの摩耗量を測定することを目的に軸受摩耗試験を実施した。図 3.1.1-8 に軸受摩耗試験装置の概要、表 3.1.1-5 に試験条件を示す。

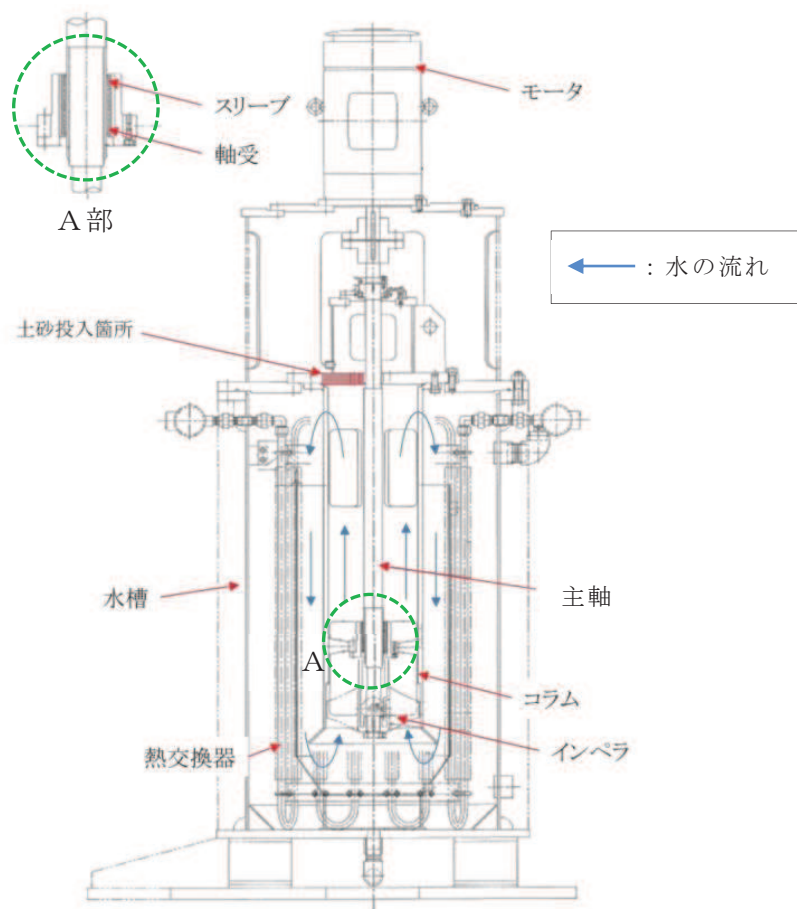


図 3.1.1-8 軸受摩耗試験装置概要図

表 3.1.1-5 軸受摩耗試験条件

項目	試験条件
試験砂濃度 [wt%]	0.5, 1.0, 1.5
使用砂	第2号機取水口前面より採取した砂
軸受材料	テフロン

非常用海水ポンプの軸受にはゴム軸受とテフロン軸受の2種類を使用しており、各材質毎の軸受摩耗量は軸受メーカーでの軸受摩耗試験結果（図3.1.1-9）及び公開文献「立軸ポンプ用セラミック軸受に関する研究」（図3.1.1-10）においてゴム軸受に比べテフロン軸受の摩耗量が大きい試験結果となっている。

よって、摩耗量の大きいテフロン軸受を代表として選定し軸受摩耗試験を実施した。



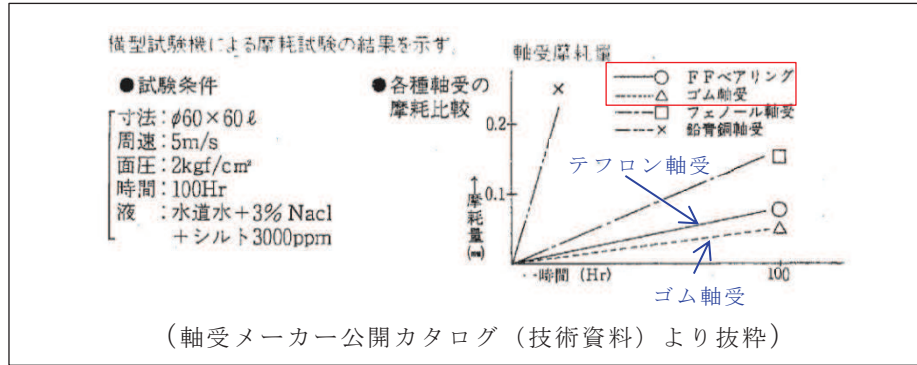


図3.1.1-9 軸受メーカー摩耗試験結果

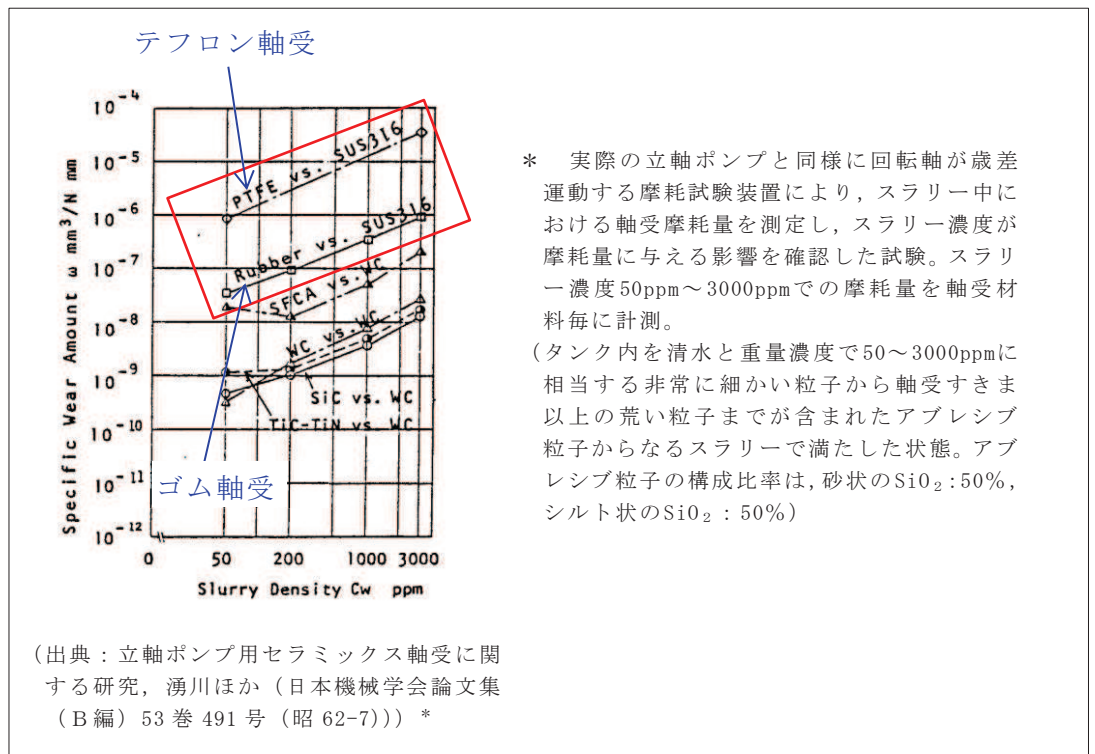


図3.1.1-10 ポンプ軸受摩耗量

各砂濃度での試験結果から得た軸受及びスリーブの摩耗量を用いて、算出式(①)により軸受及びスリーブの比摩耗量 $\omega$ を算出する。算出結果を表3.1.1-6に示す。

$$\omega = \frac{M}{F \cdot L} \dots (①)$$

$\omega$  : 比摩耗量 (mm<sup>3</sup>/N·m)

M : 摩耗体積 (mm<sup>3</sup>)

F : 軸受荷重 (N)

L : 走行距離 (m)

表 3.1.1-6 各浮遊砂濃度における比摩耗量算出結果

	比摩耗量 (mm <sup>3</sup> /N・m)	
	軸受	スリーブ
試験浮遊砂濃度 0.5wt%	$3.28 \times 10^{-4}$	$2.01 \times 10^{-4}$
試験浮遊砂濃度 1.0wt%	$3.02 \times 10^{-3}$	$3.31 \times 10^{-3}$
試験浮遊砂濃度 1.5wt%	$6.30 \times 10^{-3}$	$7.25 \times 10^{-3}$

(b) 基準津波時の軸受等摩耗量評価方法

軸受摩耗試験結果から求めた軸受及びスリーブの比摩耗量を用いて、基準津波時における「高橋ほか(1999)の手法(上限浮遊砂体積濃度1%)」による砂移動解析結果から浮遊砂が発生した時間での実機海水ポンプ軸受直径摩耗量及びスリーブ直径摩耗量を求める。求めた軸受直径摩耗量とスリーブ直径摩耗量の和がポンプ軸受とスリーブの許容直径摩耗量以内であることを確認する。許容直径摩耗量とは摺動面隙間(許容最大)から軸受及びスリーブ製作時最大公差を減じたものである。

また、1サイクル運転後に津波が襲来した場合を想定し、軸受直径摩耗量及びスリーブ直径摩耗量には、海水ポンプ1サイクル運転後の軸受部隙間(1サイクル運転後隙間増加量)を加えた保守的な評価とする。この隙間は、過去の点検記録から各軸受部(原子炉補機冷却海水ポンプ軸受部7箇所、高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ軸受部9箇所)の隙間量を平均化した中で最大となる値を用いた。

なお、浮遊砂平均濃度は浮遊砂濃度に変化が現れる時間から浮遊砂濃度が減少し収束する時間(原子炉補機冷却海水系:約46分間、高圧炉心スプレイ補機冷却海水系:約60分間)における浮遊砂濃度を平均化し算出した。原子炉補機冷却海水ポンプ近傍で0.05wt%、高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ近傍で0.17wt%となり、これらの浮遊砂平均濃度を用いることとする。海水ポンプ室の浮遊砂濃度を図3.1.1-11に示す。

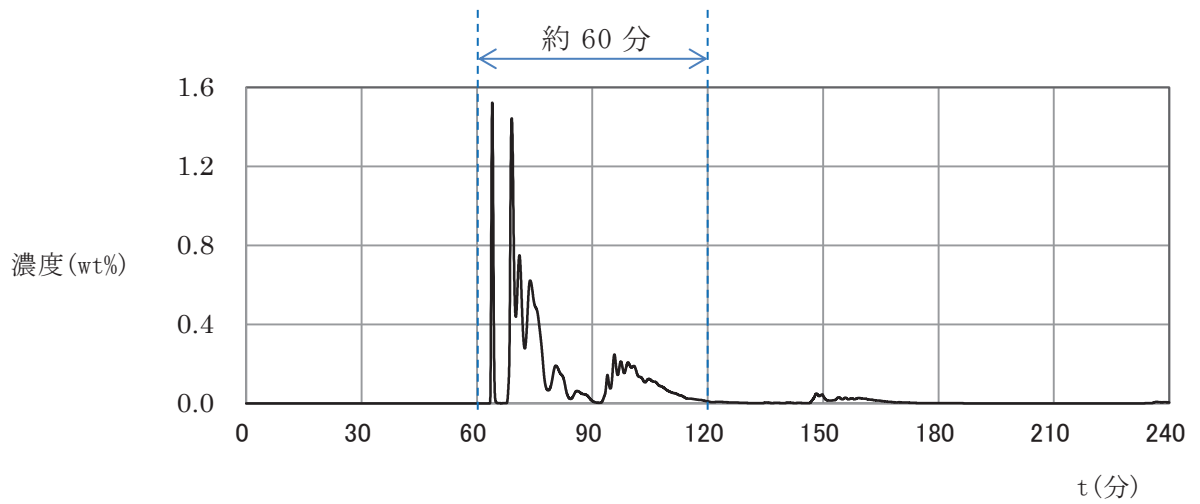
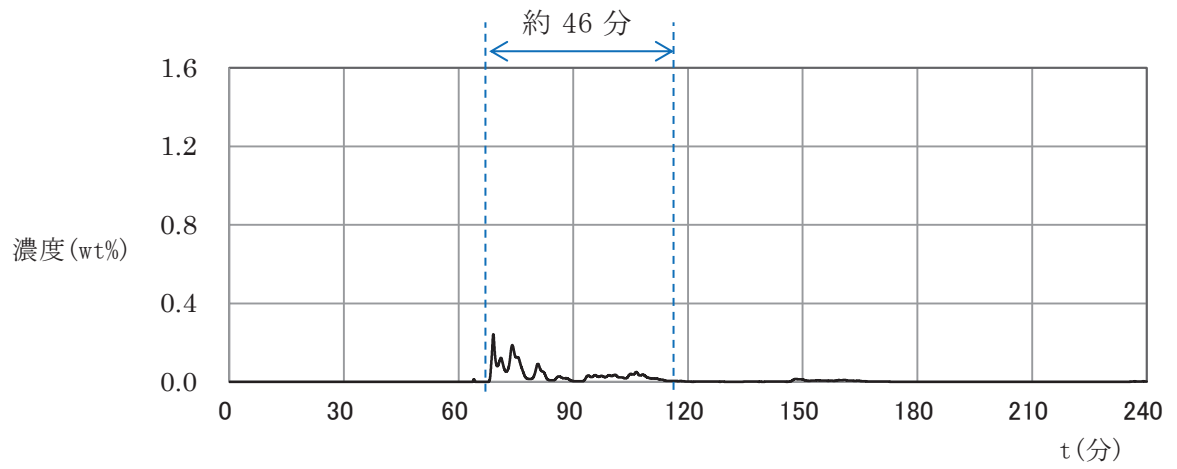


図 3.1.1-11 海水ポンプ室浮遊砂濃度

(c) 摩耗量評価結果

軸受摩耗試験より得られた 0.5wt%における比摩耗量を用いて、式 (①) を展開した式 (②, ③) にて非常用海水ポンプの軸受直径摩耗量 (mm) 及びスリーブ直径摩耗量 (mm) を算出し、それらの和に1サイクル運転後の隙間増加量を加えた合計隙間が許容直径摩耗量以内であることを確認する。摩耗量算出結果を表 3.1.1-7 に示す。

$$\text{軸受直径摩耗量} \quad : \quad \Delta c_1 = \omega_1 \cdot F \cdot L / (n \cdot B \cdot A / 2) \quad \dots \quad (②)$$

$$\text{スリーブ直径摩耗量} \quad : \quad \Delta c_2 = \omega_2 \cdot F \cdot L / (\pi \cdot d \cdot A / 2) \quad \dots \quad (③)$$

$\omega_1$  : 軸受比摩耗量 ( $\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ )

$\omega_2$  : スリーブ比摩耗量 ( $\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ )

F : 実機軸受荷重 (N)

L : 走行距離 (m)

A : 軸受摺動幅 (mm) (図 3.1.1-12 参照)

B : テフロンセグメント幅 (mm) (図 3.1.1-12 参照)

d : 軸受内径 (mm)

n : テフロンセグメント数 (個)

参考

比摩耗量 :

$$\omega = M / F \cdot L \quad (①)$$

軸受摩耗体積  $M_1$  :

$$M_1 = n \cdot A \cdot B \cdot \Delta c_1 / 2$$

スリーブ摩耗体積  $M_2$  :

$$M_2 = \pi \cdot d \cdot A \cdot \Delta c_2 / 2$$

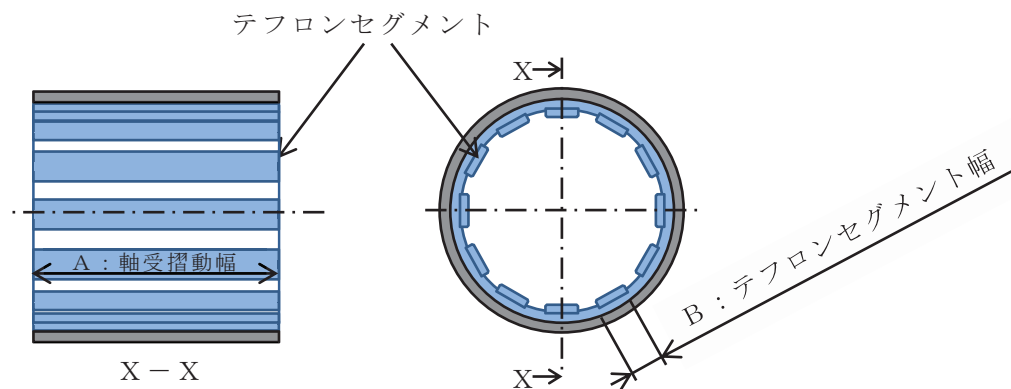


図 3.1.1-12 軸受詳細図

表 3.1.1-7 摩耗量算出結果

	原子炉補機冷却海水ポンプ	高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ
① $\Delta c_1$ : 軸受直径摩耗量 (mm)	0.03	0.04
② $\Delta c_2$ : スリーブ直径摩耗量 (mm)	0.01	0.02
③ $C_c$ : 1 サイクル運転後隙間増加量 (mm)	0.14	0.06
④ $C$ : 合計隙間 (①+②+③) (mm)	0.18	0.12
⑤ $C'$ : 許容直径摩耗量 (mm)	0.63	0.38
⑥ ⑤-④ : 隙間余裕 (mm)	0.45	0.26
⑦ ⑥/③ : 裕度	3.21	4.33

(d) 軸受寿命評価

軸受摩耗量評価より求めた軸受，スリーブの摩耗量合計と1サイクル運転後の隙間増加量より，軸受とスリーブの許容直径摩耗量に到達するまでの裕度を確認し，軸受寿命を評価した。

この結果，軸受とスリーブの許容直径摩耗量に到達するまでの裕度（寿命）は原子炉補機冷却海水ポンプで3倍以上，高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプで4倍以上であることを確認した。

(e) 結果

女川原子力発電所第2号機の非常用海水ポンプの軸受は，基準津波時に海水に含まれる浮遊砂が混入しても，軸受部に設けられた異物逃がし溝（テフロン軸受：原子炉補機冷却海水ポンプ 4.5mm，高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ 2.5mm，ゴム軸受：原子炉補機冷却海水ポンプ 5.5mm，高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ 5mm）から浮遊砂を連続排出することにより，取水機能は維持できることを確認した。

なお，基準津波時の浮遊砂が軸受に巻き込まれたとしても，軸受摩耗量は許容直径摩耗量以内であり，軸受の許容直径摩耗量に到達するまでの裕度（寿命）は原子炉補機冷却海水ポンプポンプで3倍以上，高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプで4倍以上であるため，基準津波収束以降も取水機能は維持できることを確認した。

### 3.2 除塵装置の取水性への影響について

取水口及び海水ポンプ室には、除塵装置として固定式バースクリーン及びトラベリングスクリーンが設置されており、基準津波による水位差に対して構造健全性が確保され、原子炉補機冷却海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ（以下「非常用海水ポンプ」という。）の取水性へ影響を及ぼさないことを確認する。また、除塵装置については、低耐震クラス（Cクラス）設備であることから津波の原因となる地震による破損の可能性が考えられることから、その影響についても確認する。

#### (1) 除塵装置の構造

除塵装置は、取水する海水中の塵芥を除去するために、取水口に固定式バースクリーン、海水ポンプ室にトラベリングスクリーンを設置している。図 3.2-1 に除塵装置の配置図、図 3.2-2 に除塵装置の概略構造図を示す。

固定式バースクリーンは、鋼材を溶接により格子状に接合した固定バー枠構造であり、取水口 1 区画当たり 8 分割された固定バー枠からなる。固定バー枠の上端及び下端は取水口に支持され、中間部分は中間受桁により支持される。

トラベリングスクリーンは、バスケット（バー枠又は網枠）がキャリングチェーンにより接合された構造であり、キャリングチェーンは上部の駆動機構により回転する。下部スプロケットは海水ポンプ室、上部スプロケットは駆動装置に支持される。

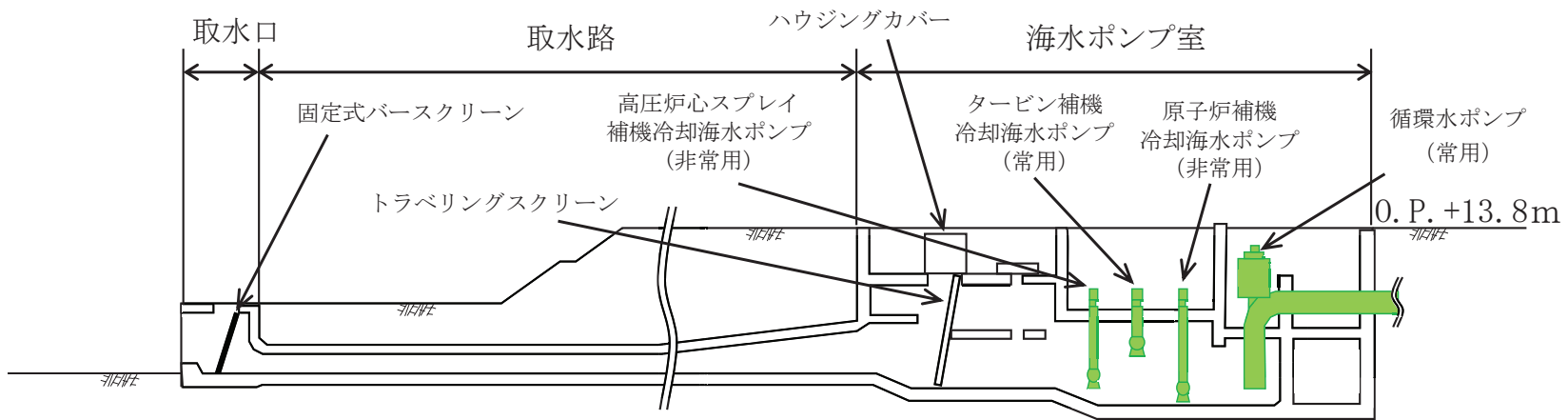


図 3.2-1 除塵装置配置図

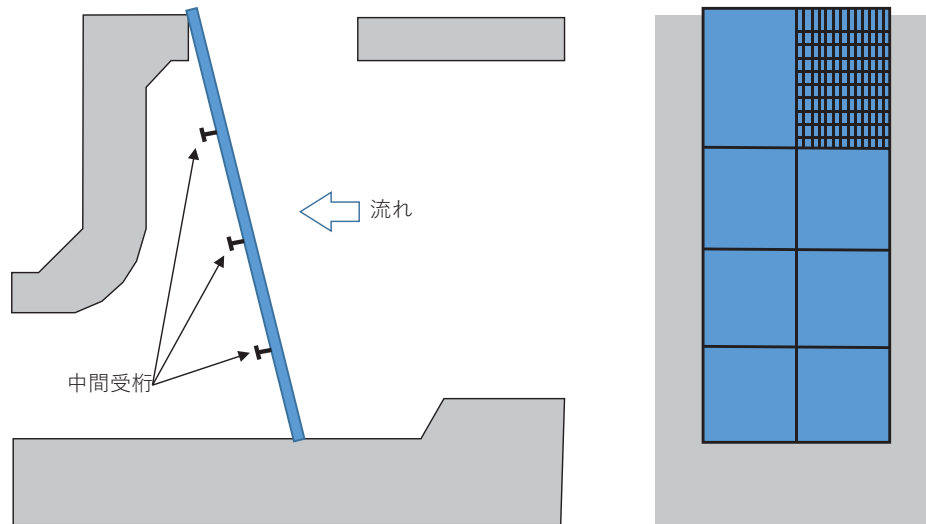


図 3.2-2 除塵装置概略構造図（固定式バースクリーン）

## (2) 構造健全性評価

以下に、基準津波に対する除塵装置の構造健全性を評価し、非常用海水ポンプの取水性への影響について確認した結果を示す。

### a. 評価条件

- (a) 取水路内の津波流速は、取水路の管路解析により得られた固定式バースクリーン及びトラベリングスクリーンの位置での流速である  $2.7\text{m/s}$  及び  $3.2\text{m/s}$  を適用する。
- (b) 固定式バースクリーン位置での流速  $2.7\text{m/s}$  及びトラベリングスクリーン位置での流速  $3.2\text{m/s}$  において、除塵装置に生じる水位差（損失水頭）が設計水位差内に収まっていることを確認するとともに、構造部材の強度評価を実施する。

### b. 評価結果

以下に、除塵装置の基準津波に対する構造健全性の評価結果及び非常用取水ポンプの取水性への影響の確認結果を示す。

固定式バースクリーン及びトラベリングスクリーンは、設計水位差内であった。

また、固定式バースクリーン及びトラベリングスクリーンに対して、基準津波により生じる水位差によって発生する荷重又は応力を評価した。その結果、各スクリーンの許容値以下であることを確認した。

表 3.2-1 に除塵装置の取水性影響評価結果を示す。



表 3.2-1 除塵装置の取水性影響評価結果

設備	部材	発生水位差／設計水位差	判定
固定式バースクリーン	バースクリーン	0.1(m)／1.0(m)	○
	中間受桁	0.1(m)／1.0(m)	○
トラベリングスクリーン	バスケット	1.2(m)／1.5(m)	○
	キャリングチェーン	1.2(m)／1.5(m)	○

(3) 地震による破損に対する評価

除塵装置は低耐震クラス（Cクラス）設備であることから津波の原因となる地震に対して健全性は保証されていないため、地震により除塵装置が破損し、変形あるいは分離・脱落し取水路内で堆積した場合でも、除塵装置は本来、通水を前提とした設備であり、主たる構成要素であるバスケットが隙間の多い構造であることから取水路を閉塞させることはないものと考えられる。

したがって、取水口呑口の断面寸法と非常用海水ポンプに必要な取水路の通水量を考慮すると、除塵装置の変形や分離による堆積により非常用海水ポンプに必要な通水性が損なわれることはないものと考えられる。

また、分離・脱落した構成部材が内空を有していない鋼材であるため、取水路内又は海水ポンプ室内の底面に沈降することから、非常用海水ポンプに影響を与えることはないと考えられる。

### 3.3 非常用海水ポンプの波力に対する強度評価について

津波発生時の押し波を受けた際の非常用海水ポンプの健全性を評価する。

#### (1) 評価条件

- a. 取水路の管路解析により算出された海水ポンプ室の流速 0.95m/s を基に、保守的に 1.10m/s と設定し、非常用海水ポンプに作用する流体力（抗力）を算出する。
- b. 非常用海水ポンプに作用する流体力は、定常的な流れがポンプに作用すると仮定して、発生荷重を評価する。
- c. 除塵装置を設置しているため、流木、がれき等の影響は想定しないものとする。
- d. 非常用海水ポンプの流体力を受ける範囲として、据付フランジ下端～吸込みベルマウス下端に流体力を受けるものとして評価を実施する。

#### (2) 評価部位

ポンプ基礎ボルト、中間支持台基礎ボルト及び揚水管（コラムパイプ）に発生する荷重及び応力を評価する。

#### (3) 押し波によりポンプに発生する流体力

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

流体力は流体中の円柱に働く抗力を求める式により、以下のとおり評価できる。

$$D = \frac{1}{2} C_d \cdot \rho \cdot U^2 \cdot A$$

D : 抗力（揚水管（コラムパイプ）に作用する荷重）

$C_d$  : 抗力係数（原子炉補機冷却海水ポンプ：0.4,

高圧炉心スプレー補機冷却海水ポンプ：1.1）

$\rho$  : 密度（1030kg/m<sup>3</sup>）

U : 流速

A : 流れに垂直な投影面積

本来海水ポンプ室内構造物により全面に対して流れが作用することはないが、図 3.3-1 に示すように据付フランジ下端から吸込みベルマウス下端までの範囲全体に作用するとして評価する。

