

島根原子力発電所 2 号炉 審査資料	
資料番号	EP-066 改 51
提出年月日	令和 3 年 1 月 15 日

島根原子力発電所 2 号炉

津波による損傷の防止

令和 3 年 1 月
中国電力株式会社

第5条：津波による損傷の防止

<目 次>

1. 基本方針

1.1 要求事項の整理

1.2 追加要求事項に対する適合性

(1) 位置, 構造及び設備

(2) 安全設計方針

(3) 適合性説明

1.3 気象等

1.4 設備等 (手順等含む)

2. 津波による損傷の防止

(別添資料1)

島根原子力発電所2号炉 耐津波設計方針について

3. 運用, 手順説明

(別添資料2)

島根原子力発電所2号炉 運用, 手順説明 津波による損傷の防止

4. 現場確認を要するプロセス

(別添資料3)

島根原子力発電所2号炉 耐津波設計における現場確認プロセスについて

下線は, 今回の提出資料を示す。

島根原子力発電所 2 号炉 耐津波設計方針について

目 次

I. はじめに

II. 耐津波設計方針

1. 基本事項

- 1.1 津波防護対象の選定
- 1.2 敷地及び敷地周辺における地形及び施設の配置等
- 1.3 基準津波による敷地周辺の遡上・浸水域
- 1.4 入力津波の設定
- 1.5 水位変動，地殻変動の考慮
- 1.6 設計または評価に用いる入力津波

2. 設計基準対象施設の津波防護方針

- 2.1 敷地の特性に応じた津波防護の基本方針
- 2.2 敷地への浸水防止（外郭防護1）
- 2.3 漏水による重要な安全機能への影響防止（外郭防護2）
- 2.4 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）
- 2.5 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止
- 2.6 津波監視

3. 重大事故等対処施設の津波防護方針

- 3.1 敷地の特性に応じた津波防護の基本方針
- 3.2 敷地への浸水防止（外郭防護1）
- 3.3 漏水による重大事故等に対処するために必要な機能への影響防止（外郭防護2）
- 3.4 重大事故等に対処するために必要な機能を有する施設の隔離（内郭防護）
- 3.5 水位変動に伴う取水性低下による重大事故等に対処するために必要な機能への影響防止
- 3.6 津波監視

4. 施設・設備の設計・評価の方針及び条件

- 4.1 津波防護施設の設計
- 4.2 浸水防止設備の設計
- 4.3 津波監視設備の設計
- 4.4 施設・設備等の設計・評価に係る検討事項

(添付資料)

1. 基準津波に対して機能を維持すべき設備とその配置
2. 津波シミュレーションに用いる数値計算モデルについて
3. 地震時の地形等の変化による津波遡上経路への影響について
4. 日本海東縁部に想定される地震による発電所敷地への影響について
5. 港湾内の局所的な海面の励起について
6. 管路計算の詳細について
7. 入力津波に用いる潮位条件について
8. 入力津波に対する水位分布について
9. 津波防護対策の設備の位置付けについて
10. 内郭防護において考慮する溢水の浸水範囲、浸水量について
11. 浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策の設置位置、実施範囲及び施工例
12. 基準津波に伴う砂移動評価について
13. 島根原子力発電所周辺海域における底質土砂の分析結果について
14. 海水ポンプ軸受の浮遊砂耐性について
15. 津波漂流物の調査要領について
16. 燃料等輸送船の係留索の耐力について
17. 燃料等輸送船の喫水高さと津波高さとの関係について
18. 漂流物の評価において考慮する津波の流速・流向について
19. 津波監視設備の監視に関する考え方
20. 耐津波設計において考慮する荷重の組合せについて
21. 基準類における衝突荷重算定式及び衝突荷重について
22. 耐津波設計における余震荷重と津波荷重の組合せについて
23. 水密扉の運用管理について
24. 審査ガイドとの整合性（耐津波設計方針）
25. 防波壁の設計方針及び構造成立性評価結果について
26. 防波壁及び防波扉における津波荷重の設定方針について
27. 津波流入防止対策について
28. タービン建物（耐震Sクラスの設備を設置するエリア）及び取水槽循環水ポンプエリアに設置する耐震Sクラスの設備に対する浸水影響について
29. 1号炉取水槽流路縮小工について
30. 取水槽除じん機エリア防水壁及び取水槽除じん機エリア水密扉の設計方針及び構造成立性の見通しについて
31. 施設護岸の漂流物評価における遡上域の範囲及び流速について
32. 海水ポンプの実機性能試験について
33. 海水ポンプの吸込流速が砂の沈降速度を上回る範囲について
34. 水位変動・流向ベクトルについて
35. 荷揚場作業に係る車両・資機材の漂流物評価について
36. 構外海域の漂流物が施設護岸及び取水口へ到達する可能性について