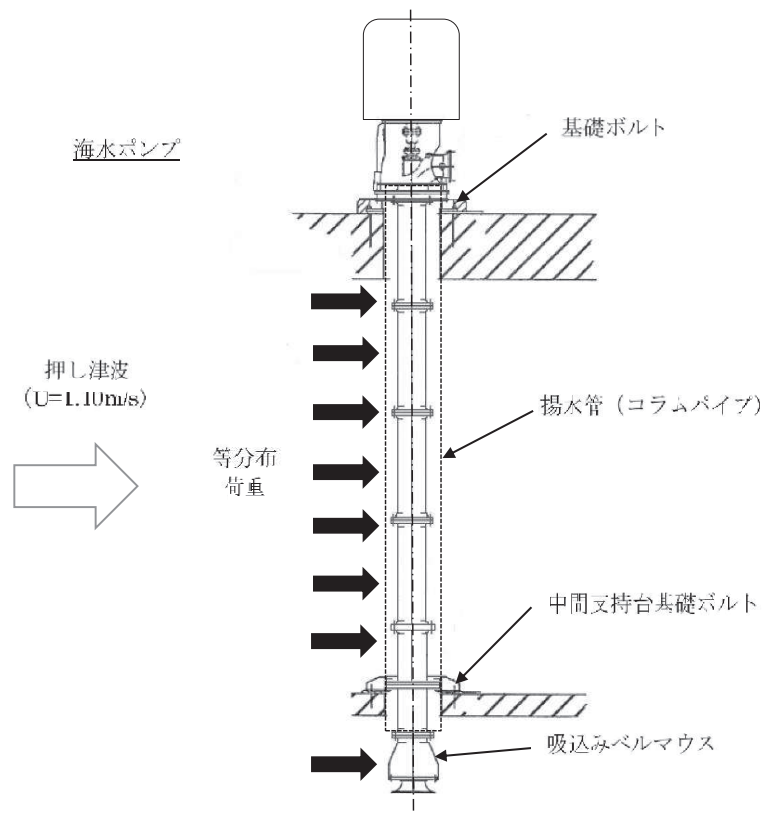


図3.3-1 ポンプへの津波の作用範囲

(4) 評価対象に作用する荷重と応力

揚水管 (コラムパイプ) に津波時の流速  $U$  (1.10m/s) で流体力 (抗力) が作用する場合の抗力  $D$  は表 3.3-1 となる。

a. 原子炉補機冷却海水ポンプ

$$\begin{aligned}
 D &= \frac{1}{2} C_d \cdot \rho \cdot U^2 \cdot A \\
 &= 0.5 \times 0.4 \times 1030 \times 1.10^2 \times 8.622 \\
 &= 2149 \text{ [N]}
 \end{aligned}$$

b. 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ

$$\begin{aligned}
 D &= \frac{1}{2} C_d \cdot \rho \cdot U^2 \cdot A \\
 &= 0.5 \times 1.1 \times 1030 \times 1.10^2 \times 3.230 \\
 &= 2214 \text{ [N]}
 \end{aligned}$$

表 3.3-1 津波により作用する抗力（据付フランジから下部）

	原子炉補機冷却海水ポンプ	高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ
揚水管（コラムパイプ）外径（m）		
据付フランジ下部から吸込みベルマウス下端までの長さ（m）		
投影面積 A (m <sup>2</sup> )	8.622	3.230
抗力 D (N)	2149	2214

(5) 据付フランジ部及び中間支持台に発生する荷重

原子炉補機冷却海水ポンプ，高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの中間支持台は，原子炉補機冷却海水ポンプ 1 箇所，高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ 2 箇所となっている。以下に示す評価条件で評価を行う。

- a. 据付フランジ部（基礎台）で，津波の荷重を受け持つ，片持ちはりモデルによる保守的な評価を行う。図 3.3-2 及び図 3.3-3 に評価モデルを示す。
- b. 津波の流速は「(1) 評価条件」で示した流速，揚水管（コラムパイプ）の抗力は表 3.3-1 に示す抗力を用いる。

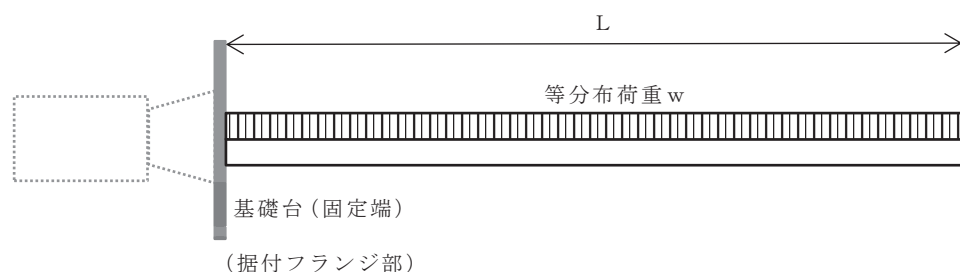


図 3.3-2 基礎ボルトに発生する荷重の評価モデル

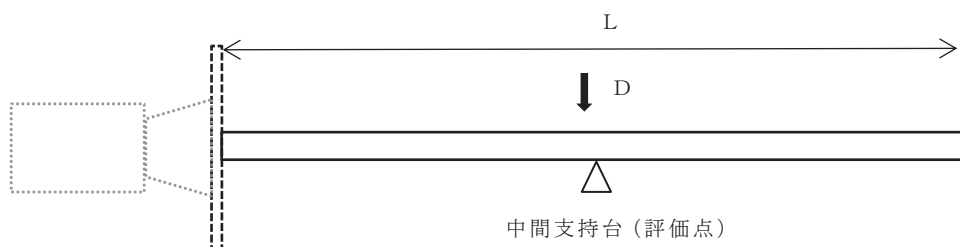


図 3.3-3 中間支持台に発生する荷重の評価モデル

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

- c. 上記 a. 及び b. より，津波による単位長さあたりの等荷重  $w$ ，片持ちはりの付け根に生じるせん断  $Q_B$  及び曲げモーメント  $M_B$  並びに中間支持台に作用するせん断力  $Q_S$  は，以下のとおり評価できる。また，表 3.3-2 に評価結果を示す。

$$w = \frac{D}{L}$$

$$Q_B = D = w L$$

$$M_B = \frac{w L^2}{2}$$

$$Q_S = D = w L$$

$w$  : 津波による単位長さあたりにかかる荷重

$L$  : 揚水管（コラムパイプ）全長

$Q_B$  : 片持ちはりの付け根に生じるせん断力

$M_B$  : 片持ちはりの付け根に生じる曲げモーメント

$Q_S$  : 中間支持台に生じるせん断力

- (a) 原子炉補機冷却海水ポンプ

$$w = \frac{D}{L} =$$

$$Q_B = D = w L = 2149 \text{ [N]}$$

$$M_B = \frac{w L^2}{2} =$$

$$Q_S = D = w L = 2149 \text{ [N]}$$

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(b) 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ

$$w = \frac{D}{L} = \boxed{\phantom{000000}}$$

$$Q_B = D = w L = 2214 \text{ [N]}$$

$$M_B = \frac{w L^2}{2} = \boxed{\phantom{000000}}$$

$$Q_S = D = w L = 2214 \text{ [N]}$$

表 3.3-2 津波により基礎ボルト，中間支持台および揚水管（コラムパイプ）に作用する荷重

	原子炉補機冷却海水ポンプ	高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ
津波による単位長さあたりにかかる荷重 $w$ (N/m)	$\boxed{\phantom{000000}}$	
揚水管（コラムパイプ）全長 $L$ (m)		
片持ちはりの付け根に生じるせん断力 $Q_B$ (N)	2149	2214
片持ちはりの付け根に生じる曲げモーメント $M_B$ (Nm)	$1.461 \times 10^4$	$1.337 \times 10^4$
中間支持台に生じるせん断力 $Q_S$ (N)	$\boxed{\phantom{000000}}$	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(6) 中間支持台の基礎ボルトの評価

原子炉補機冷却海水ポンプの中間支持台の基礎ボルトにかかるせん断応力  $\tau_s$  は、中間支持台（評価点）が 1 箇所であるため、中間支持台基礎ボルト全数で荷重を受けると仮定する。

なお、中間支持台と揚水管（コラムパイプ）はボルトで固定されておらず、直接支持しない構造であるため、水平方向に振れた場合を想定し、水平方向のせん断応力をボルトに考慮して評価する。

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの中間支持台基礎ボルトにかかるせん断応力  $\tau_s$  は、中間支持台（評価点）は 2 箇所あるが、荷重を保守的に 1 点支持と仮定し基礎ボルト全数で受けると仮定する。

各中間支持台基礎ボルトにかかる、せん断応力は以下のとおり評価できる。また、表 3.3-3 に評価結果を示す。

$$\tau_s = \frac{Q_s}{n \times A_s}$$

$A_s$  : 中間支持台基礎ボルトの断面積

$n$  : 中間支持台基礎ボルトの本数

$\tau_s$  : 中間支持台基礎ボルトに発生するせん断応力

a. 原子炉補機冷却海水ポンプ

$$\tau_s = \frac{Q_s}{n \times A_s} =$$

b. 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ

$$\tau_s = \frac{Q_s}{n \times A_s} =$$

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3.3-3 中間支持台基礎ボルトに発生するせん断応力

	原子炉補機冷却海水ポンプ	高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ
中間支持台基礎ボルト呼び径		
中間支持台基礎ボルト材質		
中間支持台基礎ボルト本数 n (本 (サポート 1 箇所当り))		
中間支持台基礎ボルトに発生するせん断応力 $\tau_s$ (MPa)		

(7) ポンプ基礎ボルトの評価

a. ポンプ基礎ボルトの引張応力

揚水管 (コラムパイプ) に津波による流体力が作用した場合のポンプ基礎ボルトの引張応力を算出するため、据付フランジ部 (基礎台) を固定端として、据付フランジ部 (基礎台) から全長に荷重が作用すると仮定し、先端部を自由端として、据付フランジ部 (基礎台) でのモーメントを算出し、ポンプ基礎ボルトの引張応力を求める。図 3.3-4 に評価モデルを示す。

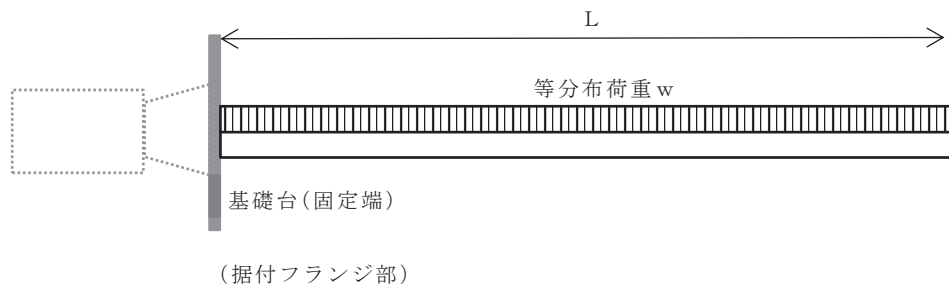


図 3.3-4 基礎ボルトに発生する荷重の評価モデル

評価条件について以下に示す。

- ① 基礎台を固定端とし、吸い込みベルマウスまでの距離  $L$  で評価する。
- ②  $L$  の範囲に分布荷重が作用するものとし、「(5) 据付フランジ部及び中間支持台に発生する荷重」での津波による荷重 (等分布荷重)  $w$  と同じとする。
- ③ 基礎台より上部の影響は考慮しない。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



- ④ ポンプ基礎ボルトに発生する引張応力は、以下の条件で算出する。
- ・ 機器の質量は考慮しないものとする。
  - ・ ボルトの初期締付力は考慮しないものとする。
  - ・ ポンプの据付フランジとポンプベースの摩擦は考慮しないものとする。

以上より、津波による流体力が作用した場合のポンプ基礎ボルトの引張応力  $\sigma_B$  は、以下のとおり評価できる。また、表 3.3-4 に評価結果を示す。

片持ちはりの付け根（基礎台）に作用するモーメント。

$$M_B = \frac{w L^2}{2}$$

ポンプ基礎ボルトに発生する引張力は  $F_B$  となり、次式で求める。

$$F_B = \frac{M_B}{\frac{3}{8} n D_B}$$

このとき、ポンプ基礎ボルトに発生する引張応力  $\sigma_B$  は、次式で求める。

$$\sigma_B = \frac{F_B}{A_B}$$

$M_B$ ：基礎台に作用するモーメント

$F_B$ ：基礎ボルトにかかる引張力

$n$ ：基礎ボルト本数

$D_B$ ：基礎ボルトのボルトピッチ円の直径

$\sigma_B$ ：ポンプ基礎ボルトに発生する最大引張応力

$A_B$ ：基礎ボルトの断面積

(a) 原子炉補機冷却海水ポンプ

$$F_B = \frac{M_B}{\frac{3}{8} n D_B} =$$

$$\sigma_B = \frac{F_B}{A_B} =$$

(b) 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ

$$F_B = \frac{M_B}{\frac{3}{8} n D_B} =$$

$$\sigma_B = \frac{F_B}{A_B} =$$

表 3.3-4 ポンプ基礎ボルトに発生する引張応力

	原子炉補機冷却海水ポンプ	高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ
ポンプ基礎ボルト呼び径		
ポンプ基礎ボルト材質		
ポンプ基礎ボルト本数 n (本)		
基礎台に作用するモーメント $M_B$ (Nm)		
ポンプ基礎ボルトの最大引張力 $F_B$ (N)		
ポンプ基礎ボルトの引張応力 $\sigma_B$ (MPa)		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

b. ポンプ基礎ボルトのせん断応力

揚水管（コラムパイプ）に津波による流体力が作用した場合のポンプ基礎ボルトのせん断応力を算出するため、据付フランジ部（基礎台）から吸込みベルマウス下端までに荷重が作用すると仮定し、ポンプ基礎ボルト全数で荷重を受けるものとして、次式により求める。また、表 3.3-5 に評価結果を示す。

$$\tau_B = \frac{Q_B}{n \times A_B}$$

$\tau_B$  : ポンプ基礎ボルトに発生するせん断応力

(a) 原子炉補機冷却海水ポンプ

$$\tau_B = \frac{Q_B}{n \times A_B} =$$

(b) 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ

$$\tau_B = \frac{Q_B}{n \times A_B} =$$

表 3.3-5 ポンプ基礎ボルトに発生するせん断応力

	原子炉補機冷却海水ポンプ	高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ
ポンプ基礎ボルトのせん断応力 $\tau_B$ (MPa)	<input style="width: 100%; height: 100%; border: 1px solid black;" type="text"/>	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(8) 揚水管（コラムパイプ）の評価

揚水管（コラムパイプ）に発生する一次一般膜応力の算出は、中間支持台を考慮せず揚水管（コラムパイプ）全長に働くモーメント $M_B$ を用い次式\*により求める。また、表 3.3-6 に評価結果を示す。

$$\sigma_{CP} = \text{MAX} (\sigma_{be} + \sigma_Z + \sigma_{ZP}, \sigma_{\theta p})$$

ここで、 $\sigma_{be}$ 、 $\sigma_Z$ 、 $\sigma_{ZP}$ 、 $\sigma_{\theta p}$ は、以下の式で計算される。

$$\sigma_{be} = \frac{M_B}{Z}$$

$$\sigma_Z = \frac{W \cdot g}{A_{CP}}$$

$$\sigma_{ZP} = \frac{P_0 d_2}{4t}$$

$$\sigma_{\theta p} = \frac{P_0 d_2}{2t}$$

$\sigma_{be}$ ：揚水管（コラムパイプ）の曲げ応力

$\sigma_Z$ ：自重による軸方向応力

$\sigma_{ZP}$ ：内圧による軸方向応力

$\sigma_{\theta p}$ ：内圧による周方向応力

$Z$ ：断面係数

$W$ ：質量（内水含む）

$g$ ：重力加速度

$A_{cp}$ ：揚水管（コラムパイプ）の断面積

$P_0$ ：最高使用圧力

$d_2$ ：揚水管（コラムパイプ）の内径

$t$ ：揚水管（コラムパイプ）の肉厚

\*揚水管（コラムパイプ）に発生する一次一般膜応力の評価式について

原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 - 1 9 9 1 追補版）の立形ポンプのコラムパイプの応力を算出する式（第6章 3.5.1-3, 4, 5, 6, 7）に基づき、軸方向応力と周方向応力の発生応力の大きい値を評価に用いている。



表 3.3-6 ポンプ揚水管（コラムパイプ）に発生する一次一般膜応力

	原子炉補機冷却海水ポンプ	高圧炉心スプレイ 補機冷却海水ポンプ
揚水管（コラムパイプ）の 厚さ（一般部） $t$ （m）		
揚水管（コラムパイプ）の 内径 $d_2$ （m）		
揚水管（コラムパイプ）の 断面係数 $Z$	$3.579 \times 10^{-3}$	$4.703 \times 10^{-3}$
揚水管（コラムパイプ）の 一次一般膜応力 $\sigma_{CP}$ （MPa）		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(9) 非常用海水ポンプの波力に対する評価

押し波条件（津波の流速 1.10m/s）において，原子炉補機冷却海水ポンプ，高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプに発生する応力は許容応力以下であり，ポンプの健全性は確保される。評価結果を表 3.3-7 及び表 3.3-8 に示す。

表 3.3-7 評価結果一覧（原子炉補機冷却海水ポンプ）

評価部位	材料	項目	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
基礎ボルト		せん断		
		引張		
中間支持台 基礎ボルト		せん断		
揚水管 (コラムパイプ)		一次一般膜		

表 3.3-8 評価結果一覧（高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ）

評価部位	材料	項目	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
基礎ボルト		せん断		
		引張		
第一中間支持台 基礎ボルト*		せん断		
第二中間支持台 基礎ボルト*		せん断		
揚水管 (コラムパイプ)		一次一般膜		

\* 中間支持台のせん断応力は，それぞれ評価点の中間支持台のみで津波の全荷重を受けるモデルにて計算しており，発生応力は各中間支持台で同一となる。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

#### 4. 漂流物に関する考慮事項

##### 4.1 設計に用いる遡上波の流速について

津波による漂流物の漂流速度は、津波流速に支配されると考えられるが文献\*1によれば、津波による漂流物の漂流流速は、津波の表面流速（津波流速）よりも小さいとされている（図4.1-1）。文献\*2, 3によれば、漂流物の衝突直前の漂流流速 $v$  (m/s) と水の表面流速 $U$  (m/s) の比率 $\alpha$ について、漂流流速 $v$ は表面流速（津波流速） $U$ に対して0~60%に低下するとされている。文献\*3で述べられている比重0.6の漂流物の場合の表面流速に対する漂流流速 $v$ の比率 $\alpha$ の確率分布を図4.1-2に示す。図4.1-2のとおり、 $\alpha = v/U = 0.1$ （10%程度）以下において相対頻度が最も高いことを示している。

これらの知見はあるが、津波防護施設の設計のための漂流物荷重算定に用いる漂流流速 $v$ は $\alpha = v/U = 1.0$ （100%）となるように設定する。また、津波流速は津波遡上シミュレーションにより得られる値を用いる。

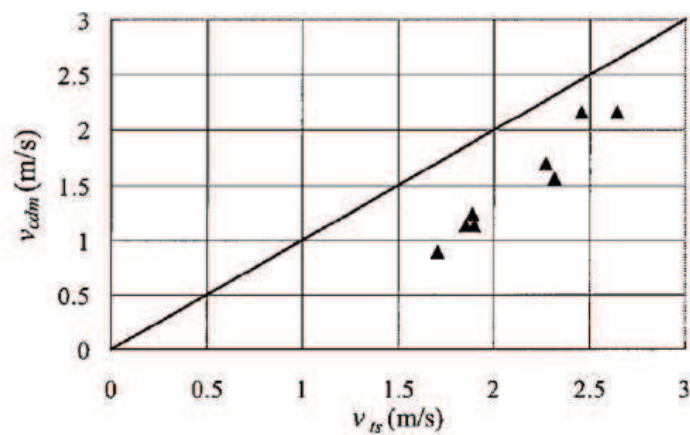


図 4.1-1 浸水流速 $v_{ts}$ と最大漂流速度 $v_{cdm}$ の関係

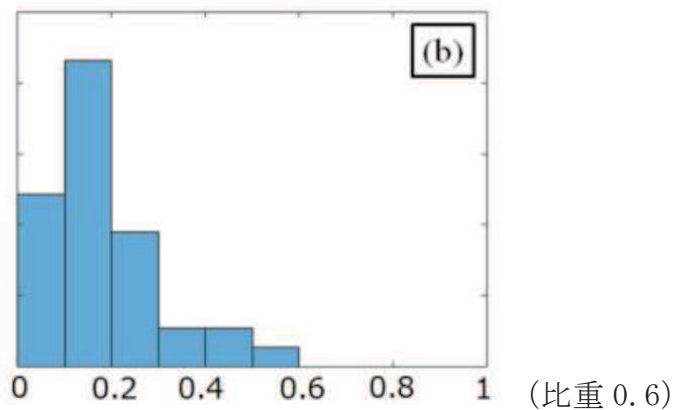


図 4.1-2 構造物模型に衝突する漂流物の速度比率 $\alpha(= v/U)$ の確率分布  
(甲斐田・木原(2016)に一部追記)

注記 \*1：有川太郎，大坪大輔，中野史丈，下迫健一郎，石川信隆（2007）：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，p. 846-850



- \*2 : 甲斐田秀樹, 木原直人 (2017) : 原子力発電所における津波漂流物の影響評価技術－現状調査とその適用に関する考察－研究報告, o 16010, 電力中央研究所報告
- \*3 : 甲斐田秀樹, 木原直人 (2016) : 陸上遡上津波中の漂流物挙動に関する研究, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 第 72 卷 2 号, p. I\_1159-I\_1164

#### 4.2 取水口付近の漂流物に対する取水性

基準津波の遡上解析結果によると、取水口付近の敷地を含む防潮堤海側の O.P. +約 2.5m の敷地に遡上する。また、基準地震動  $S_s$  による地盤面の沈下や潮位のばらつき (+0.16m) を考慮した場合、防潮堤前面では O.P. +24.4m となる。この結果に基づき、発電所周辺を含め、基準津波により漂流物となる可能性がある施設・設備が、取水機能を有する安全設備等の取水性及び津波防護施設の機能に影響を及ぼさないことを確認した。取水性に影響を及ぼす可能性のある漂流物の評価概要を図 4.2-1 に示す。

発電所周辺地形及び基準津波の流向・流速の特徴を把握した上で、検討対象施設・設備の抽出範囲を設定するとともに、検討対象施設・設備の抽出範囲における東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物の特徴及びその実績を把握し、検討対象施設・設備の抽出を行った。また、発電所周辺と類似した地形での漂流物の特徴及びその実績も把握し、漂流物の種類について反映した。

これら発電所での特徴及び東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物を把握した上で、漂流物の検討フローを策定し、抽出した施設・設備について、漂流（滑動を含む）する可能性、取水口前面に到達する可能性及び取水口前面が閉塞する可能性についてそれぞれ検討を行い、非常用海水ポンプの取水性への影響を評価した。

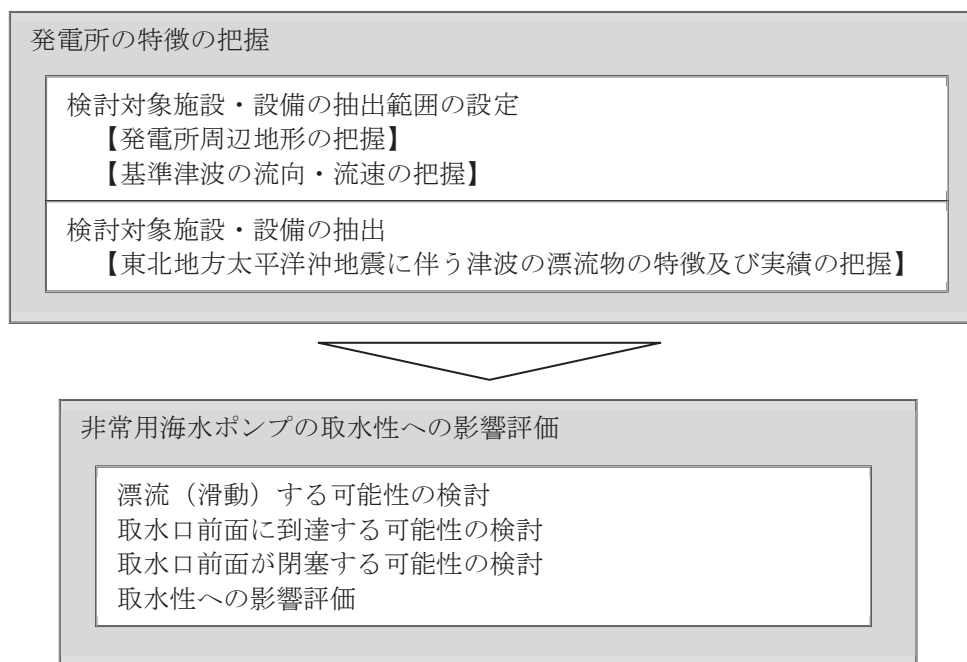


図 4.2-1 原子炉補機冷却海水系及び高压炉心スプレイ補機冷却海水系の取水性に影響を及ぼす可能性のある漂流物の評価概要

なお、人工構造物<sup>\*1</sup>の位置、形状等に変更が生じた場合は、取水機能を有する安全設備等の取水性又は津波防護施設等の機能に影響を及ぼす可能性があるため、施設・設備等の設置状況を定期的(1[回/年]以上)に確認する。設置状況の確認結果により必要に応じて図4.2-1の漂流物評価フローに基づき、漂流物調査及び評価を実施する方針とする。また、発電所の施設・設備の改造や追加設置<sup>\*2</sup>を行う場合においても、その都度、取水機能を有する安全設備等の取水性又は津波防護施設等の機能への影響評価を行う。

\*1：港湾施設，河川堤防，海岸線の防波堤，防潮堤等，海上設置物，津波遡上域の建物・構築物，敷地前面海域における通過船舶等

\*2：「核原料物質，核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」第43条の3の9（工事の計画の認可）及び第43条の3の10（工事の計画の届出）に基づき申請する工事のうち，「改造の工事」又は「修理であって性能又は強度に影響を及ぼす工事」を含む。

#### 4.2.1 検討対象施設・設備の抽出範囲の設定

発電所周辺地形及び基準津波の流向・流速について，その特徴を把握した上で，検討対象施設・設備の抽出範囲を設定する。

##### ①発電所周辺地形の把握

女川原子力発電所は，東北地方太平洋側のリアス海岸の南端部に位置する牡鹿半島の女川湾南側に立地している。

また，発電所は女川湾の湾口部に位置し，発電所よりも西側の湾の奥側には複数の漁港や女川町等の市街地が形成されている。

女川原子力発電所の周辺地形について，図4.2-2に示す。

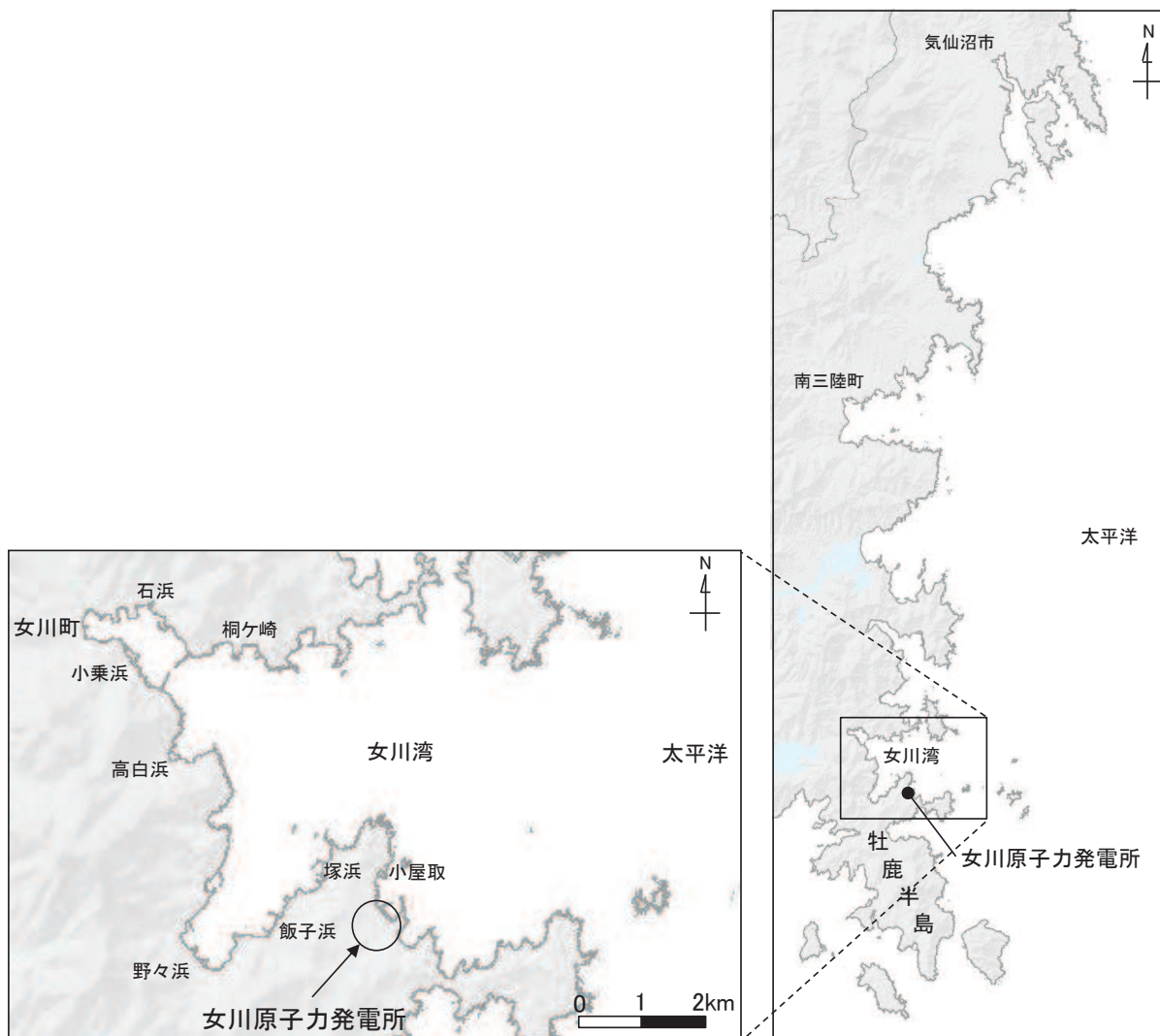


図 4.2-2 女川原子力発電所周辺の地形

## ②基準津波の流速及び流向の把握

基準津波の波源を図 4.2-3 に、流速及び流向を図 4.2-4、図 4.2-5 に示す。

上昇側の基準津波は、発電所の東方より襲来し、地震発生約 36 分後に敷地前面に到達する。発電所港湾内へは、まず港湾口より進入し、約 6 分後（地震発生約 42 分後）に水位がおおむね最大となり、5m/s 以上の流速が確認される。その約 3 分後（地震発生約 45 分後）に引き波に転ずる。さらに、その 5 分後（地震発生約 50 分後）には、女川湾全体で引き波に転じ、それ以降は津波襲来時と逆方向の沖合いへ向かう流向が卓越している。その一部では、発電所に向かう流れも確認されるが、沖合いへ向かう流速に比べて小さい。

下降側の基準津波は、発電所の東方より襲来し、地震発生約 36 分後に敷地前面に到達し、5m/s 以上の流速が確認される。発電所港湾内へは、まず港湾口より進入し、約 2 分後（地震発生約 38 分後）に最大となり、その約 10 分後（地震発生約 48 分後）に引き波に転ずる。また、女川湾全体でも引き波に転ずる。さらにその 3 分後

(地震発生約 51 分後)には、津波襲来時と逆方向の流速が卓越している。その一部では、発電所に向かう流れも確認されるが、沖合いへ向かう流速に比べて小さい。

発電所港湾内の主たる流れは、上昇側と下降側のいずれの基準津波においても、港湾口からの寄せ波時の海水の流入、引き波時の流出によるものである。

また、発電所防波堤の有無による影響についても検討を行った。図 4.2-6 に防波堤なしにおける発電所近傍（基準津波上昇側、下降側）の流速及び流向を示す。

発電所防波堤ありでは寄せ波時に防波堤をまわり込んで津波が襲来し、引き波では港口を通過して港外へ流れている。一方、発電所防波堤なしでは寄せ波が直接発電所敷地に押し寄せ、引き波では防波堤がないことから、沖へ一様に流れていることを確認した。

なお、寄せ波時における防潮堤前面での流速は、発電所防波堤ありの結果よりも発電所防波堤なしの方が大きくなっていることを確認した。特に、下降側の基準津波では防潮堤前面での流速が 5m/s 以上となっており、防潮堤へ向かう流れとなっていることを確認した。

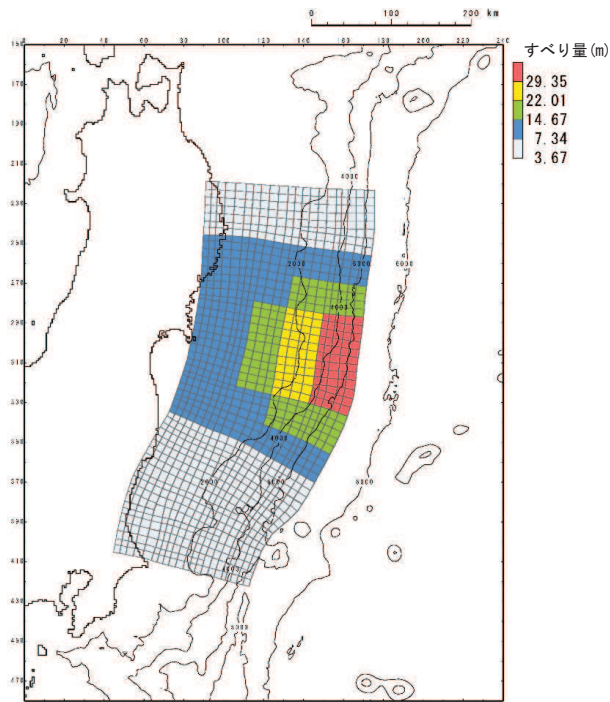


図 4.2-3(1) 女川原子力発電所の基準津波（水位上昇側）  
 （東北地方太平洋沖型の地震、

宮城県沖の大すべり域の破壊特性を考慮した特性化モデル（海溝側強調モデル）

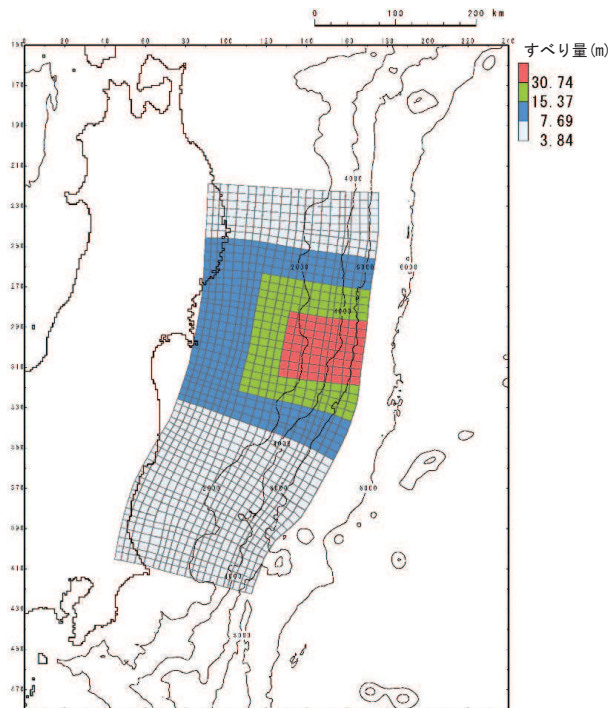
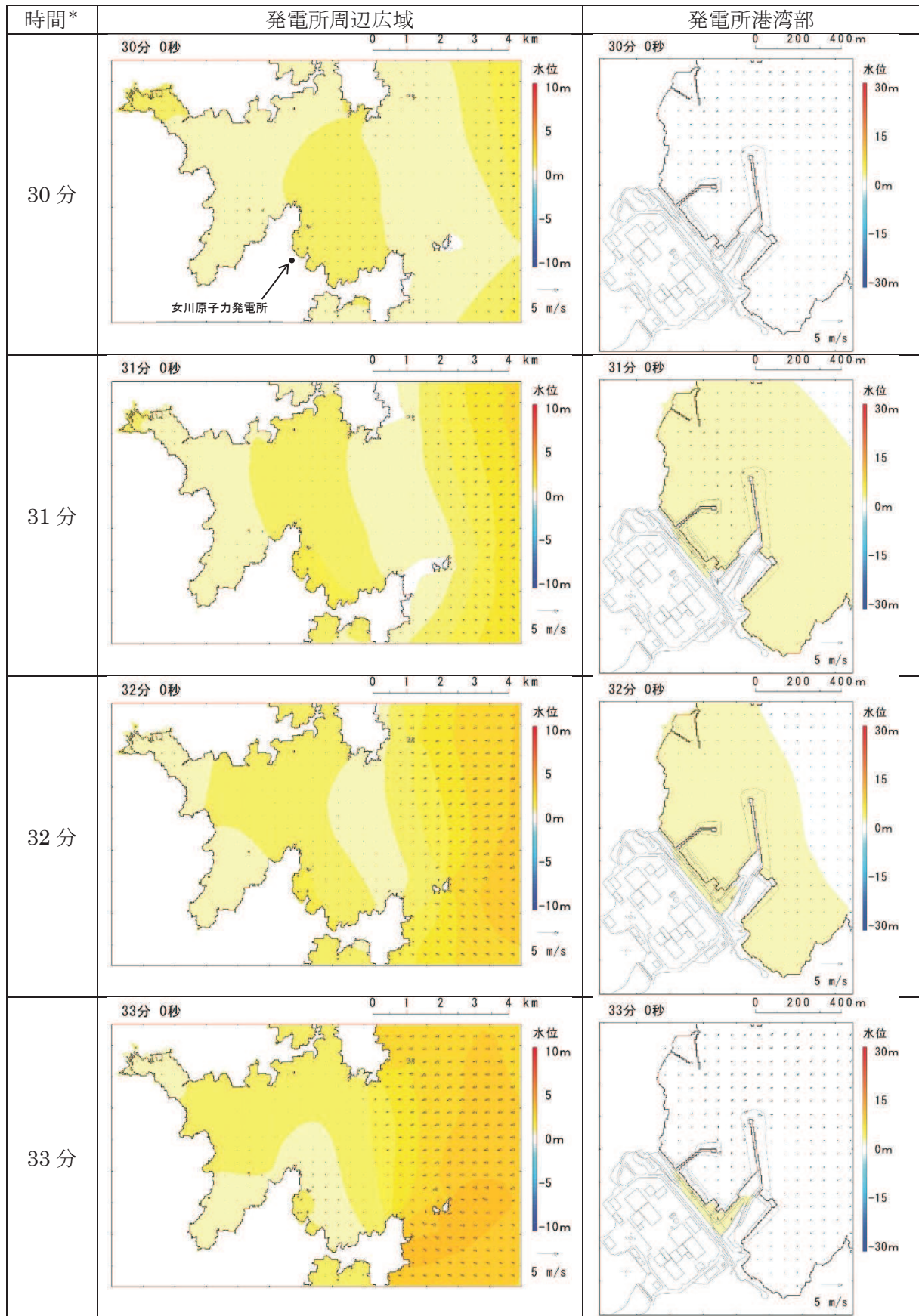


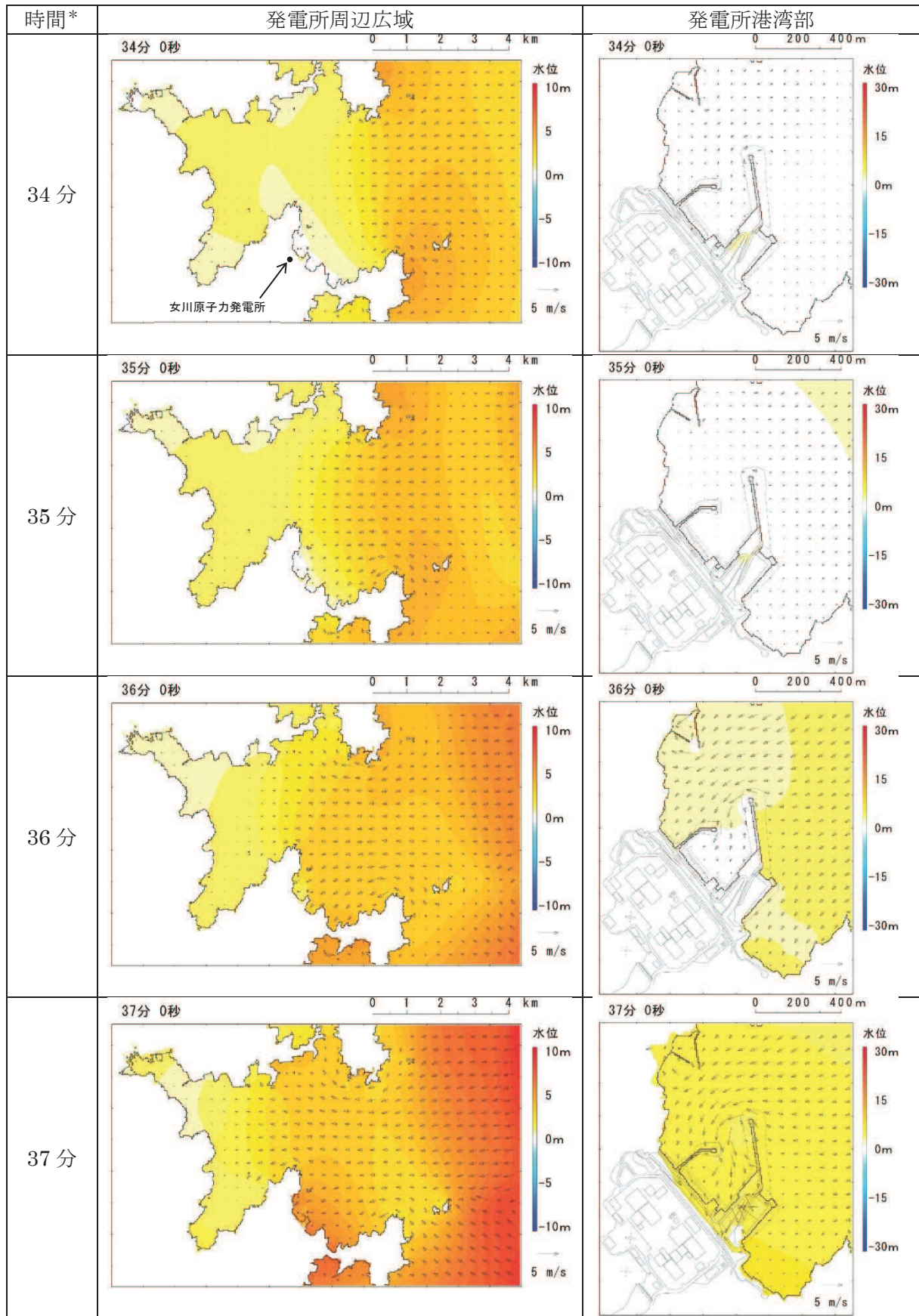
図 4.2-3(2) 女川原子力発電所の基準津波（水位下降側）  
 （東北地方太平洋沖型の地震、

宮城県沖の大すべり域の破壊特性を考慮した特性化モデル（すべり量割増モデル）



注記 \* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間

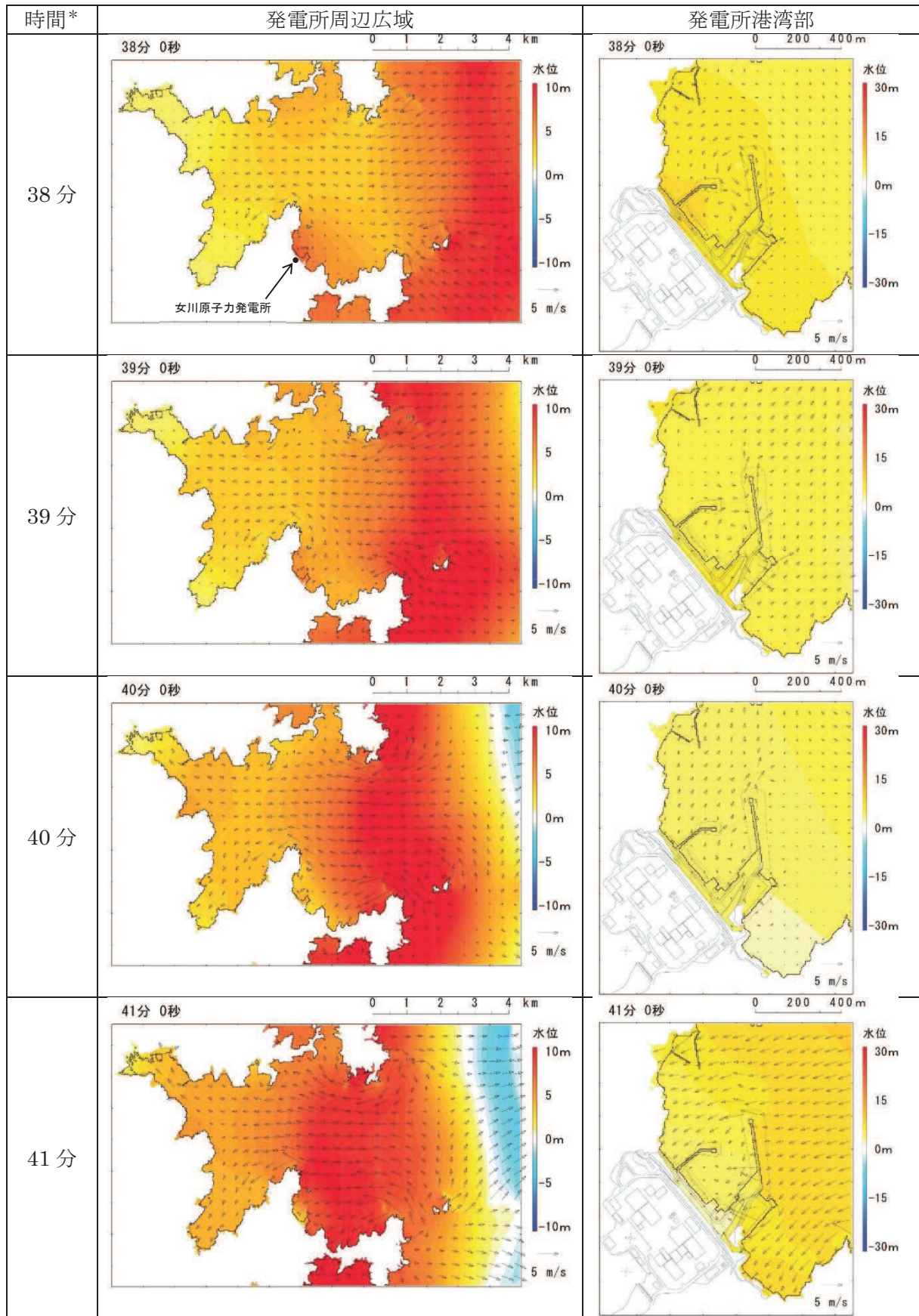
図 4. 2-4(1) 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
(基準津波 (水位上昇側) : 防波堤あり)



注記 \* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間

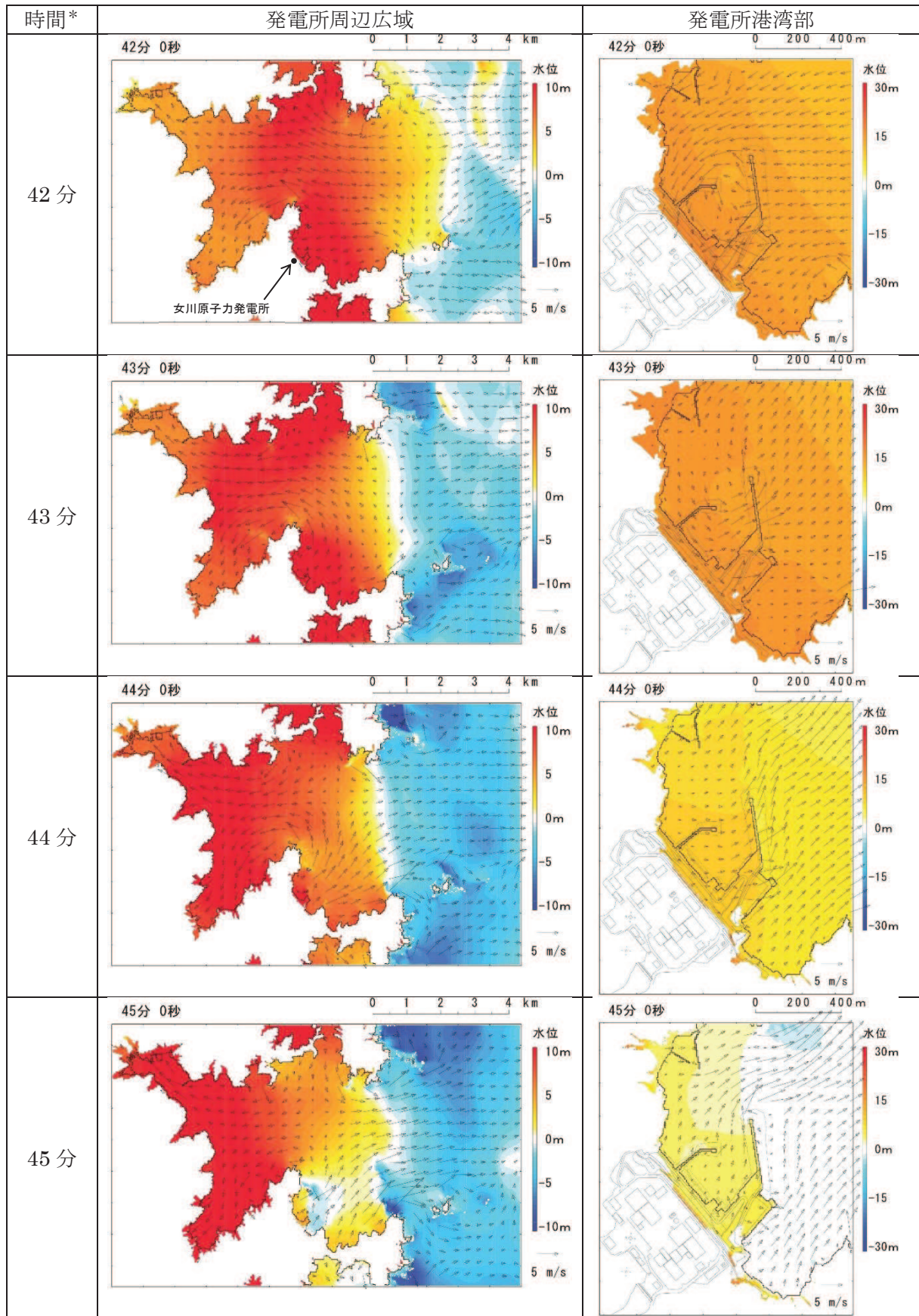
図 4.2-4(2) 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
 (基準津波 (水位上昇側) : 防波堤あり)





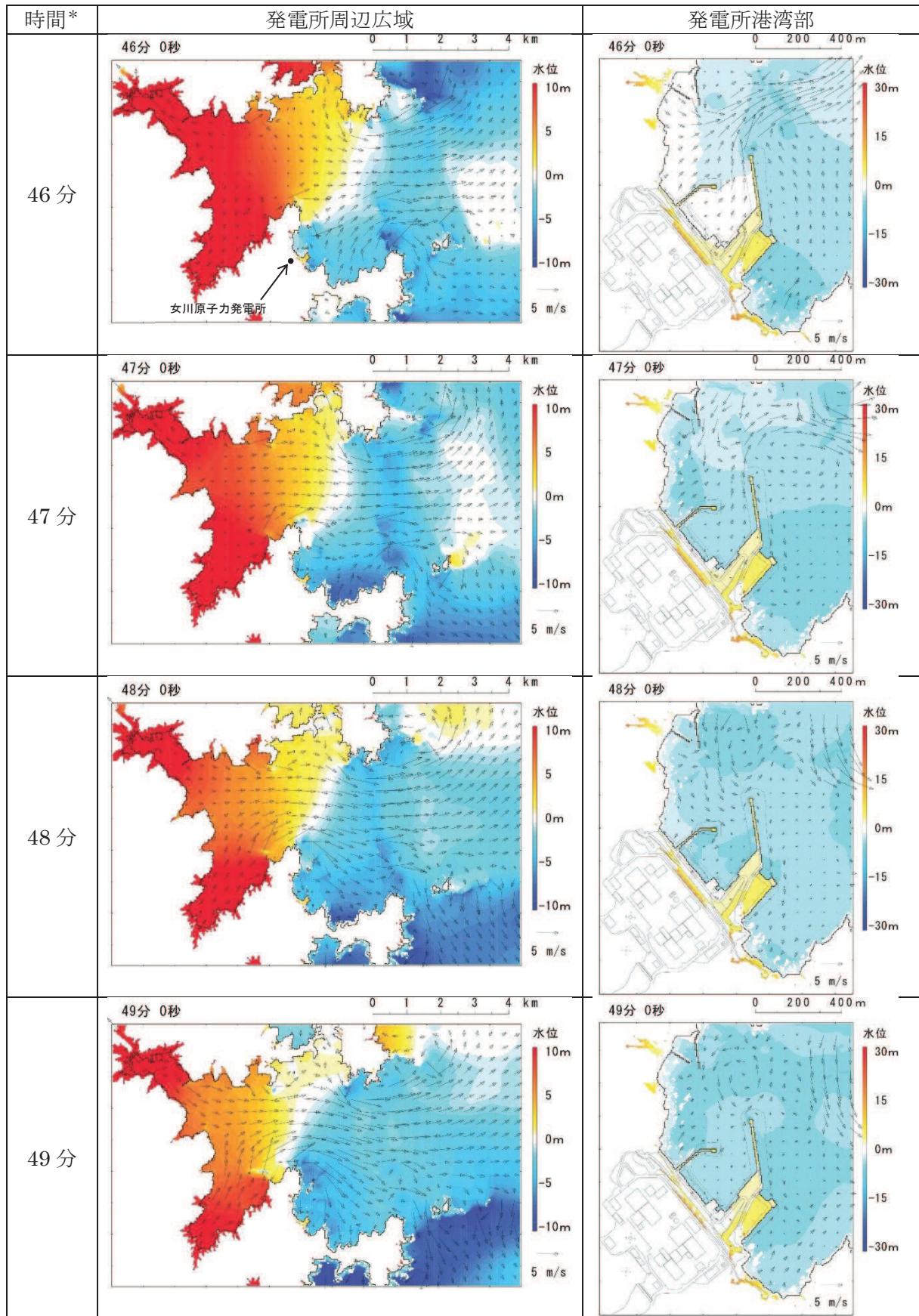
注記 \* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4. 2-4(3) 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
(基準津波 (水位上昇側) : 防波堤あり)