- 37. 津波発生時の運用対応について
- 38. 地震後の荷揚場の津波による影響評価について
- 39. 防波壁通路防波扉及び1号放水連絡通路防波扉の設計及び運用対応について
- 40. 浸水防止設備のうち機器・配管系の基準地震動 S_s に対する許容限界について
- 41. 1号炉放水連絡通路の閉塞について
- 42. 総トン数10トン以上のイカ釣り漁漁船の操業禁止区域について
- 43. 島根原子力発電所の周辺海域で操業する漁船について

(参考資料)

- － 1 島根原子力発電所における津波評価について
- － 2 島根原子力発電所2号炉内部溢水の影響評価について(別添資料1第9章)
- － 3 島根原子力発電所2号炉内部溢水の影響評価について(別添資料1第10章)
- － 4 島根原子力発電所2号炉内部溢水の影響評価について(別添資料1補足説明資料30)
- － 5 津波防護上の地山範囲における地質調査 柱状図及びコア写真集(第762回審査会合 机上配布資料, 第802回審査会合 机上配布資料, 第841回審査会合 机上配布資料)

下線は、今回の提出資料を示す。 (2.5については、2.5.2(3)を抜粋)

2.5 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止

2.5.2 津波の二次的な影響による非常用海水冷却系の機能保持確認

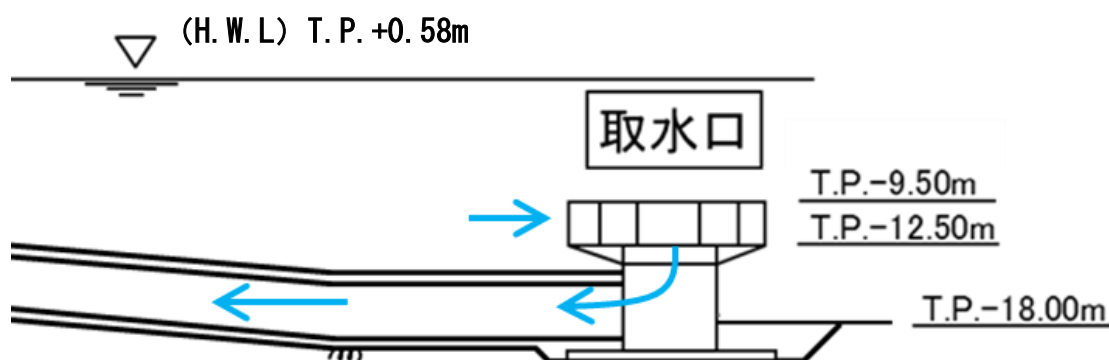
(3) 基準津波に伴う取水口付近の漂流物に対する取水性確保

2号炉の取水口は深層取水方式を採用しており、取水口呑口上端がEL-9.5mと低い位置（第2.5-6図）であることから、漂流物が取水口及び取水路の通水性に影響を与える可能性は小さいが、基準津波により漂流物となる可能性がある施設・設備等が、取水口あるいは取水路を閉塞させ、非常用海水冷却系（原子炉補機海水系及び高圧炉心スプレイ補機海水系）の取水性に影響を及ぼさないことを確認した。漂流物に対する取水性確保の影響評価については、発電所周辺地形並びに敷地及び敷地周辺に襲来する津波の特性を把握した上で、検討対象施設・設備の抽出範囲を設定し、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、2号炉取水口に到達する可能性及び2号炉取水口が閉塞する可能性についてそれぞれ検討を行い、非常用海水冷却系の海水ポンプの取水性への影響を評価した。

なお、漂流物調査範囲内の人工構造物（漁船を含む）の位置、形状等に変更が生じた場合は、津波防護施設の健全性又は取水機能を有する安全設備の取水性に影響を及ぼす可能性がある。このため、漂流物調査範囲内の人工構造物（漁船を含む）については、基準適合状態維持の観点から、設置状況を定期的（1回／定期事業者検査）に確認するとともに、第2.5-18図に示す漂流物の選定・影響確認フローに基づき評価を実施し、津波防護施設の健全性又は取水機能を有する安全設備の取水性を確認し、必要に応じて、対策を実施する。

また、発電所の施設・設備の設置・改造等を行う場合においても、都度、津波防護施設の健全性又は取水機能を有する安全設備の取水性への影響評価を実施する。

これらの調査・評価方針については、QMS文書に定め管理する。



第2.5-6図 取水口呑口概要図

a. 検討対象施設・設備の抽出範囲の設定

発電所周辺地形並びに敷地及び敷地周辺に襲来する津波について、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

島根原子力発電所は、島根半島の中央部で日本海に面した位置に立地している。島根原子力発電所の周辺は、東西及び南側を標高 150m 程度の高さの山に囲まれており、発電所東西の海沿いには漁港がある。島根原子力発電所の周辺地形について、第 2.5-7 図に示す。