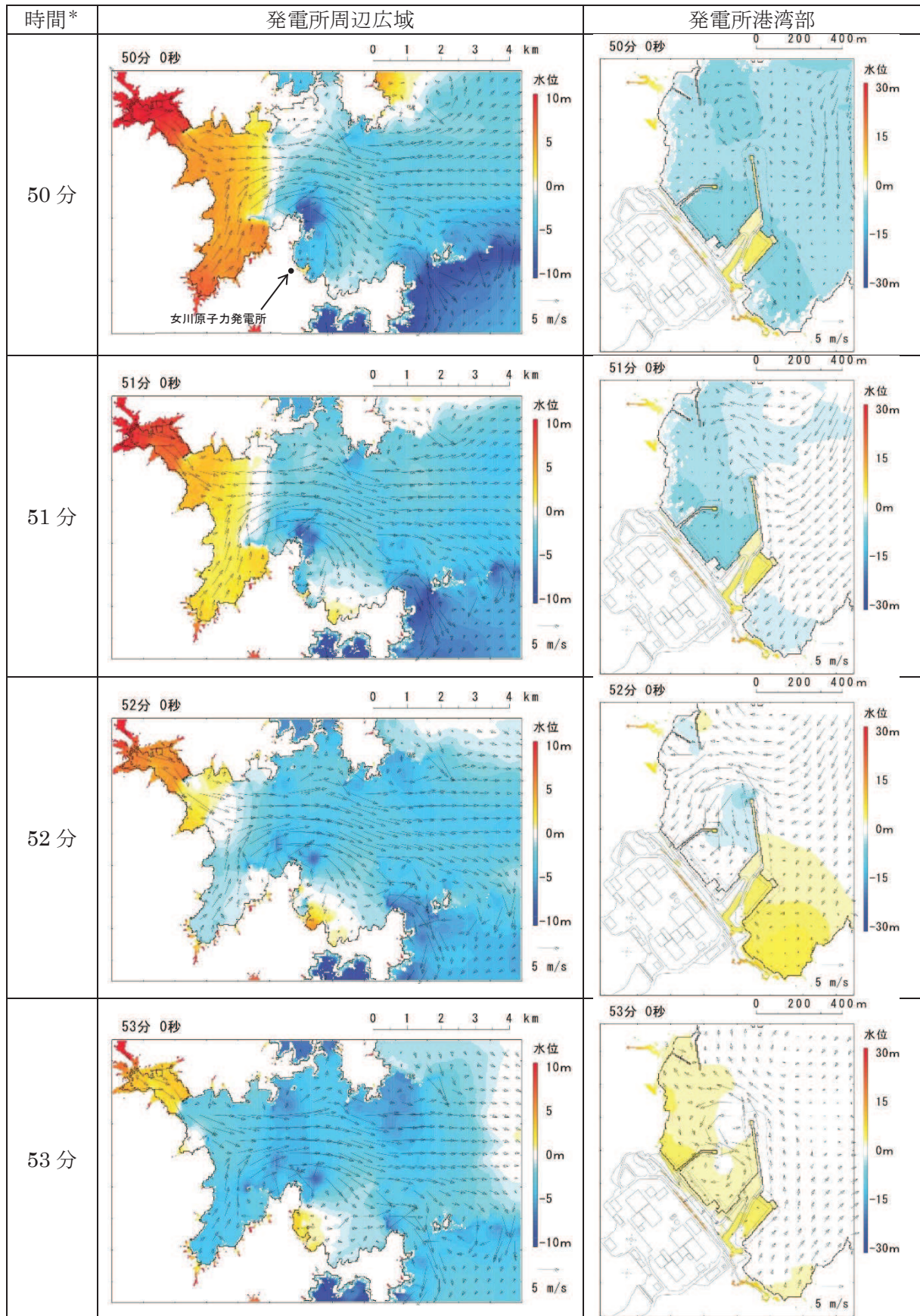
注記 \* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4.2-4(4) 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
 (基準津波 (水位上昇側) : 防波堤あり)



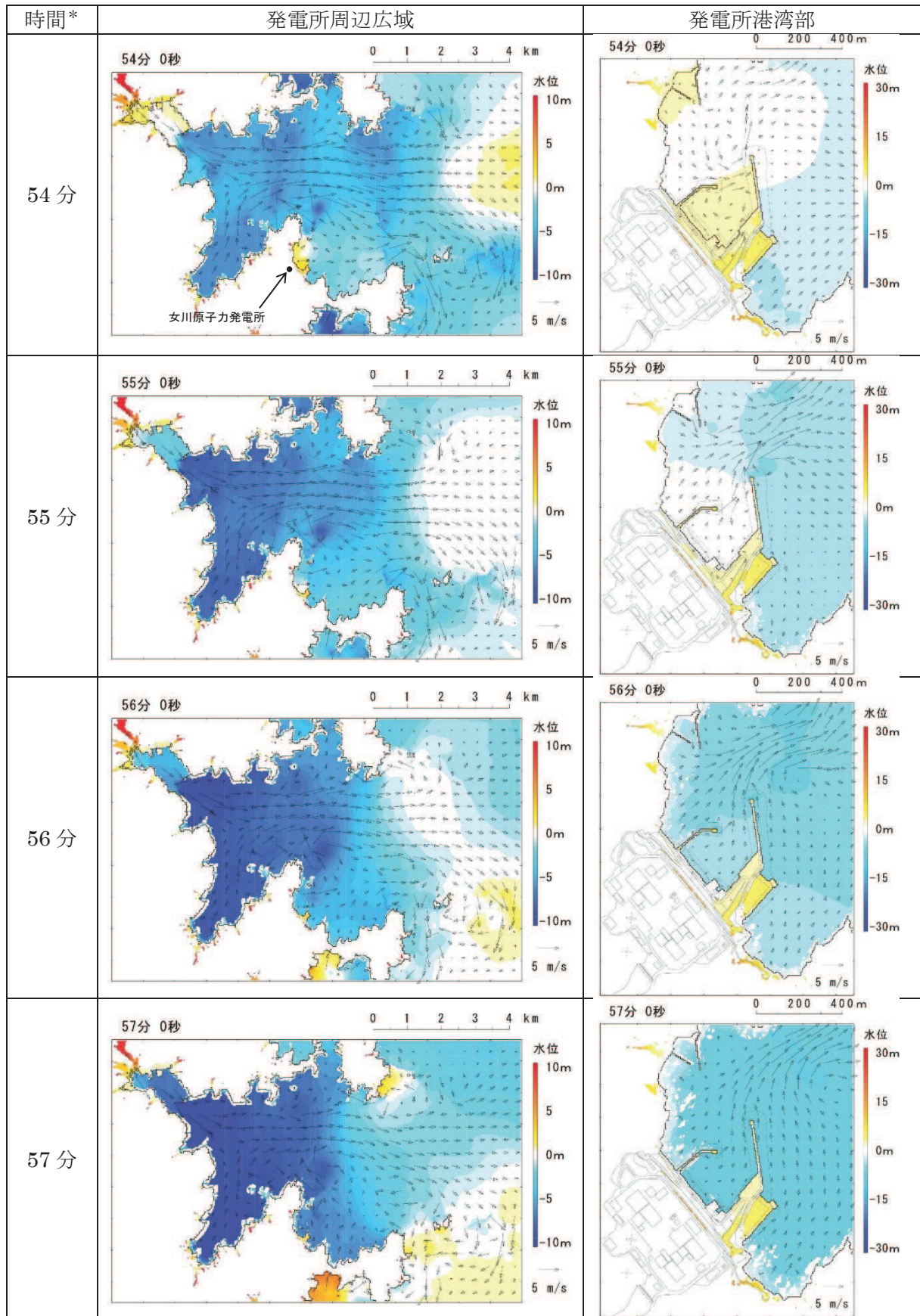
注記 \* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4. 2-4(5) 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
(基準津波 (水位上昇側) : 防波堤あり)



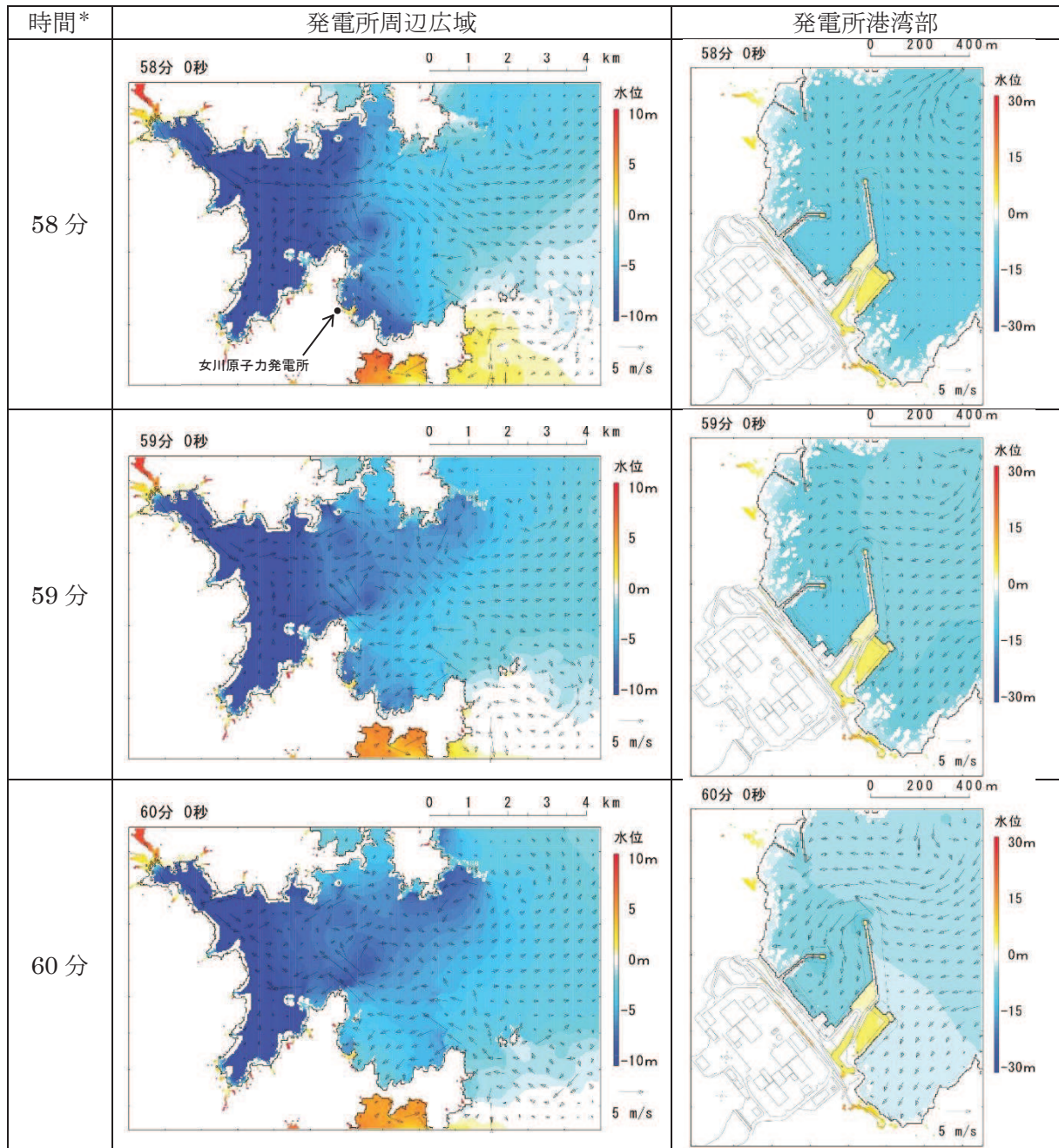
注記 \* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4.2-4(6) 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
(基準津波 (水位上昇側) : 防波堤あり)



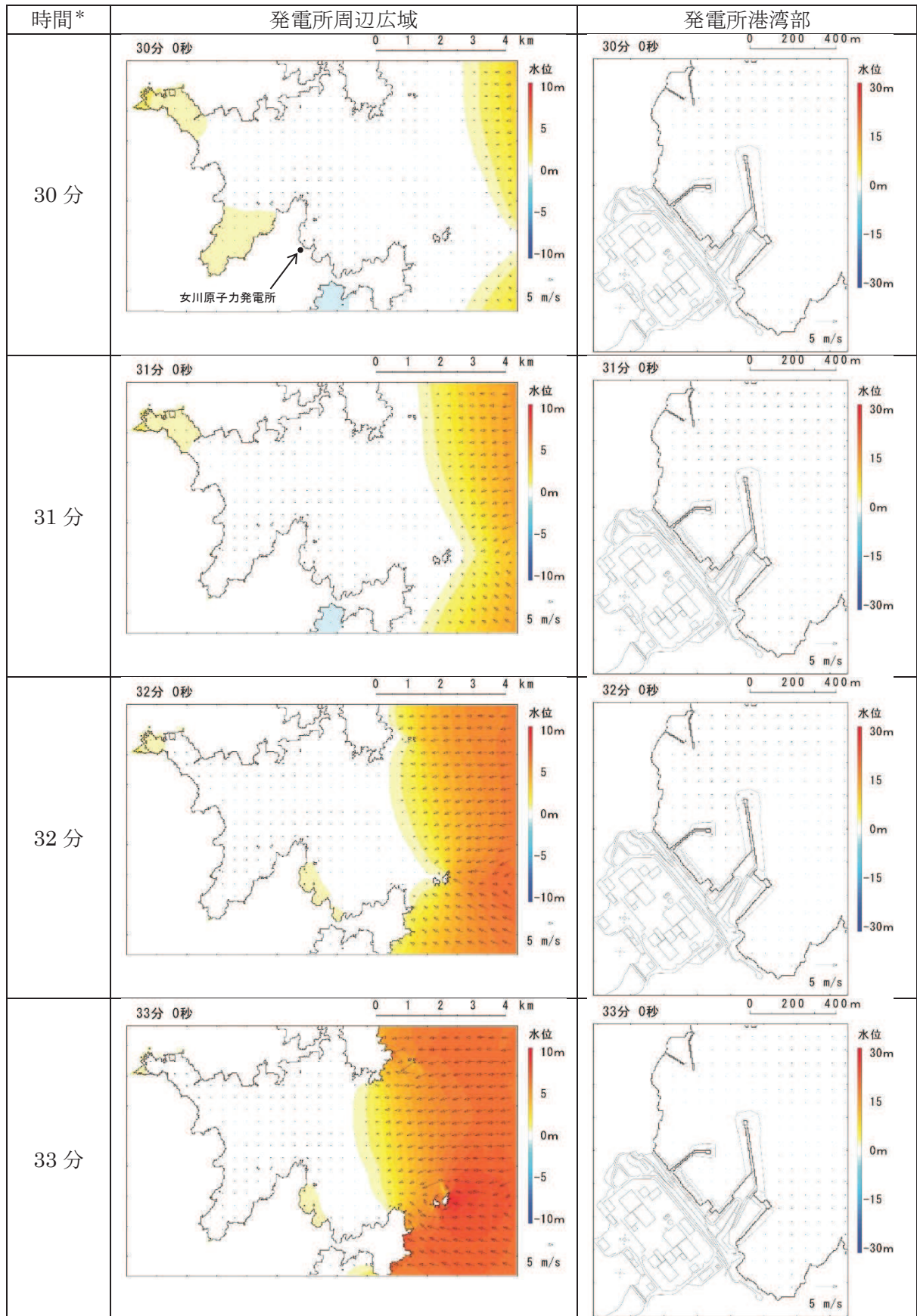
注記 \* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4. 2-4(7) 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
(基準津波 (水位上昇側) : 防波堤あり)



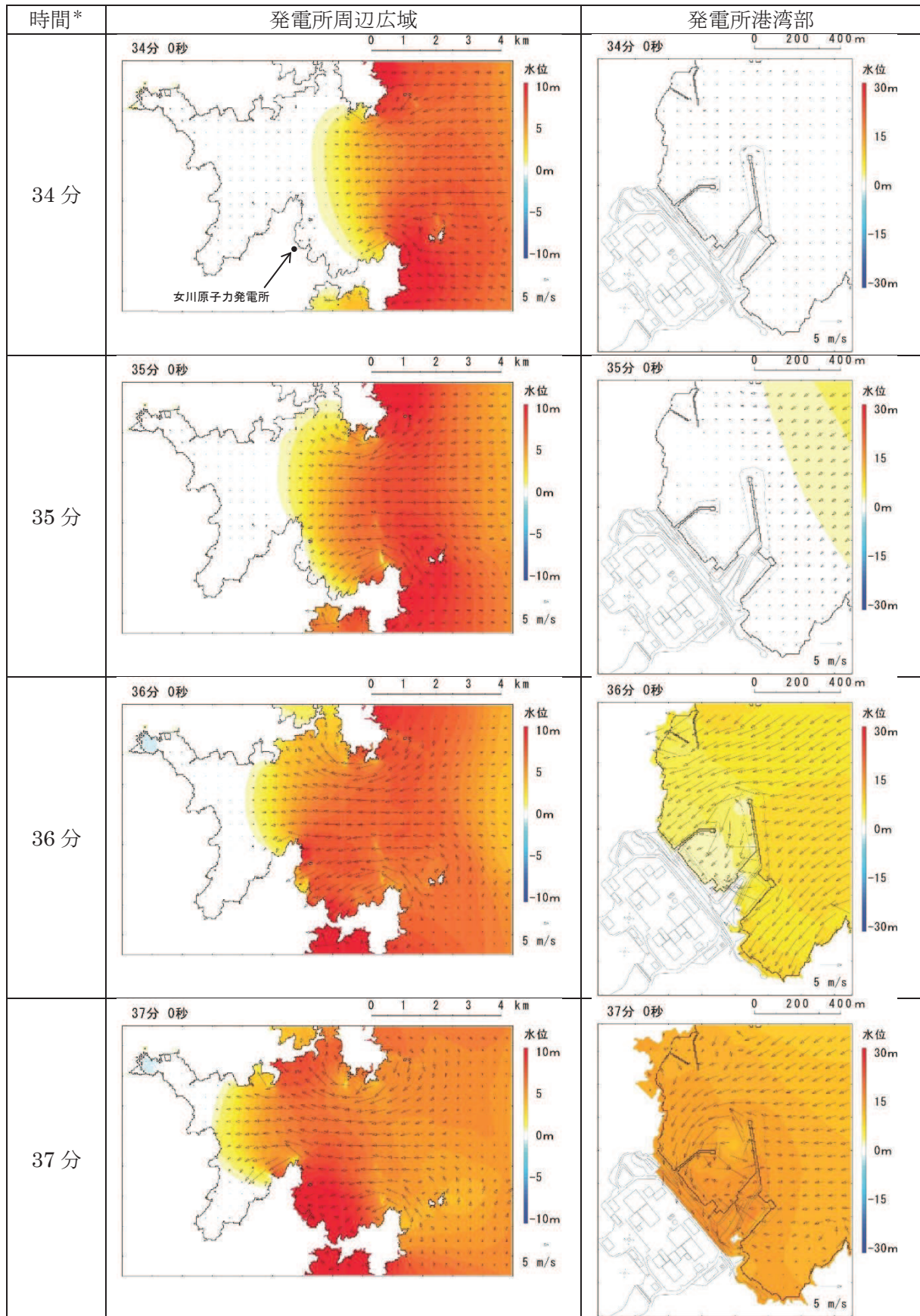
注記 \* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4. 2-4 (8) 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
(基準津波 (水位上昇側) : 防波堤あり)



注記 \* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間

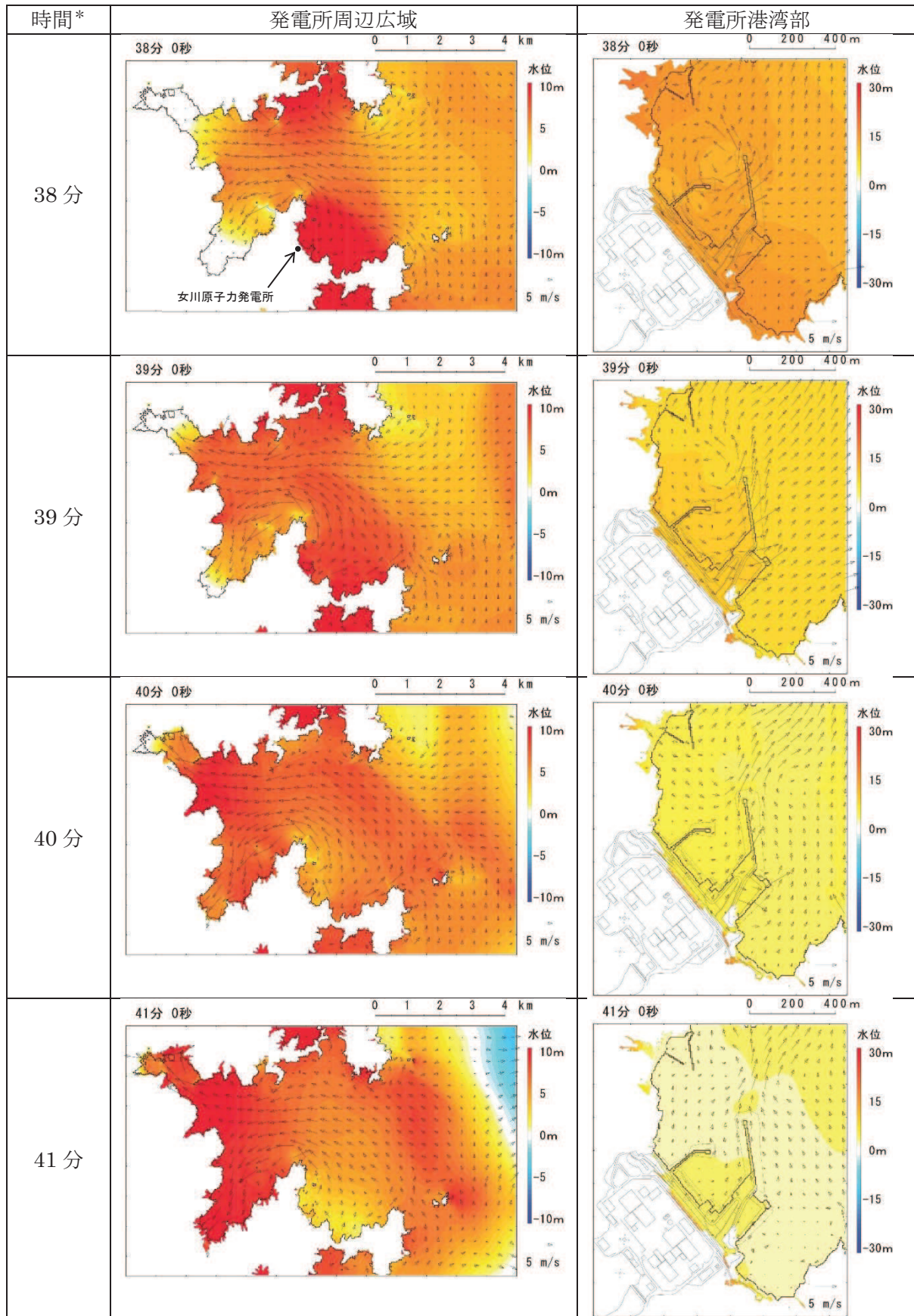
図 4.2-5(1) 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
(基準津波 (水位下降側) : 防波堤あり)



注記 \* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間

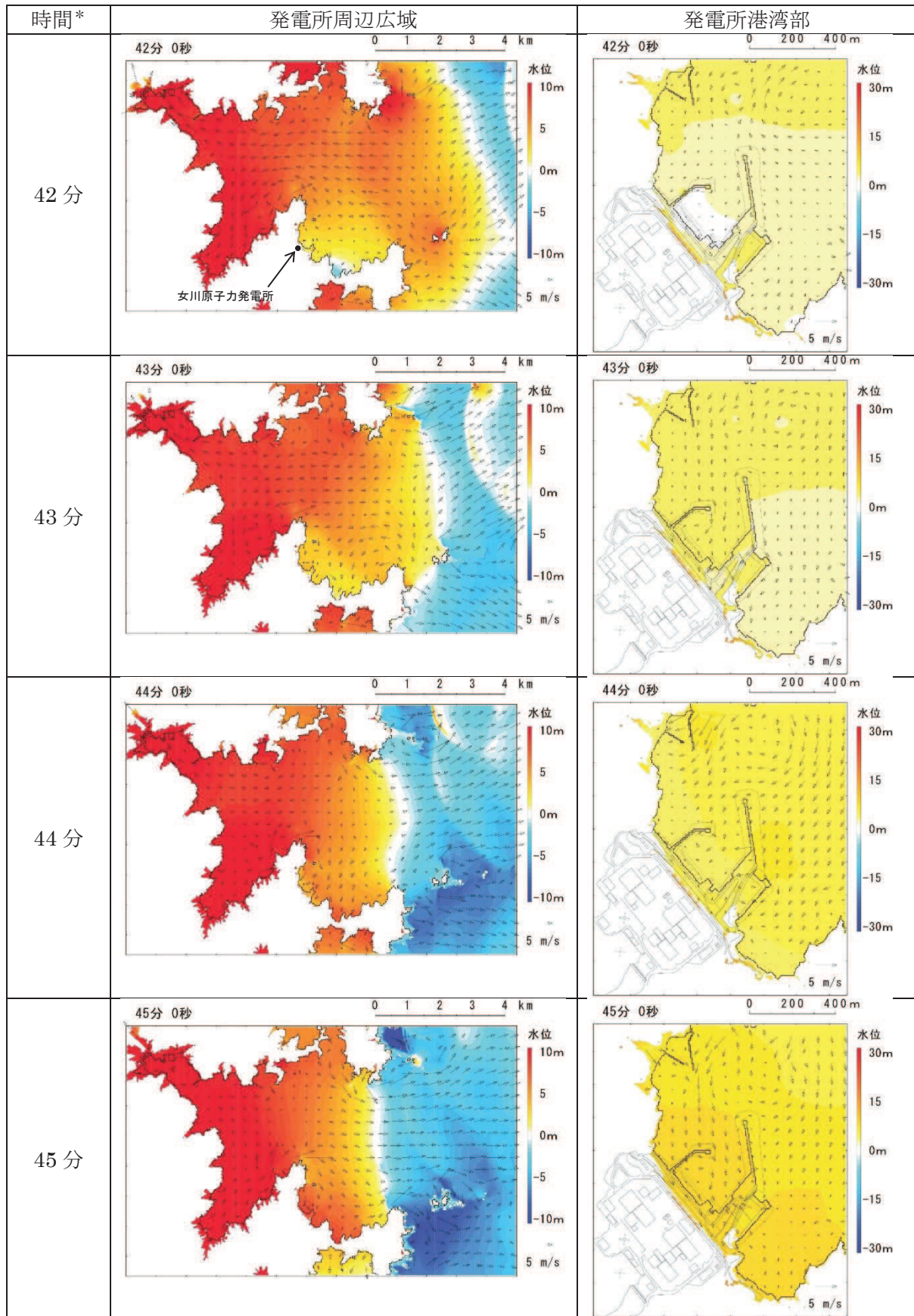
図 4.2-5(2) 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
(基準津波 (水位下降側) : 防波堤あり)





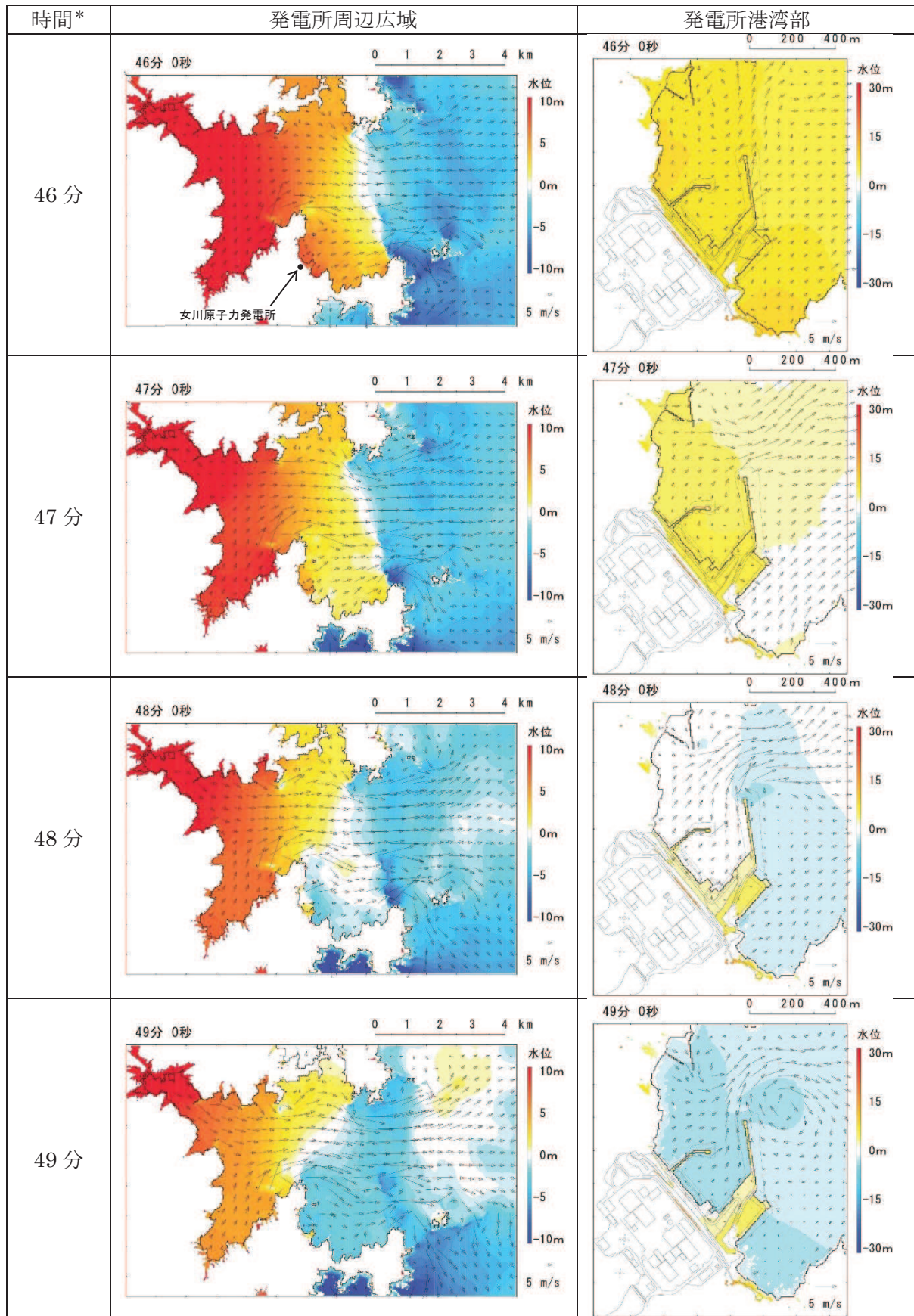
注記 \* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4.2-5(3) 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
 (基準津波 (水位下降側) : 防波堤あり)



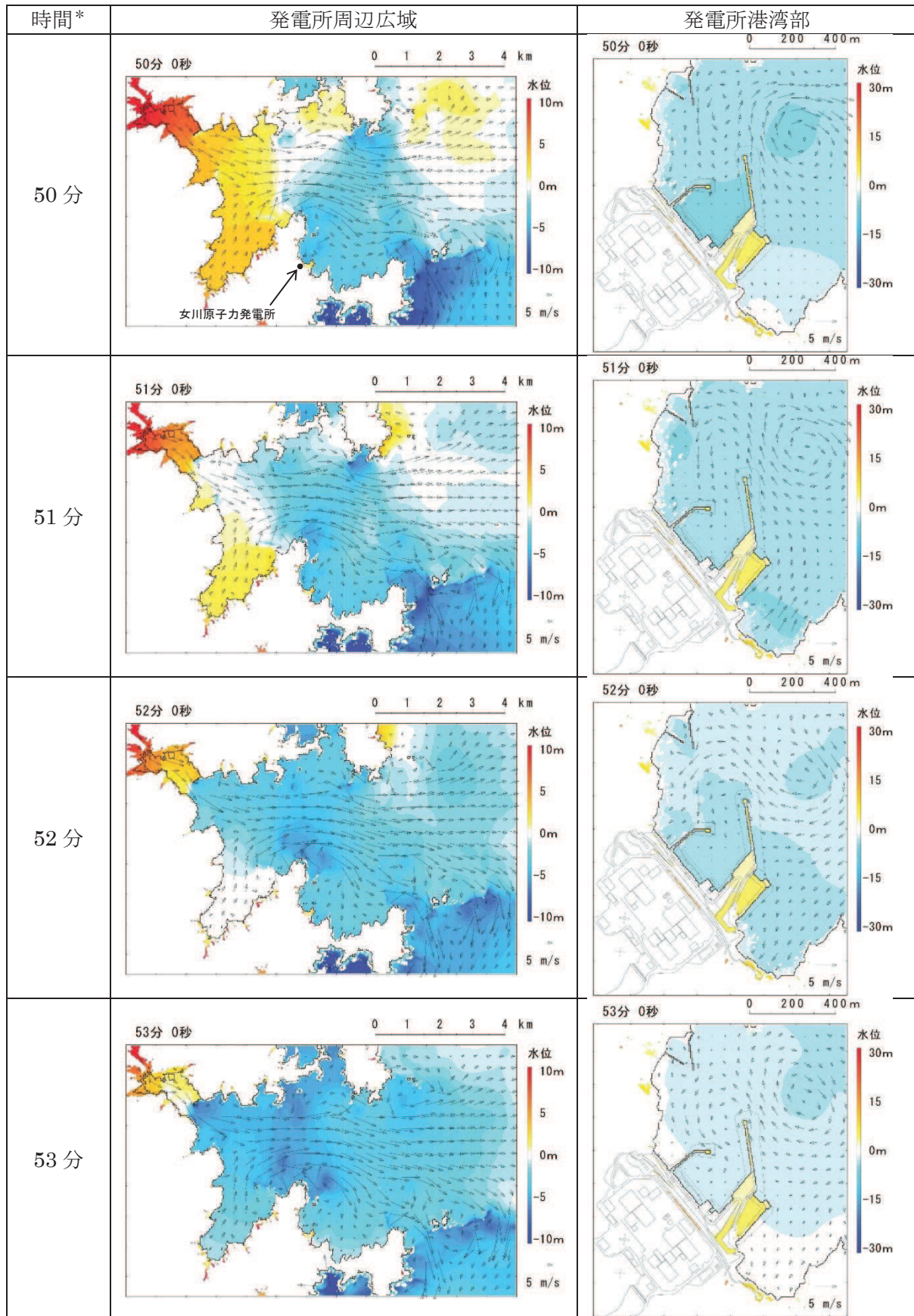
注記 \* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4.2-5(4) 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
(基準津波 (水位下降側) : 防波堤あり)

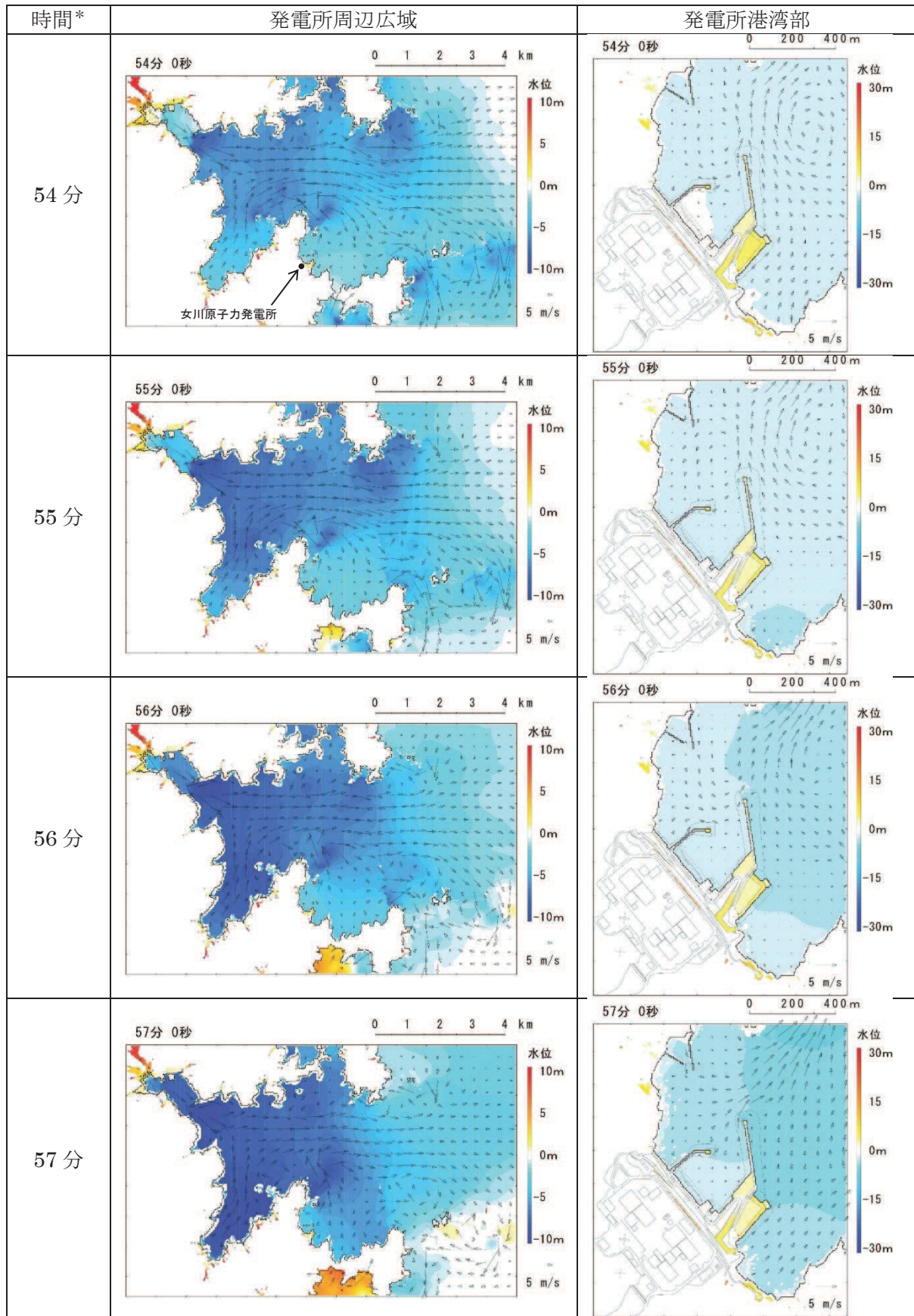


注記 \* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4.2-5(5) 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
(基準津波 (水位下降側) : 防波堤あり)

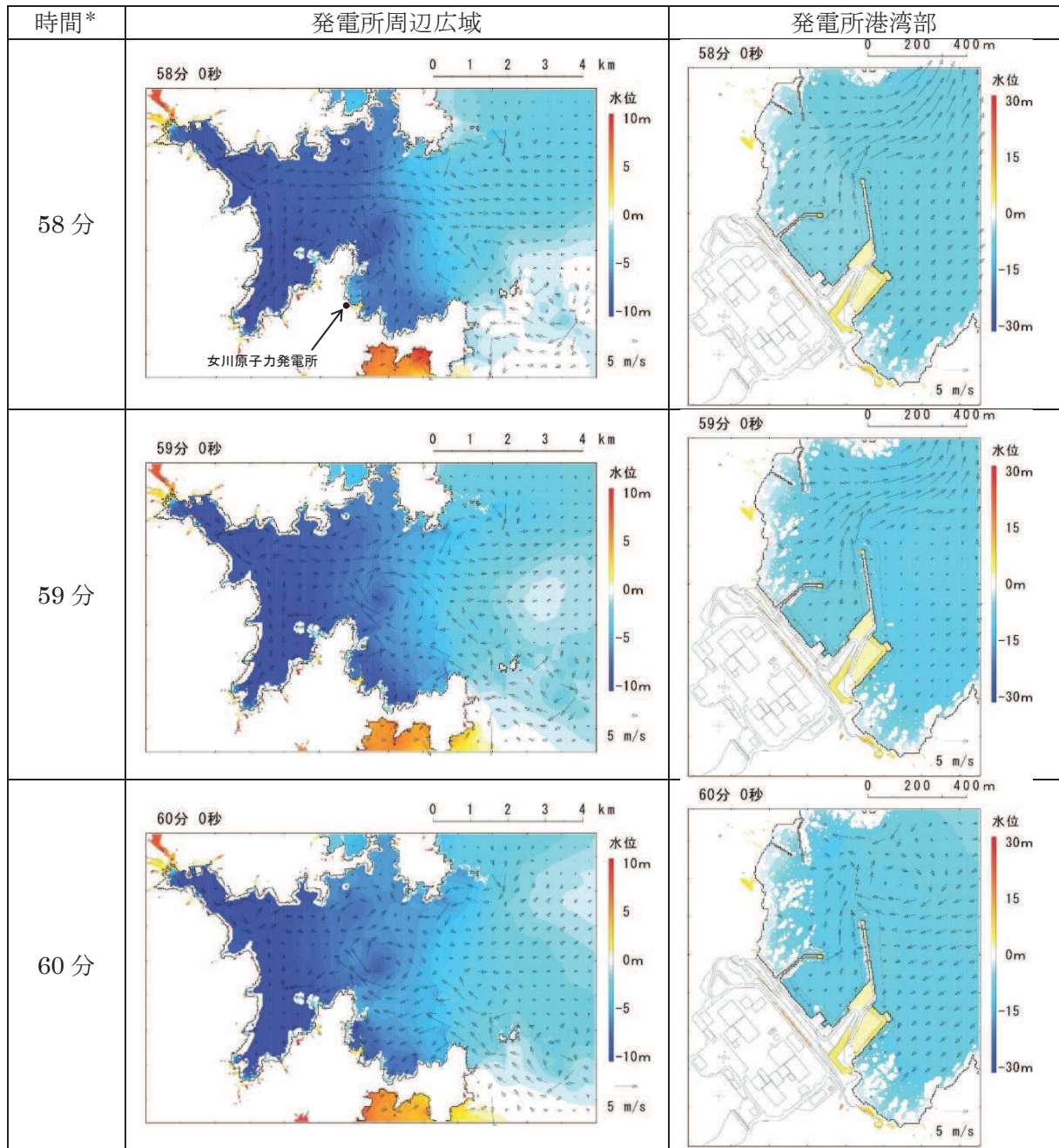


注記 \* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間  
 図 4.2-5(6) 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
 (基準津波 (水位下降側) : 防波堤あり)



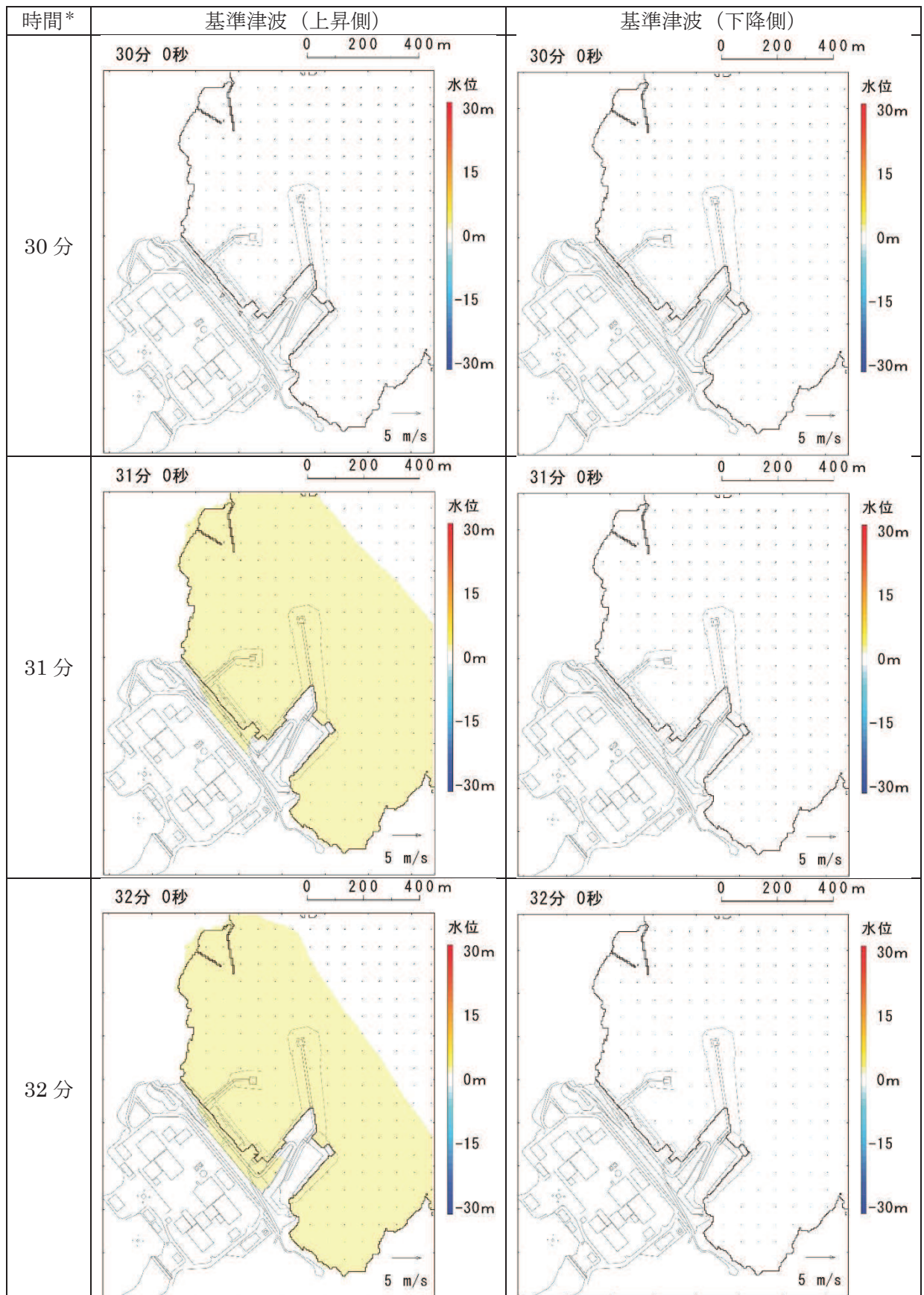
注記 \* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4.2-5(7) 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
(基準津波 (水位下降側) : 防波堤あり)

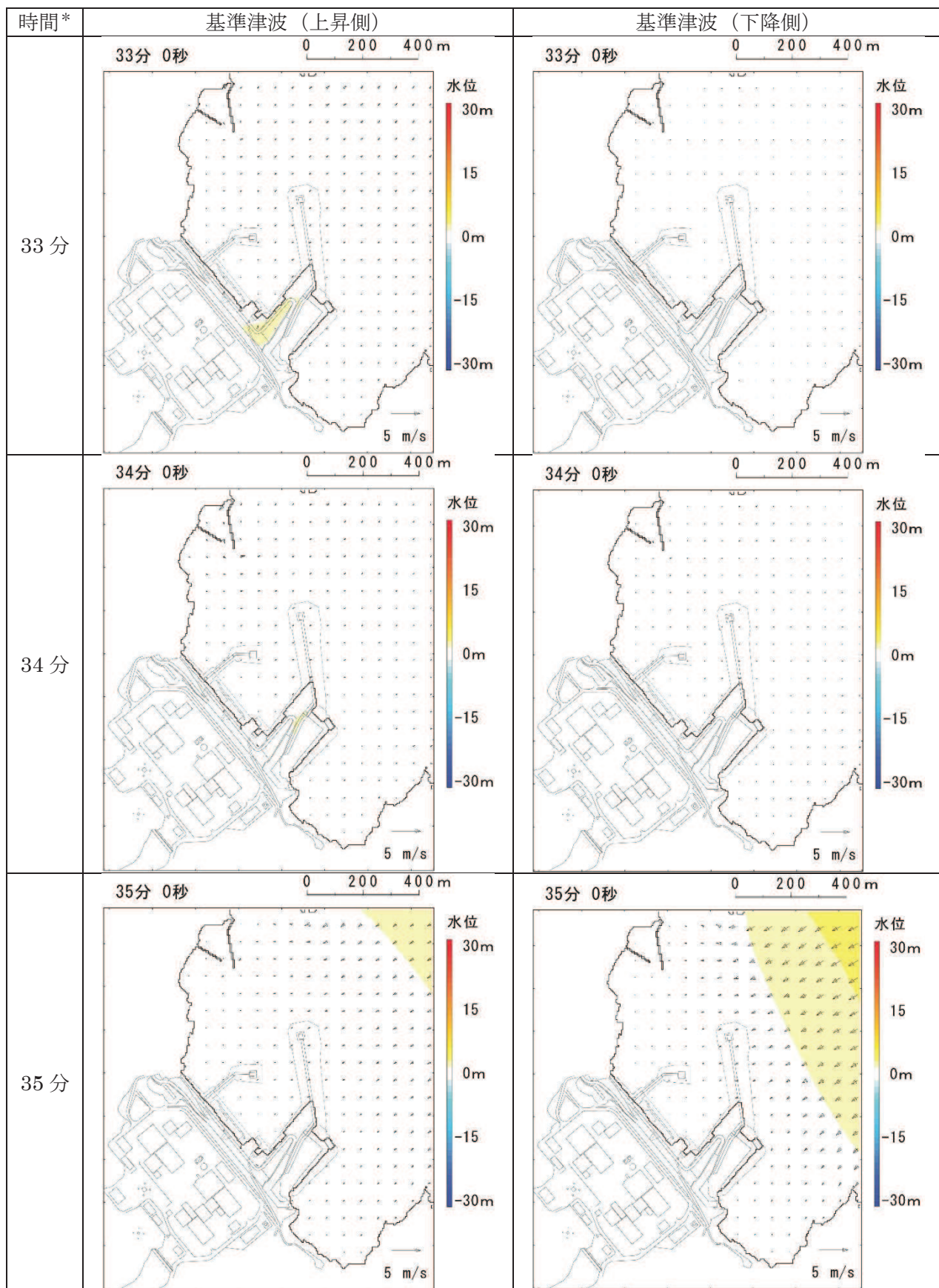


注記 \* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4. 2-5 (8) 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
(基準津波 (水位下降側) : 防波堤あり)

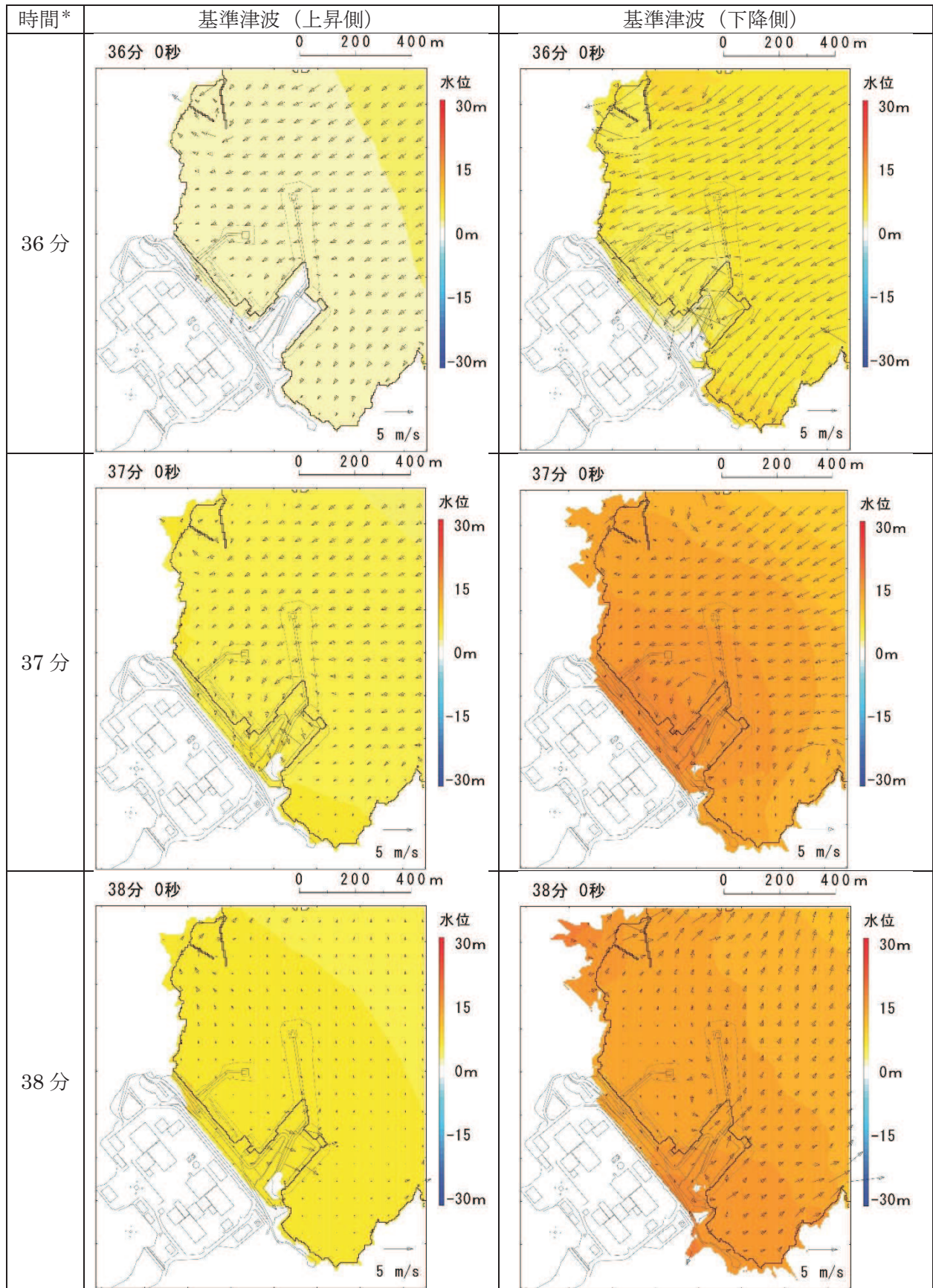


注記 \*：津波の原因となる地震発生後の経過時間  
 図 4.2-6(1) 発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
 (基準津波：防波堤なし)



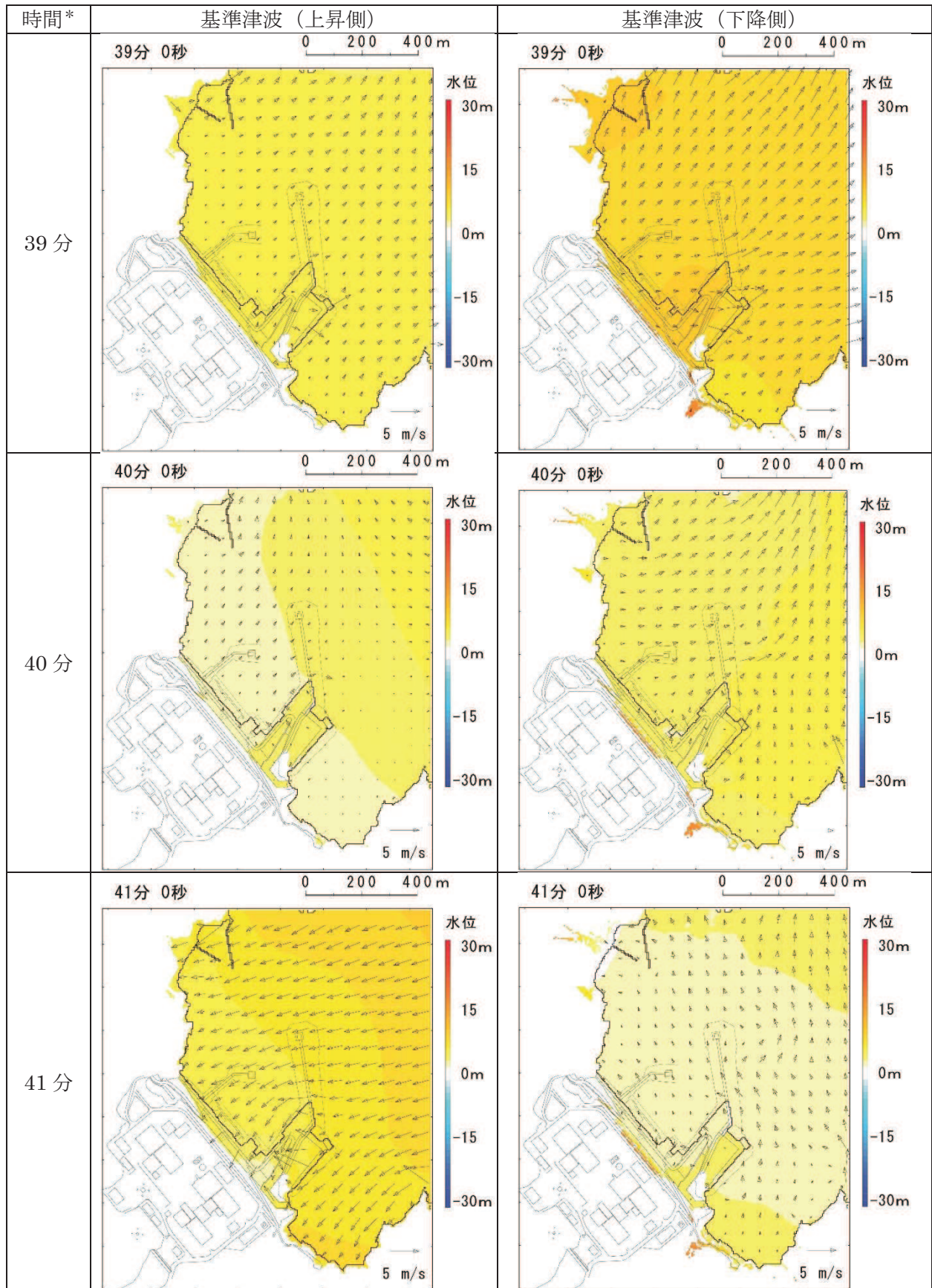
注記 \*：津波の原因となる地震発生後の経過時間  
 図 4.2-6(2) 発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
 (基準津波：防波堤なし)



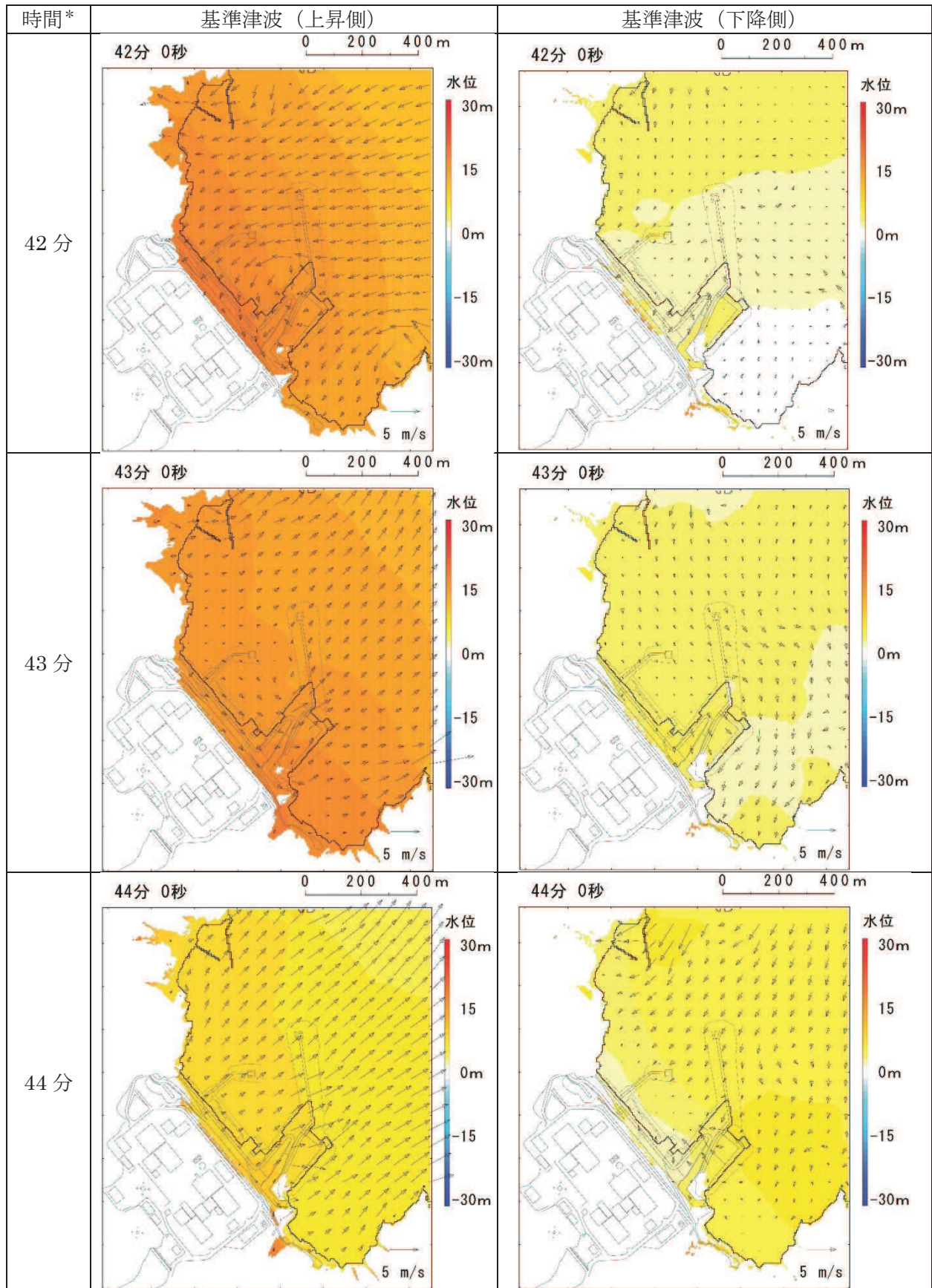


注記 \*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

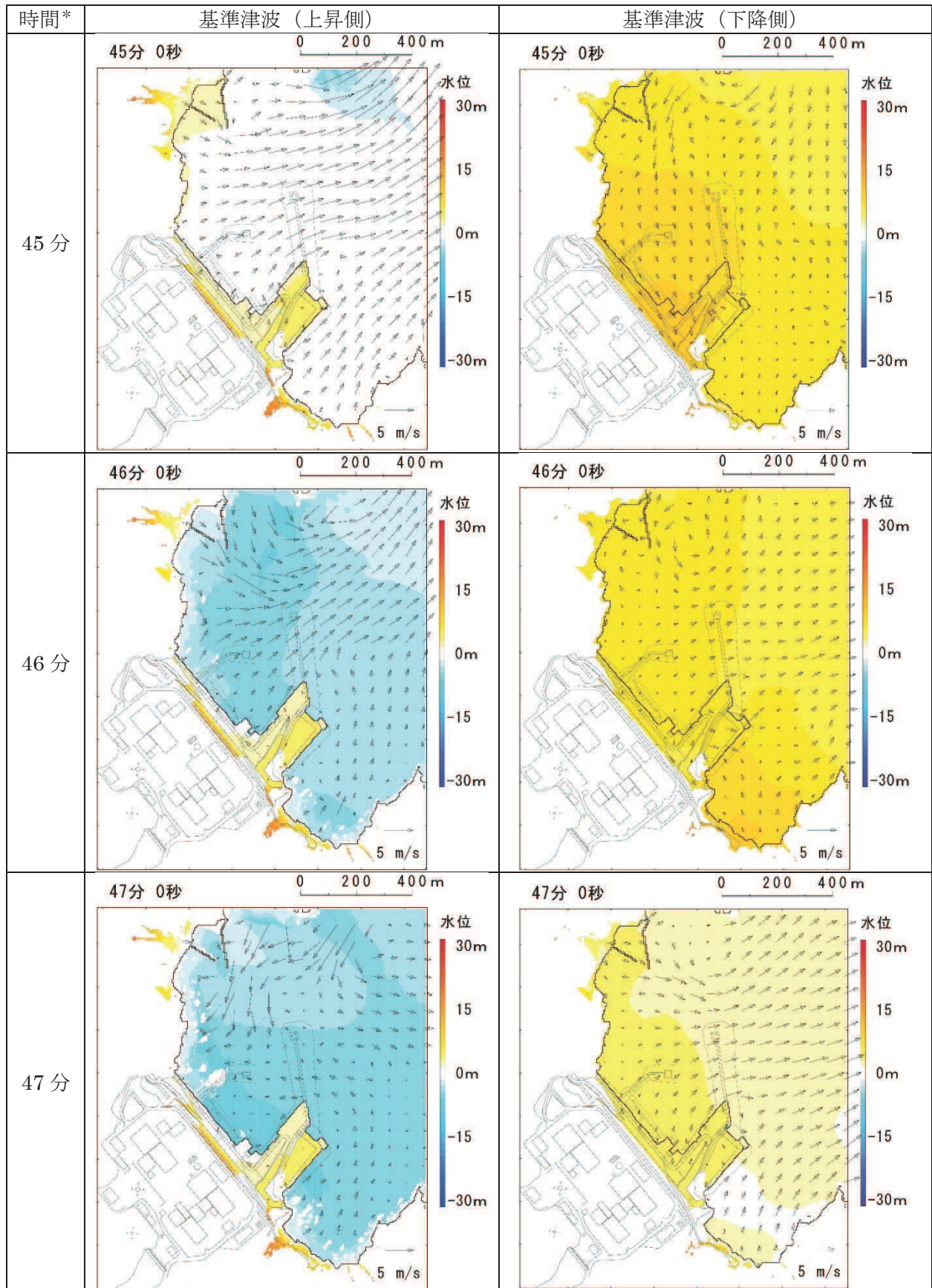
図 4.2-6(3) 発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
(基準津波：防波堤なし)



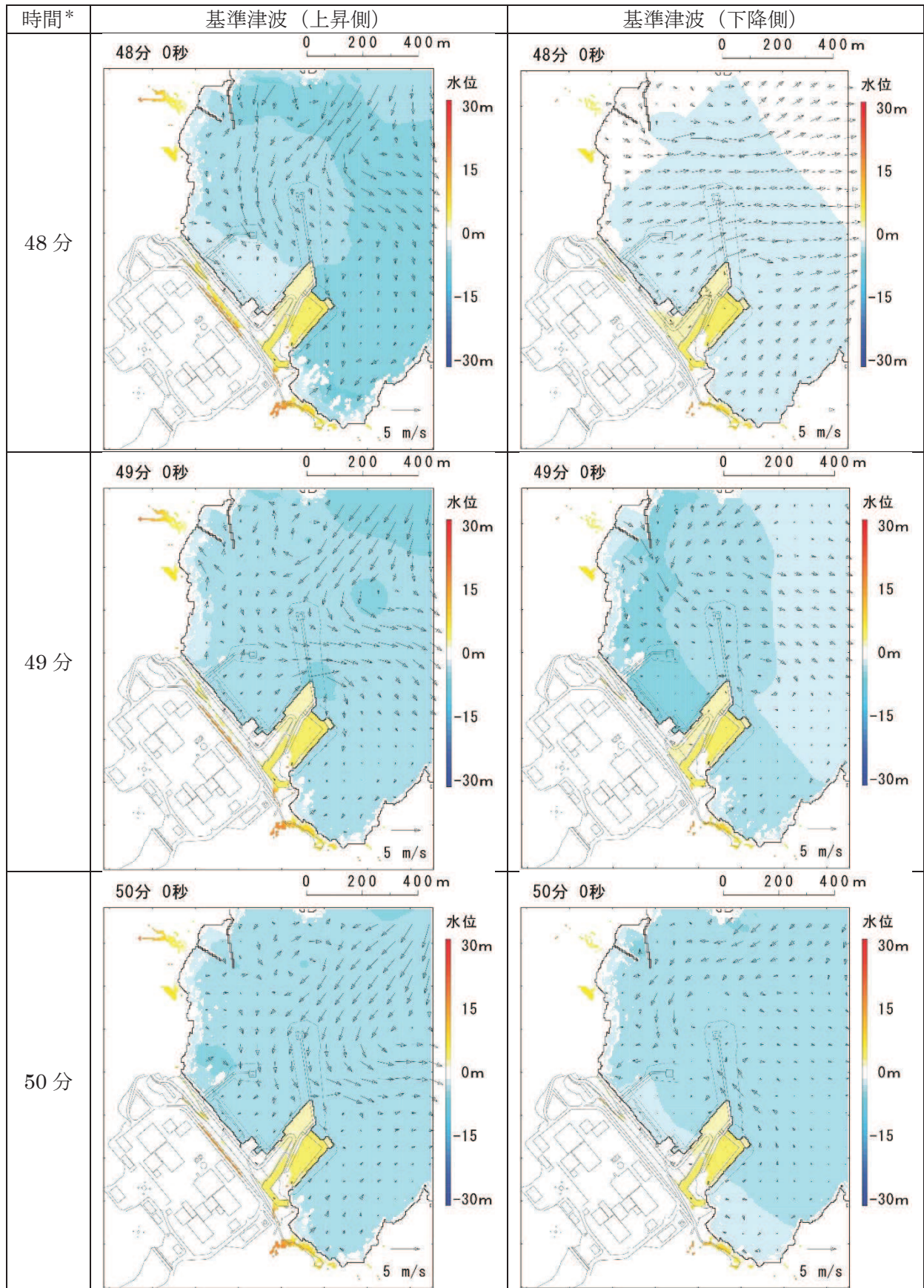
注記 \*：津波の原因となる地震発生後の経過時間  
 図 4.2-6(4) 発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
 (基準津波：防波堤なし)



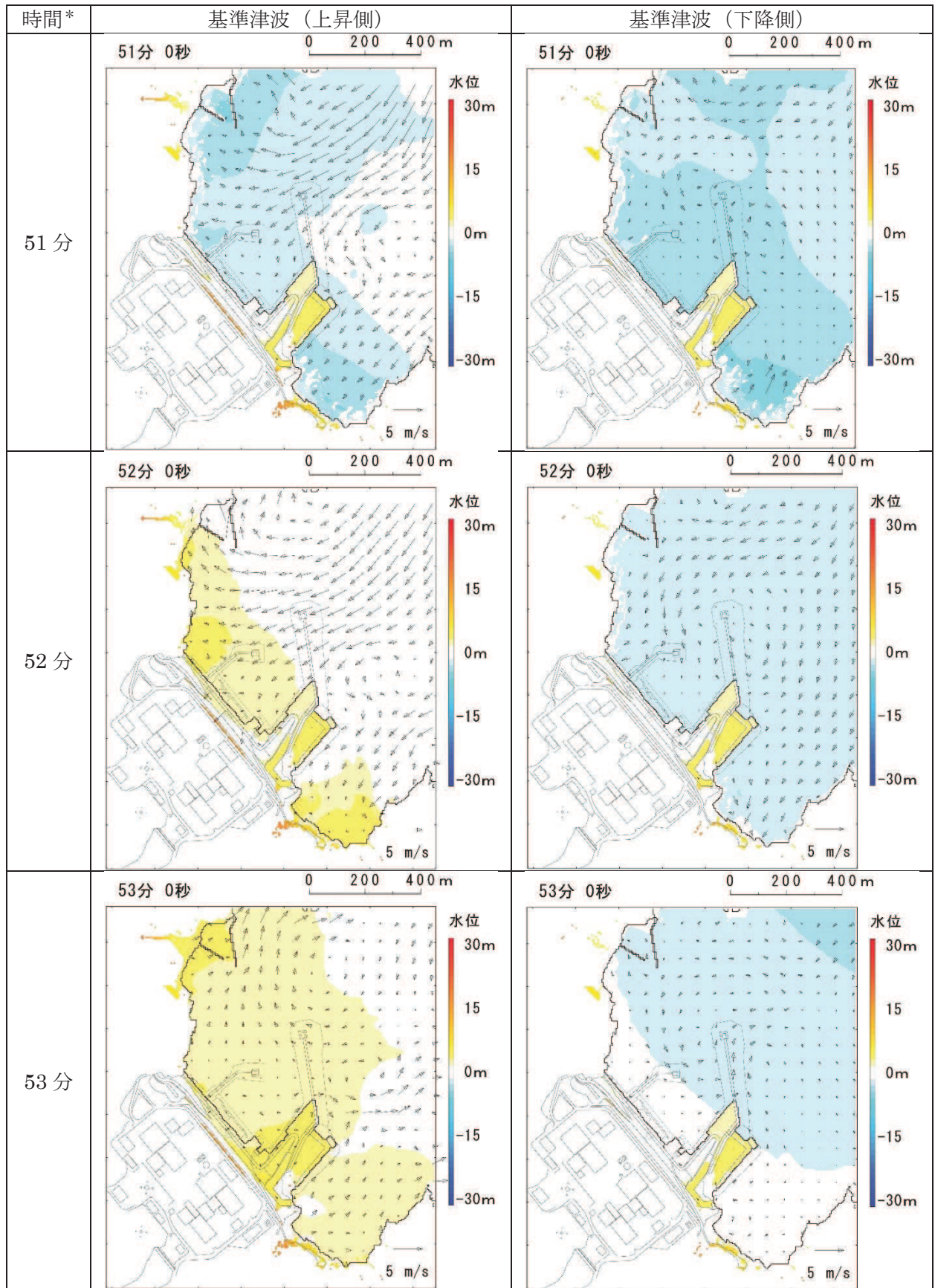
注記 \* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間  
 図 4.2-6(5) 発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
 (基準津波：防波堤なし)



注記 \* : 津波の原因となる地震発生後の経過時間  
 図 4.2-6(6) 発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
 (基準津波：防波堤なし)

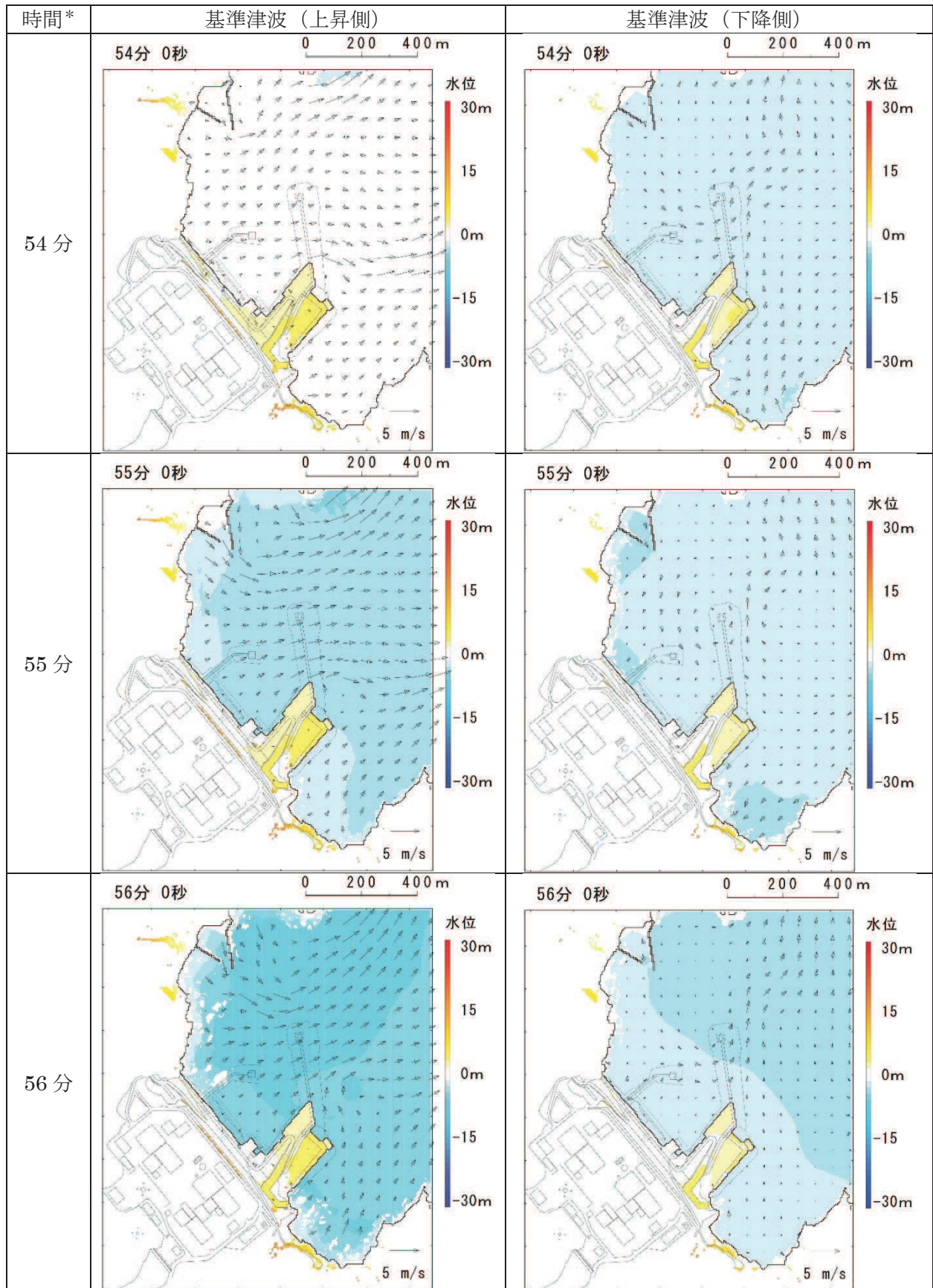


注記 \*：津波の原因となる地震発生後の経過時間  
 図 4.2-6(7) 発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
 (基準津波：防波堤なし)



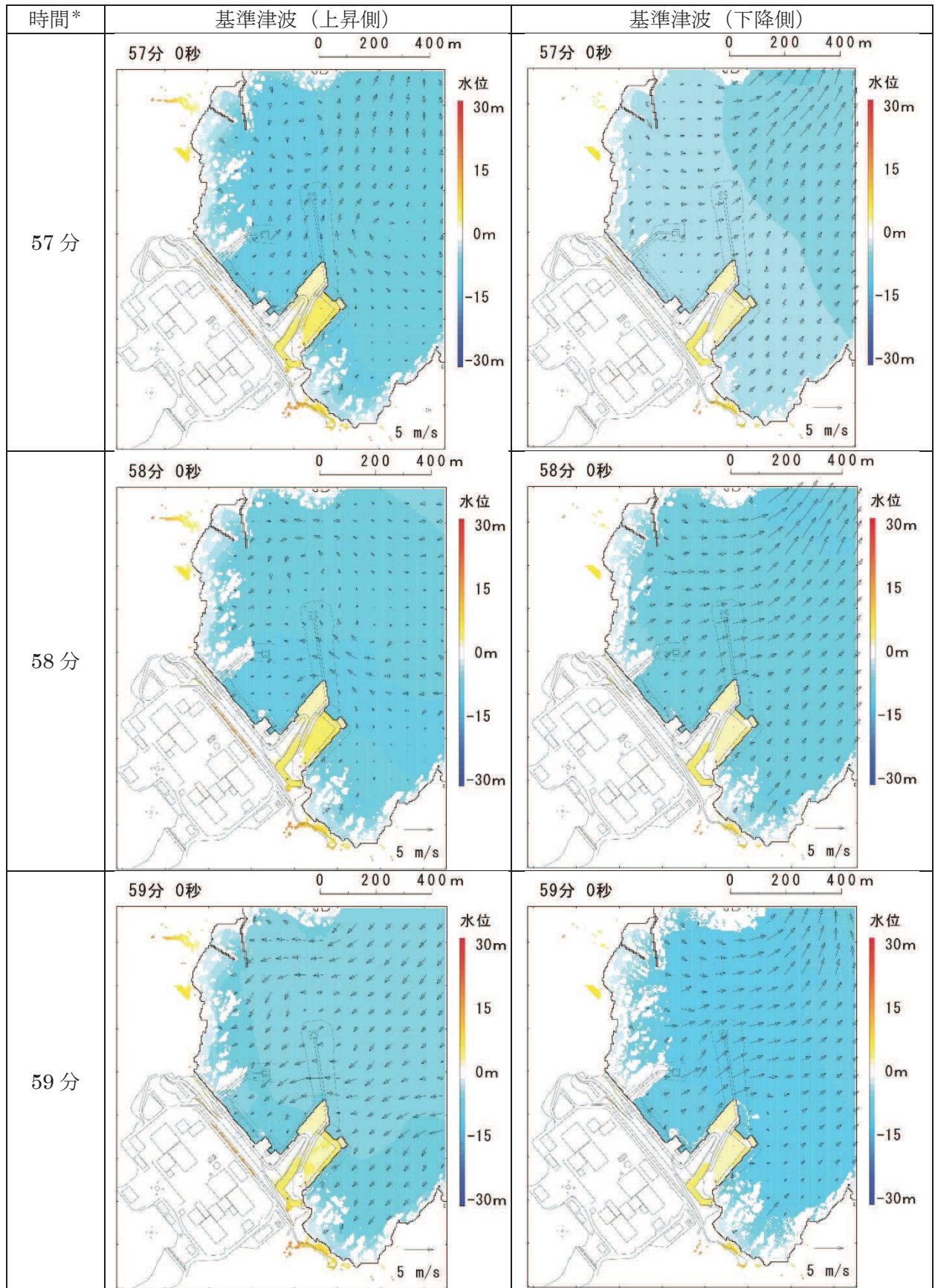
注記 \*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4.2-6(8) 発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
(基準津波：防波堤なし)



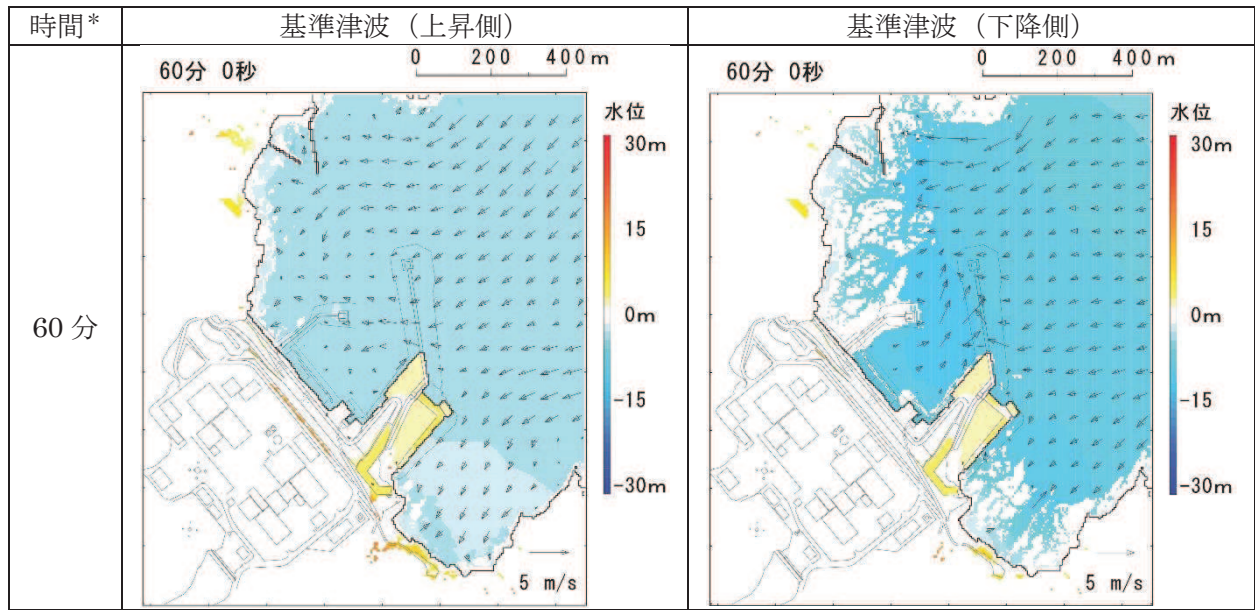
注記 \*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4.2-6(9) 発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
(基準津波：防波堤なし)



注記 \*：津波の原因となる地震発生後の経過時間  
 図 4.2-6(10) 発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
 （基準津波：防波堤なし）





注記 \*：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 4.2-6(11) 発電所敷地前面海域の水位変動・流向ベクトル  
(基準津波：防波堤なし)

さらに、津波の平面二次元解析から求まる流向及び流速により水粒子が辿る経路を確認することで、より詳細に基準津波の流向及び流速の特徴が把握できるため、水粒子の軌跡解析を実施した。

水粒子の移動開始位置については、女川湾の海岸線付近に漁港や市街地が形成されており、多くの施設・設備が存在することから、8箇所設定した(図 4.2-7)。解析時間については、女川湾の中央付近の絶対流速より、地震発生から12時間後では流速が小さくなっており、さらに12時間後(地震発生から24時間後)では流速がほとんどない状況であることを確認したため、軌跡解析の計算時間は地震発生後24時間とした。

水位・流速・流向を確認した位置を図 4.2-7 に、その時刻歴波形を図 4.2-8 に示す。

基準津波(上昇側及び下降側)による軌跡解析の結果、女川湾の湾口部に位置する小屋取からの軌跡は、上昇側及び下降側ともに津波の第一波が北東から襲来し、引き波時にはその逆方向に流れる、という特徴を反映した移動傾向があり、その後は女川湾内を漂う特徴を確認した。一方、女川湾の奥側では、第一波の寄せ波で陸側に移動し、湾奥の手前(高白浜や桐ヶ崎等)は、その後の引き波で海域に移動し、その後女川湾内を漂う特徴を確認した。

上昇側基準津波による軌跡解析結果を図 4.2-9 に、下降側基準津波による軌跡解析結果を図 4.2-10 に示す。また、水粒子の移動開始位置を小屋取に設定した軌跡については、その他の位置と傾向が異なっていたため、図 4.2-11 に示すとおり上昇側基準津波を例に詳細な考察を行った。

なお、軌跡解析は、津波の平面二次元解析から求まる流向及び流速により水粒子が移動する経路(軌跡)を示したものであり、漂流物の挙動と水粒子の軌跡が完全に一致するものではないが、水粒子の軌跡は漂流物の挙動と比較して敏感であり、漂流物の影響を評価する上で重要な流向(漂流物の移動方向)について、詳細に把握できると考えられる。

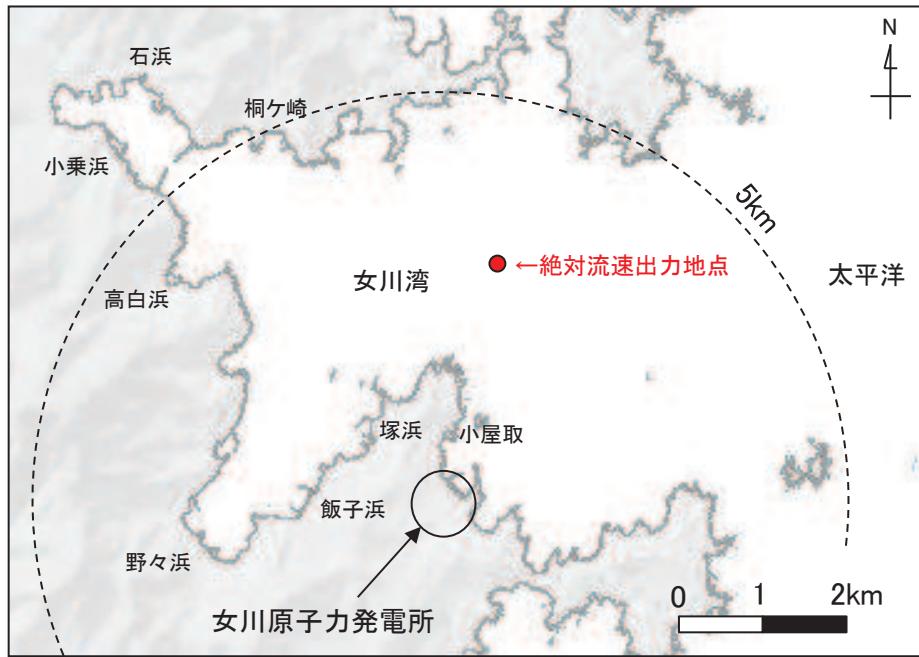


図 4.2-7 水粒子の移動開始位置及び水位・絶対流速・流向の時刻歴波形出力位置

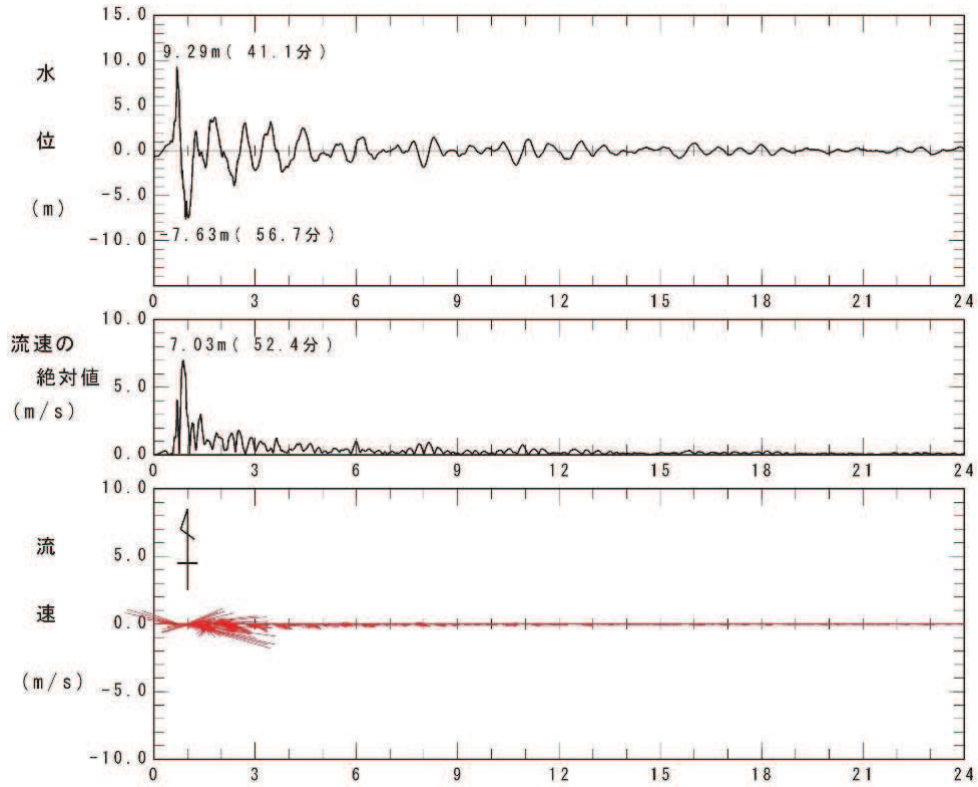


図 4.2-8(1) 水位・絶対流速・流向の波形（上昇側基準津波）

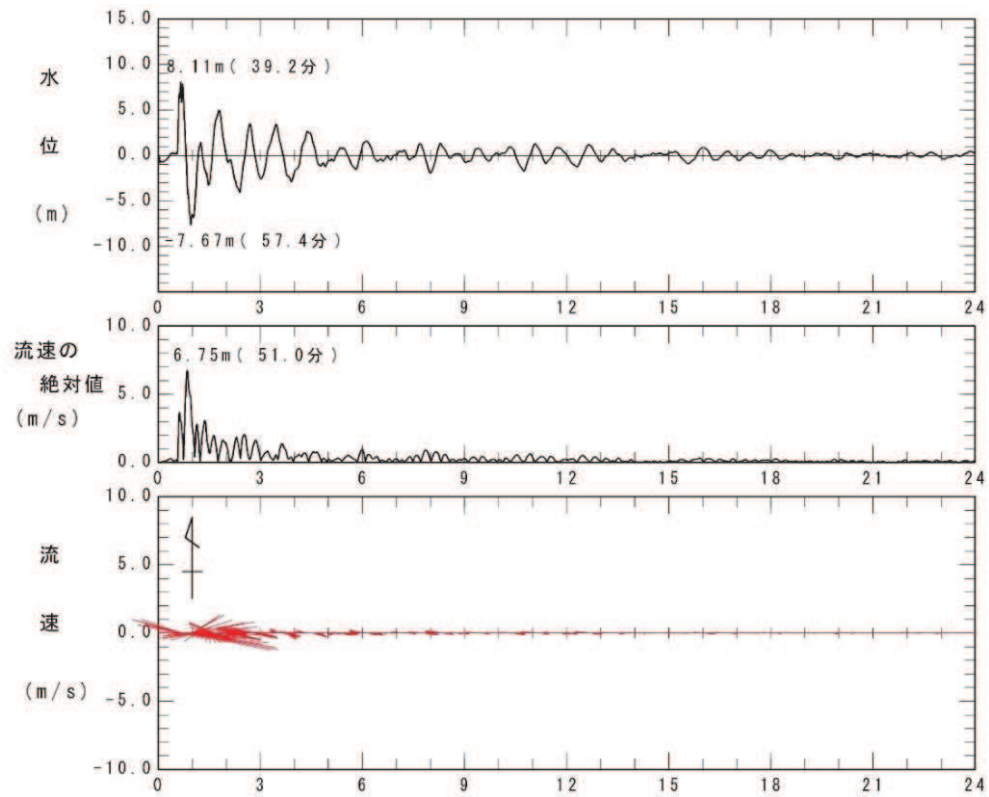


図 4.2-8(2) 水位・絶対流速・流向の波形（下降側基準津波）

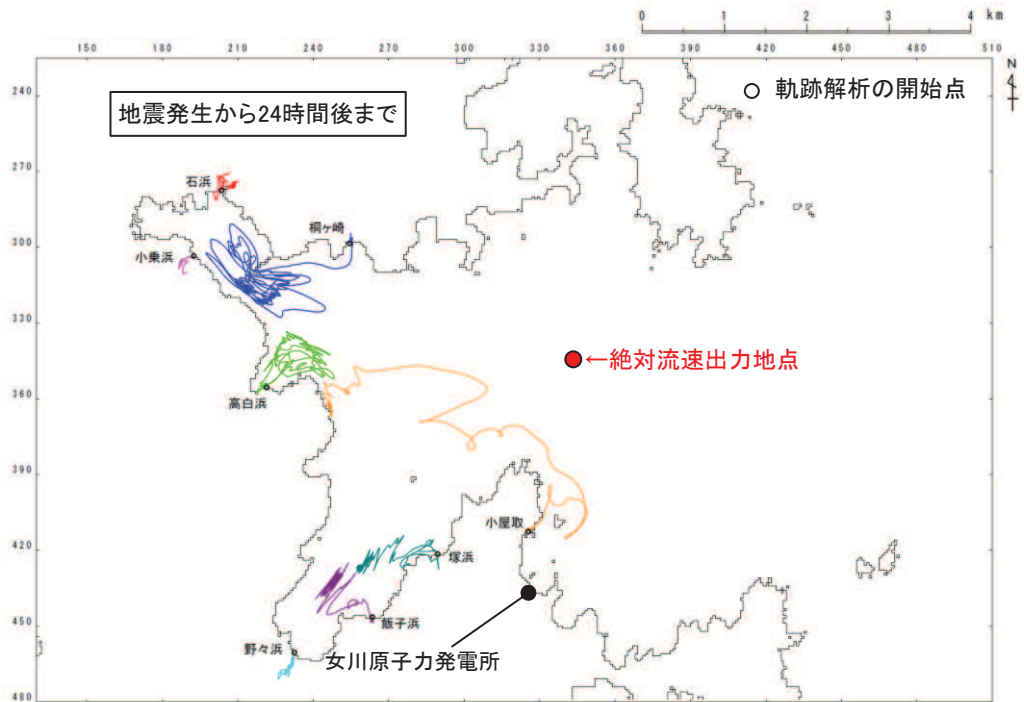
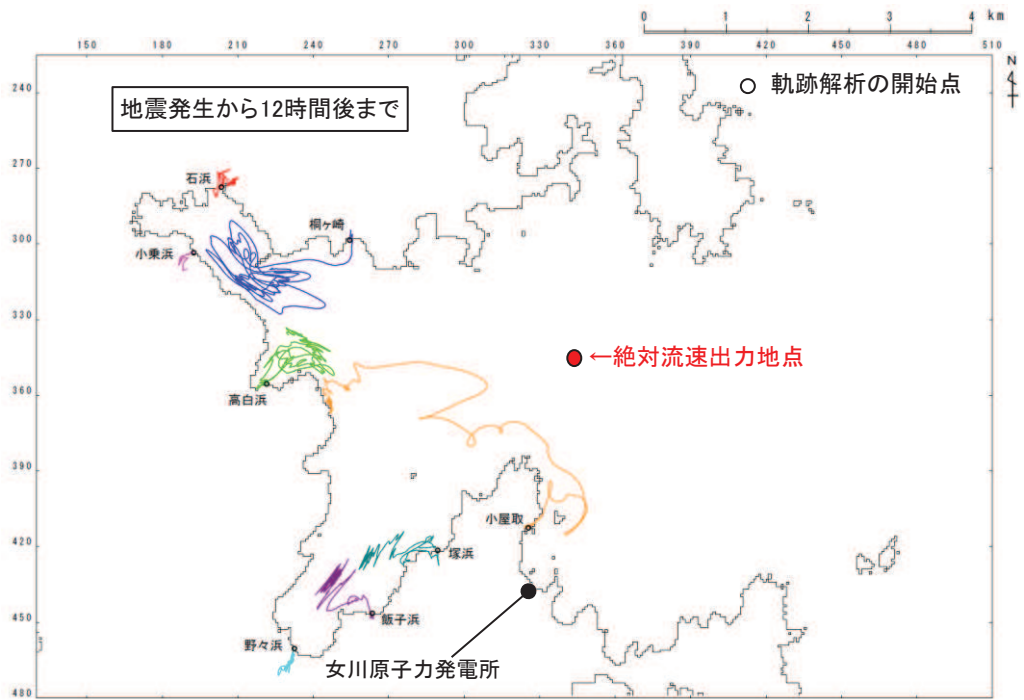


図 4.2-9 軌跡解析結果（上昇側基準津波）

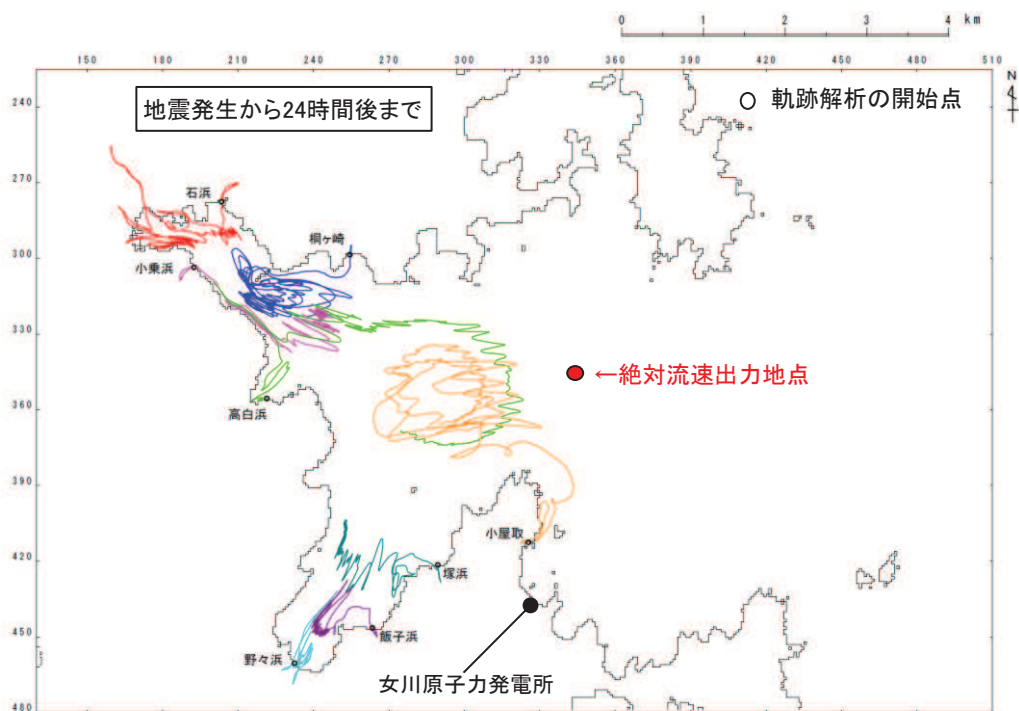
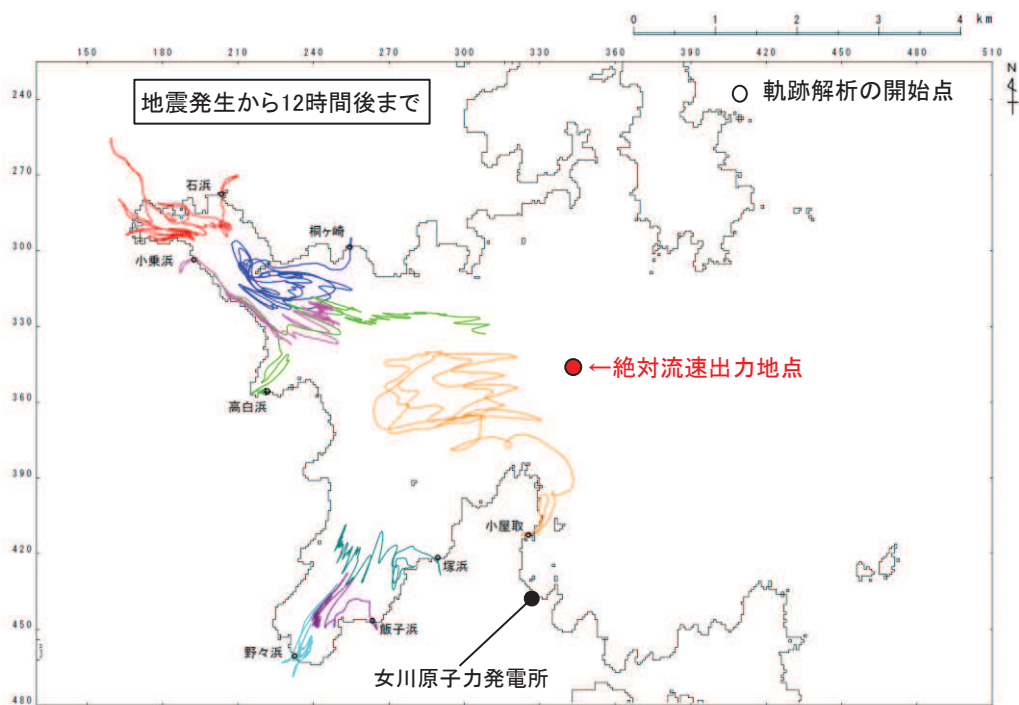


図 4.2-10 軌跡解析結果（下降側基準津波）

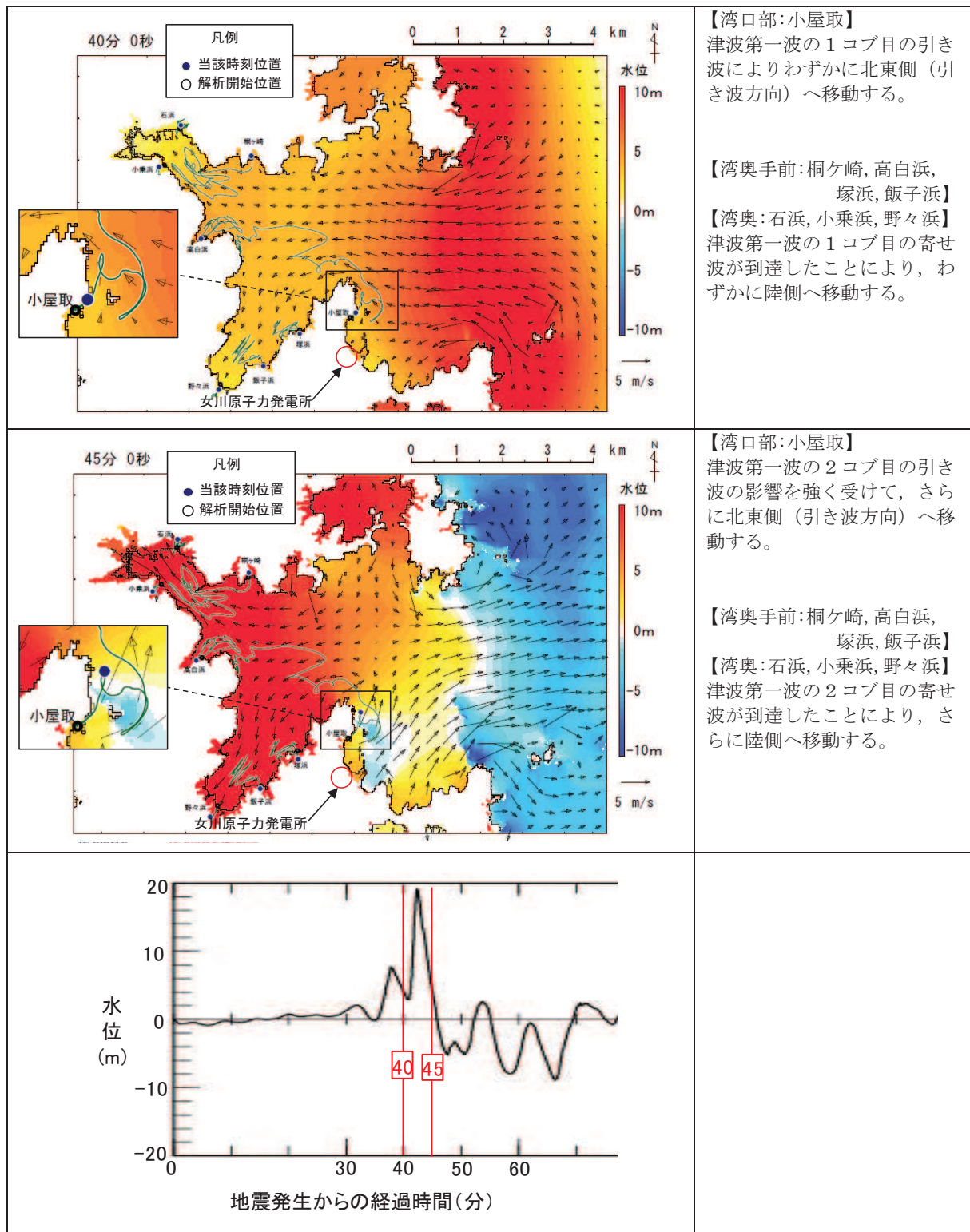


図 4.2-11(1) 軌跡解析結果の詳細 (上昇側基準津波)

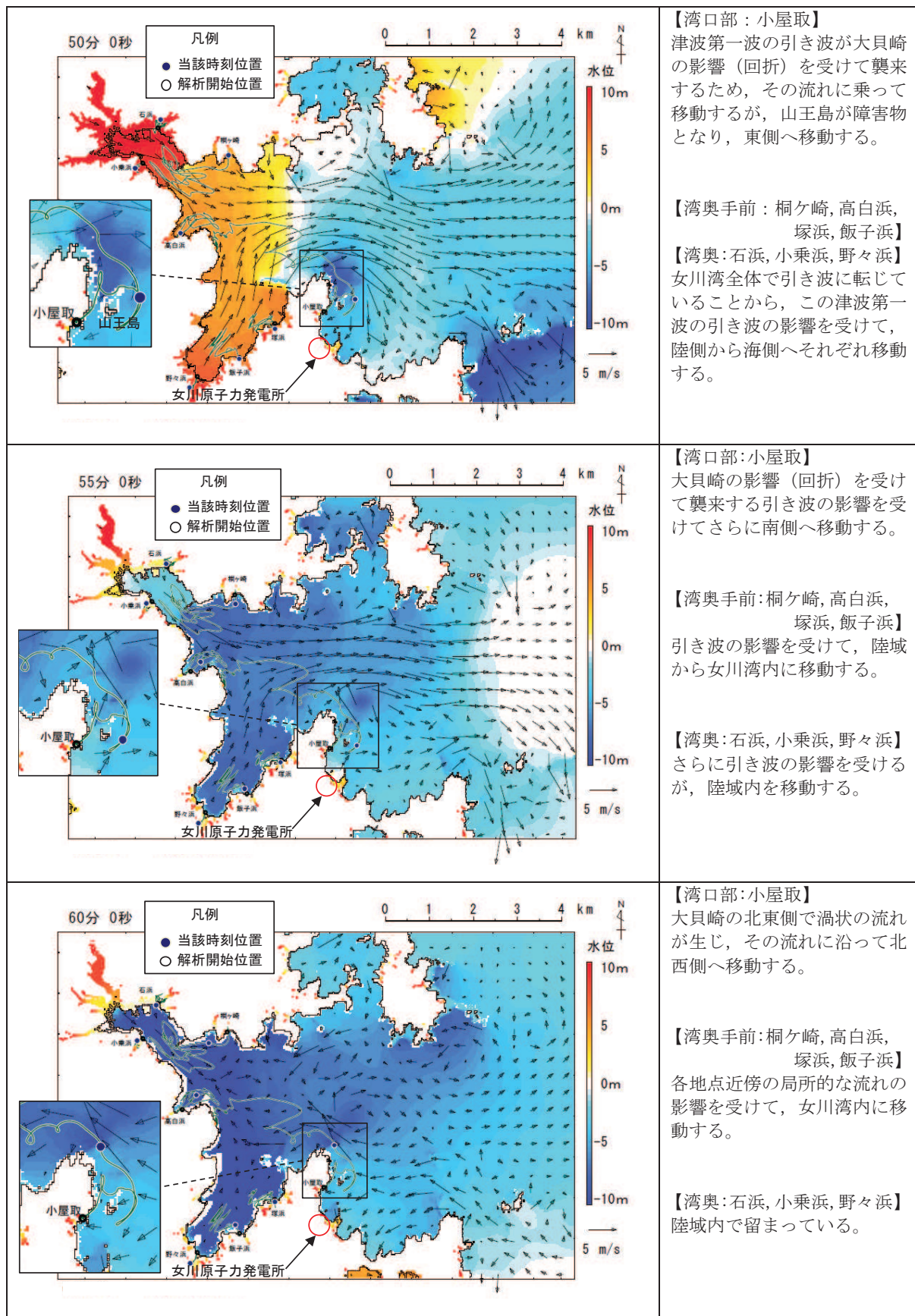


図 4.2-11(2) 軌跡解析結果の詳細（上昇側基準津波）



### ③検討対象施設・設備の抽出範囲の設定

「①発電所周辺地形の把握」からは、リアス海岸の特徴を有する女川湾の湾口部に位置し、発電所よりも西側の湾の奥側には複数の漁港や女川町等の市街地が形成されている、という特徴を確認した。

また、「②基準津波の流速及び流向の把握」からは、女川湾に襲来した津波は、引き波に転じた後、津波襲来方向と逆方向に流れており、東西方向の流れが支配的であること、津波襲来方向と逆方向の流れの一部は、周辺地形の影響を受けて女川原子力発電所へ向かう流れもあること及び女川湾内の海岸線にある施設・設備は女川湾内を漂流する可能性があることを確認した。

これらの特徴に加え、取水口の開口部の標高が海水面よりも下方にあるため、津波の水位によらず、遠方から時間をかけて発電所に漂流する可能性もあることから、検討対象施設・設備の抽出範囲を図 4.2-12 のとおり設定した。

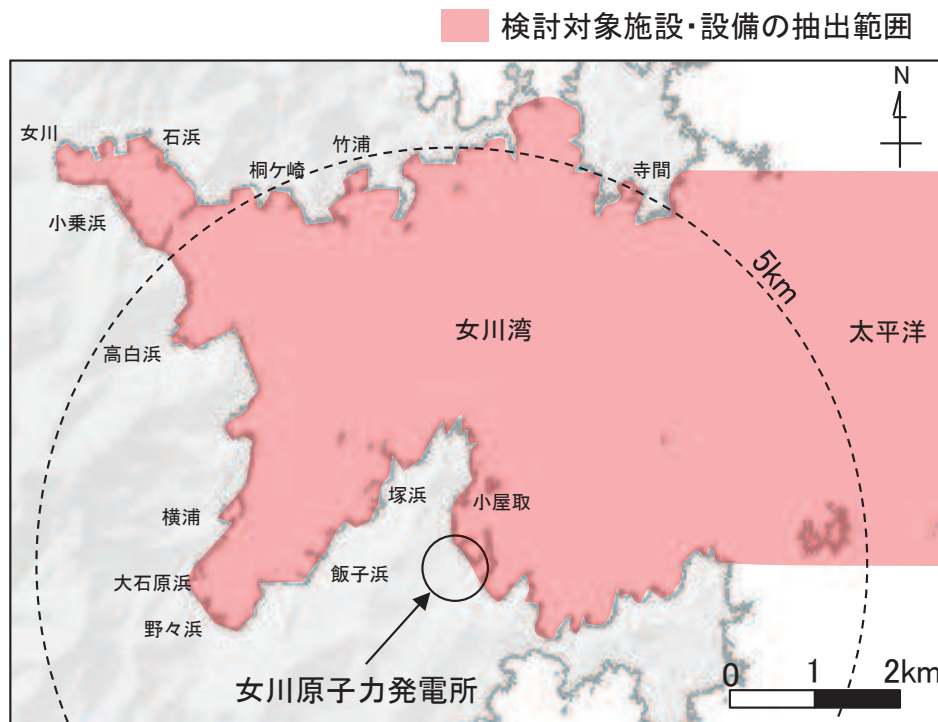


図 4.2-12 検討対象施設・設備の抽出範囲

#### 4.2.2 検討対象施設・設備の抽出

検討対象施設・設備の抽出範囲における東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物の特徴及びその実績を把握し、検討対象施設・設備の抽出を行う。また、発電所周辺と類似した地形での漂流物の特徴も把握し、必要に応じてその特徴を反映する。

漂流物の実績の机上調査として対象とした資料等は、「女川町 東日本大震災記録誌」，「国土交通省 国土技術政策総合研究所 国土技術政策総合研究所資料 第 673 号『津波避難ビル等の構造上の要件の解説』」，「国土交通省 国土技術政策総合研究所 国土技術政策総合研究所資料 第 636 号 独立行政法人 建築研究所 建築研究資料『平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震調査研究（速報）（東日本大震災）』」，「東京大学生産技術研究所 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』」，「海上保安庁『漂流船発見・確認状況』（H23. 11. 16）」，「気仙沼・本吉地域広域行政事務組合消防本部『東日本大震災 消防活動の記録』」，「気仙沼市 気仙沼市震災復興計画（H23. 10. 7 策定，H28. 9. 14 更新）」，「南三陸町 南三陸町震災復興計画（H23. 12. 26 策定，H24. 3. 26 改訂）」等である。

##### ①発電所敷地内における東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物の特徴及び実績の把握

東北地方太平洋沖地震直後の敷地内での調査より、発電所で確認された漂流物は表 4.2-1 に示すとおり小型船舶（船外機）、車両、水槽（工事用の仮設物）、タンク（重油タンク）、木片・混合ごみ・流木及び漁具があった。また、フェンスは漂流しておらず、構内道路はアスファルト舗装の損傷が確認されたが、大規模な不陸は生じていなかった。これら発電所で確認された漂流物を写真 4.2-1 に示す。

また、地震発生当時、これらの漂流物による原子炉補機冷却海水系及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水系の取水性への影響はなく、作業船等によりすべて撤去済である。

表 4.2-1 東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物（敷地内）

漂流物	種類	漂流元 【移動距離】	記 事
小型船舶	船外機	不明	津波の数日後に漂着
車両	約 1～2 t	敷地内 (O.P. +6m の駐車場)	遡上域から駐車場を撤去
水槽	約 0.3 t	敷地内 (O.P. +10m) 【約 20m】	工事用の仮設備
タンク	重油タンク 重油残量約 600kl	敷地内 (O.P. +2.5m) 【約 20m】	重油タンクは撤去済み
木片・ 混合ごみ・ 流木	約 370m <sup>3</sup>	一部敷地内 (O.P. +2.5m)	建屋壁材, 屋根材等
漁具	プラスチック等	不明	大型土嚢 120 袋分

これらのうち、タンクについては撤去済みであるため、今後、漂流物とはならない。鉄骨造の建物自体は漂流していないが、壁材等が漂流物となっていることから、鉄骨造の壁材等は漂流物となる可能性がある。

その他の漂流物については、今後も漂流物となる可能性がある。

RC 造及び鉄骨造の建物は、それ自体漂流していないが、開口部（扉、窓等）はいずれも破損して、建物の気密性は失われていた。また、車両については内空を保持したまま漂流していたことから、基準津波襲来時においても同様の被害を想定する。

なお、東北地方太平洋沖地震前までに整備していた O.P. +6m の駐車場は、防潮堤区画内に移している。



写真 4.2-1(1) 敷地内で確認された東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物（建屋壁材の剥がれ状況）



写真 4. 2-1(2) 敷地内で確認された東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物  
(岸壁全体の漂流物状況 (平成 23 年 3 月 18 日撮影))



写真 4. 2-1(3) 敷地内で確認された東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物  
(東防波堤の漂流物状況 (平成 23 年 3 月 14 日撮影))



写真 4. 2-1(4) 敷地内で確認された東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物  
(岸壁の漂流物状況 (平成 23 年 3 月 22 日撮影))



写真 4. 2-1(5) 敷地内で確認された東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物  
(廃プラ・漁具類 大型土嚢 120 袋分)



写真 4. 2-1(6) 敷地内で確認された東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物  
(混合ゴミ 約 140m<sup>3</sup>)



写真 4. 2-1(7) 敷地内で確認された東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物  
(木片・流木 約 230m<sup>3</sup>)



写真 4. 2-1 (8) 敷地内で確認された東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物  
(0. P. +2. 5m に設置されていた第 1 号機補助ボイラー用の重油貯蔵タンク)



写真 4. 2-1 (9) 敷地内で確認された東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物  
(0. P. +2. 5m に設置されていた第 1 号機補助ボイラー用の重油貯蔵タンク)

## ②女川町及び女川湾における東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物の特徴及び実績の把握

「4.2.1 検討対象施設・設備の抽出範囲の設定」で設定した抽出範囲内にある女川町、女川湾を対象に漂流物の実績及び特徴について調査した。

RC造建築物については、開口部の窓ガラスやドアのほとんどは津波によって破壊されたが、その多くは津波の後も残存していた。一方、一部のRC造建築物で倒壊、転倒、移動等の被害が生じていた。このような被害は、各階の開口の上端から天井までの長さが長い建築物ほどその部分に空気が溜まるため、大きな浮力が働いたことが一因であり、転倒した建築物は比較的開口が少ないものが多かった。4階建てのRC造建築物が転倒した事例では、70mほど流されているが地面等に引きずった跡はみられていない。

鉄骨造建築物については、早期に開口部（扉や窓等）が破損したり、外装材（壁材等）が流され津波の大きな波圧を受けなかったために残存したと考えられるものが多く見られた。

漁業関係の船舶については、震災前に1,057隻があったが、その多くが津波によって流され、残ったのは363隻であった。また、女川港を船籍港とする20t以上の大型漁船は当時6隻であり、そのうち4隻は沖合いで操業しており被災を免れている。残りの2隻については、気仙沼港で係留していたものの、陸への打上げ及び焼失という被害にあっている。ただし、この2隻はいずれも漂流しておらず、港内で被災している。

定期航路を航行する船舶について、「きたかみ」は仙台港に停泊中であったものの、緊急出港して被災を免れている。また、「いしかり」は東京湾で内覧中であったため被災を免れている。一方、「きそ」は津波後に緊急輸送（「きたかみ」も同様）を行っていることから、被災はしていないと判断される。「しまなぎ」「ベガ」「アルティア」は、沖出し避難を行い、被災を免れている。避難海域は以前から指定していた出島の南沖合い（水深40m）のポイントで漂泊し、被災を免れている。

女川港では引き波時において港内側の水位が港外側の水位よりもはるかに高くなり、ケーソンが港外側へ転倒する被災が生じている。

## ③女川湾と類似した地形における東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物の特徴及び実績の把握

「4.2.1 検討対象施設・設備の抽出範囲の設定」で設定した抽出範囲（女川湾）は太平洋側のリアス海岸に位置し、湾の奥に町が形成されている特徴を有する。そのため、同じリアス海岸に位置し、湾の奥に町が形成されているような箇所として気仙沼市と南三陸町を対象に漂流物実績を調査し、漂流したものとしなかったものの整理を行った。

女川原子力発電所、女川湾、気仙沼市及び南三陸町の位置関係を図4.2-2に示す。

#### 気仙沼市の特徴

- 円筒縦置き型の屋外タンク 22 基（最大容量約 3,000k1）が押し波により湾奥へ漂流して陸上へ乗り上げたが、円筒横置き型の 1 基は漂流しなかった。
- 東北地方太平洋沖地震に伴う津波が襲来した際には、多くの漁船等が係留・停泊しており、被災している。特に、大型船舶は、押し波によって陸上へ乗り上げられた（最大で 379t（総トン数）の大型漁船）。一方、小型船舶については、沖合へ漂流した。
- また、多くの家屋が津波によって、がれき化して漂流物となった。

#### 南三陸町の特徴

- 係留又は停泊している多くの小型漁船が流失し、乗用車の多くが漂流した。
- 低地の家屋はほぼ流失（全壊 3,142 棟、半壊 169 棟）し、津波に流されて、大量のがれきが漂流した。
- RC や鉄骨造の建物に関しては、建物自体は漂流していないが、壁材等が剥がれてがれきとなり漂流した。

これら女川湾と類似した地形を有する地点からの漂流物は、女川湾でも同様の施設・設備がある場合には漂流物になる可能性があることから、確認された漂流物の種類について、表 4.2-2 のとおり抽出する方針とする。なお、設定した抽出範囲内（女川湾）からも、同種の施設・設備が抽出されたため、新たに反映すべき種類はなかった。



表 4.2-2 検討対象施設・設備の抽出にあたっての反映方針

検討地点	気仙沼市と南三陸町の漂流物の特徴	設定した抽出範囲内（女川湾）において検討対象施設・設備を抽出する際の反映方針（反映すべき施設・設備の種類）
共通 (気仙沼市・南三陸町)	<ul style="list-style-type: none"> <li>小型船舶については、沖合へ漂流した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>小型船舶について抽出する。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>係留又は停泊している多くの小型漁船が流失した。</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>多くの家屋が津波によって、がれき化して漂流物となった。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>家屋について抽出することとし、がれき化して漂流物となることを検討する。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>低地の家屋はほぼ流失（全壊 3,142 棟、半壊 169 棟）し、津波に流されて大量のがれきが漂流した。</li> </ul>	
気仙沼市	<ul style="list-style-type: none"> <li>円筒縦置き型の屋外タンク 22 基（最大容量約 3,000k1）が押し波により湾奥へ漂流して陸上へ乗り上げた。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>屋外タンクについて抽出することとし、女川湾周辺で抽出されたもののうち最大容量のタンクを考慮する。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>東北地方太平洋沖地震に伴う津波が襲来した際には、多くの漁船等が係留・停泊しており、被災している。特に、大型船舶は、押し波によって陸上へ乗り上げられた（最大で 379t（総トン数）の大型漁船）。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>係留している大型船舶について抽出することとし、陸上への乗り上げによる影響を検討する。また、船舶の規模については、最大のものを考慮する。</li> </ul>
南三陸町	<ul style="list-style-type: none"> <li>乗用車の多くが漂流した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>車両について抽出する。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>RC や鉄骨造の建物に関しては、建物自体は漂流していないが、壁材等が剥がれてがれきとなり漂流した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>RC や鉄骨造の建物はそれ自体は漂流せず、壁材等が剥がれ、がれきとして漂流物となることを検討する。</li> </ul>

#### ④検討対象施設・設備の抽出

上述した検討対象施設・設備の抽出範囲における東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物の特徴及び実績を反映するとともに、発電所周辺と類似した地形での漂流物の特徴も参考に、検討対象施設・設備の抽出を行った。

抽出にあたっては、検討対象施設・設備の配置特性を踏まえ、抽出範囲を敷地内と敷地外に分類した上で、敷地外については、漁港・集落・海岸線の人工構造物、海上設置物、船舶に分類して調査を行った（表 4.2-3）。また、調査範囲と調査分類の対応を図 4.2-13 に示す。

なお、今回抽出範囲として設定した領域は、東北地方太平洋沖地震に伴う津波により、家屋・海上設置物の流出等の被害が発生しているが、現在復旧途上であることから、地震発生前の状況も考慮し漂流物を調査した。

調査要領の詳細について、参考 1 に示す。

表 4.2-3 漂流物の調査方法

調査分類			調査方法	対象例
敷地内 (陸域)	発電所敷地内における人工構造物	A	机上調査 現地調査	発電所港湾施設 建屋
敷地外 (陸・海域)	漁港・集落・海岸線の人工構造物	B	机上調査 現地調査	港湾施設 商・工業施設, 家屋
	海上設置物	C	机上調査 聞き取り調査	係留漁船 養殖漁業施設
	船舶	D	机上調査 聞き取り調査	燃料等輸送船 定期航路船舶



図 4.2-13 調査範囲と調査分類との対応

注記 \*1: 沖合側(東側)の範囲については海上設置物の設置状況を考慮して設定  
\*2: 沖合側(東側)の範囲については定期航路船舶の航路を考慮して設定

「4.2.1 検討対象施設・設備の抽出範囲の設定」及び「4.2.2 検討対象施設・設備の抽出」を踏まえ、図 4.2-14 に示す漂流物の選定・影響確認フローを策定した。

この漂流物の選定・影響確認フローに従って取水性への影響を評価した。

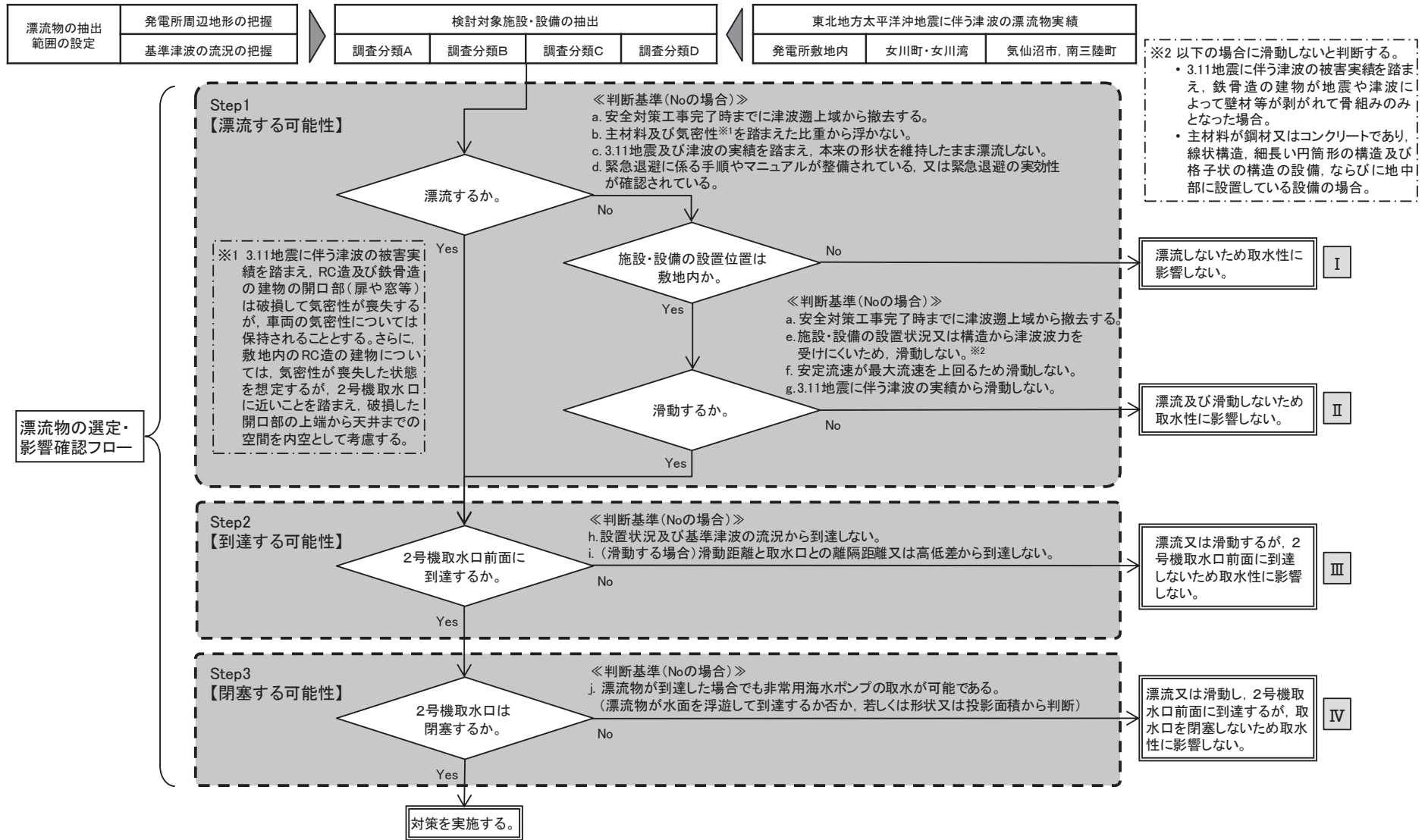


図 4.2-14 漂流物の選定・影響確認フロー

#### 4.2.3 取水性への影響評価

##### ①発電所敷地内における人工構造物の調査結果（調査分類A）

設計基準対象施設の津波防護対象設備（津波防護施設，浸水防止設備，津波監視設備及び非常用取水設備を除く。）を内包する建屋及び区画は O.P.+13.8m の敷地に設置されており，敷地前面に防潮堤を設置することから，防潮堤区画内に基準津波による遡上波が直接到達，流入することはない。

一方，防潮堤の海側となる防潮堤区画外は津波の遡上域となる（図 4.2-15）。これら遡上域で確認された施設・設備を図 4.2-16 に，主な諸元を表 4.2-4 に示す。

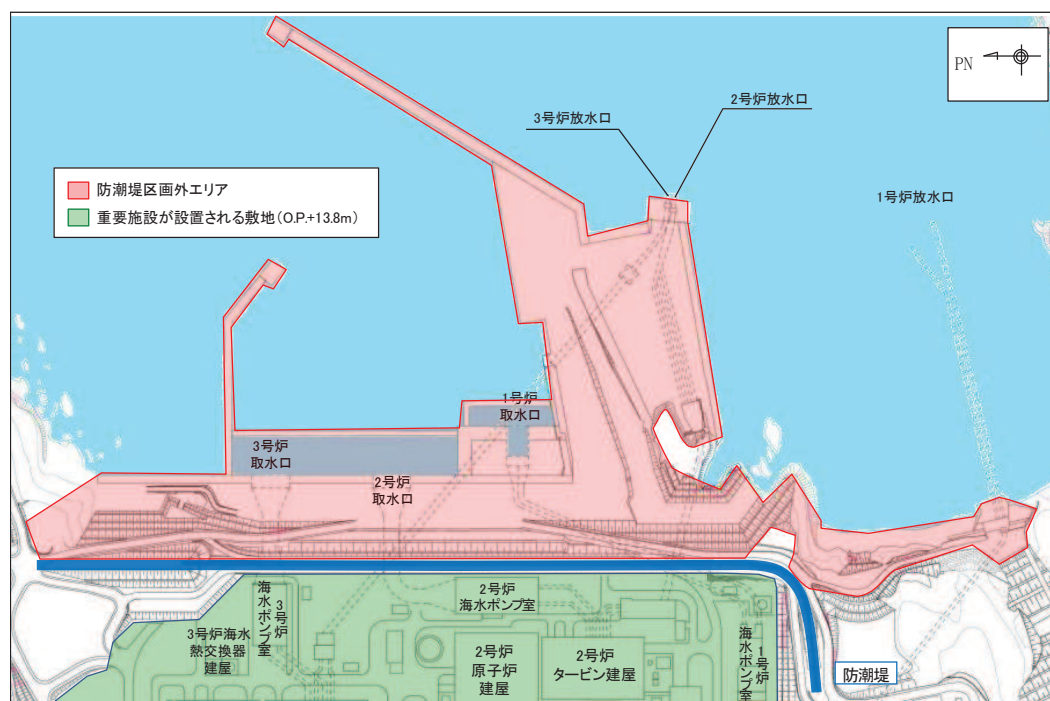


図 4.2-15 調査分類Aの範囲（防潮堤区画外）

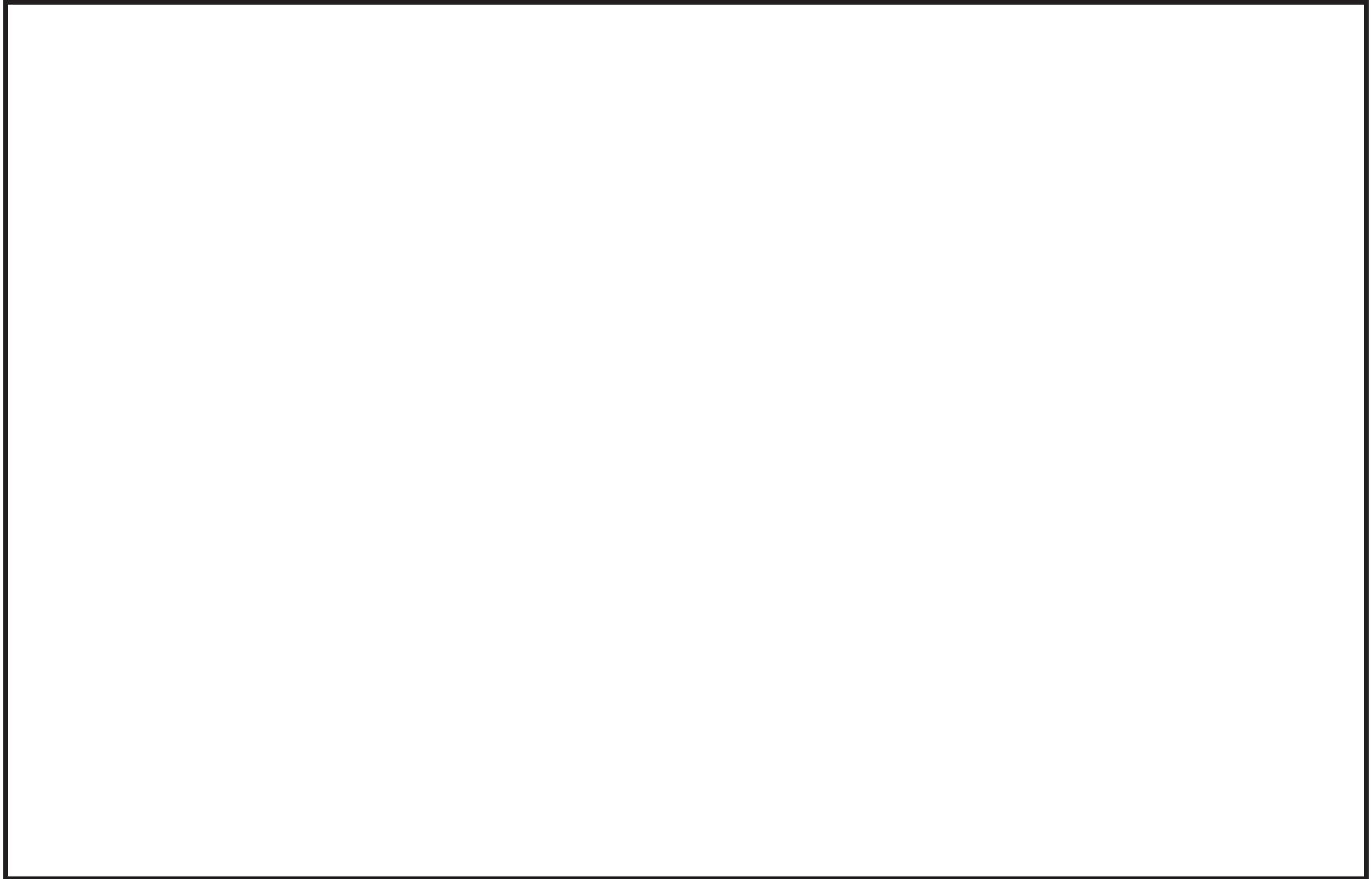


図 4. 2-16(1) 発電所構内における人工構造物（調査分類A）の配置概要図

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

			
<p>No. 1 北防波堤導標</p>	<p>No. 2 東防波堤灯台</p>	<p>No. 3 第3号機放水路サンプリング建屋</p>	<p>No. 4 第2号機放水口モニタ建屋</p>
			
<p>No. 5 第2号機放流管真空ポンプ室</p>	<p>No. 6 第1号機放水路サンプリング室 (排水路試料採取室)</p>	<p>No. 7 第1号機放水口モニタ建屋</p>	<p>No. 8 港湾作業管理詰所</p>
			<p>写真なし</p>
<p>No. 9 オイルフェンス格納倉庫</p>	<p>No. 10 屋外電動機等点検建屋</p>	<p>No. 11 配電柱</p>	<p>No. 12 車両</p>

図 4.2-16 (2) 発電所構内における人工構造物 (調査分類A)