第 2.5-7 図 発電所周辺の地形

②敷地及び敷地周辺に襲来する津波の特性の把握

基準津波の波源, 断層幅と周期の関係, 海底地形, 最大水位上昇量分布, 最大流速分布をそれぞれ第 2.5-8~12 図に示す。また, 水位変動・流向ベクトルを添付資料 34 に示す。

上記から得られる情報を基に, 敷地及び敷地周辺に襲来する津波の特性を考察した。

【断層幅と周期の関係 (第 2.5-9 図) から得られる情報】

- ・津波は, 断層運動に伴う地盤変動により水位が変動することにより発生するため, 地盤変動範囲と水深が津波水位変動の波形 (周期) の支配的要因となる。特に, 地盤変動範囲は断層の平面的な幅に影響されることから, 平面的な断層幅が津波周期に大きな影響を与える。
- ・島根原子力発電所で考慮している波源は, 太平洋側で考慮しているプレート間地震と比べ, 平面的な断層幅が狭く, 傾斜角も高角であることから, 津波周期が短くなる傾向にある。

【海底地形 (第 2.5-10 図), 最大水位上昇量分布 (第 2.5-11 図) から得られる情報】

- ・日本海東縁部に想定される地震による津波は, 大和堆を回り込むように南方向に向きを変え伝播する。また, 島根原子力発電所前面に位置する隠岐諸島の影響により, 隠岐諸島を回り込むように津波が伝播し, 東西方向から島根原子力発電所に到達する。

【最大流速分布 (第 2.5-12 図) から得られる情報】

- ・日本海東縁部に想定される地震による津波は, 図中の①~⑥であり, 基準津波 1 (①, ②) は, 他の基準津波 (図中③~⑥) に比べ, 沖合の流速が速い範囲が広域である。また, 沿岸部においても流速が速い箇所が多いことから, 日本海東縁部に想定される地震による津波のうち, 基準津波 1 の流速が速い傾向がある。
- ・海域活断層から想定される地震による津波は, 図中の⑦, ⑧であり, 日本海東縁部に想定される地震による津波 (図中の①~⑥) と比較すると, 沖合・沿岸部共に日本海東縁部に想定される地震による津波の方が流速が速い。
- ・全ての流速分布において, 流速は発電所沖合よりも沿岸付近の方が速くなる傾向がある。

- ・防波堤有無による影響について、①及び②並びに⑦及び⑧を比較した結果、発電所沖合の流速への有意な影響はない。

【水位変動・流向ベクトル（添付資料 34）から得られる情報】

基準津波 1～6 の水位変動・流向ベクトルから得られる情報をそれぞれ第 2.5-2(1)表から第 2.5-2(6)表に示す。また、得られた情報をまとめると以下のとおりとなる。

[日本海東縁部に想定される地震による津波]

- ・日本海東縁部に想定される地震による津波の第 1 波は地震発生後 115 分程度で輪谷湾内に到達するが、到達した際の水位変動は 2m 以下であり、その後、約 1 時間程度、水位変動は最大でも 3m 程度で上昇・下降を繰り返す。
- ・各基準津波の施設護岸又は防波壁での最高水位、2 号炉取水口での最低水位を以下に発生時刻を含めて示す。

【水位上昇側】（潮位 0.58m, 潮位のばらつき+0.14m を考慮）

基準津波 1（防波堤有り）：EL+10.7m（約 192 分）

基準津波 1（防波堤無し）：EL+11.9m（約 193 分）

基準津波 2（防波堤有り）：EL+ 9.0m（約 198 分）

基準津波 5（防波堤無し）：EL+11.5m（約 193 分）

【水位下降側】（潮位 0.09m, 潮位のばらつき-0.17m, 隆起-0.34m を考慮）

基準津波 1（防波堤有り）：EL-5.4m（約 189 分 30 秒）

基準津波 1（防波堤無し）：EL-6.3m（約 189 分）

基準津波 3（防波堤有り）：EL-4.9m（約 190 分 30 秒）

基準津波 6（防波堤無し）：EL-6.4m（約 190 分 30 秒）

- ・輪谷湾内の流向は最大でも 4 分程度で反転している。
- ・発電所沖合において、1m/s を超える流速は確認されない。
- ・発電所港湾部の最大流速は、基準津波 1（防波堤有り）のケースであり、港湾外及び港湾内ともに防波壁前面付近で 9.0m/s（約 193 分）である。

[海域活断層から想定される地震による津波]

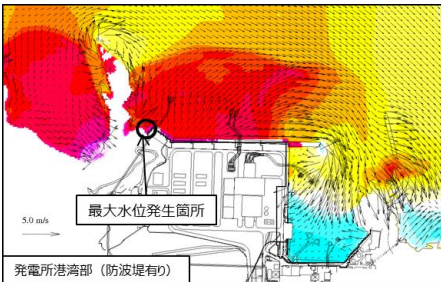
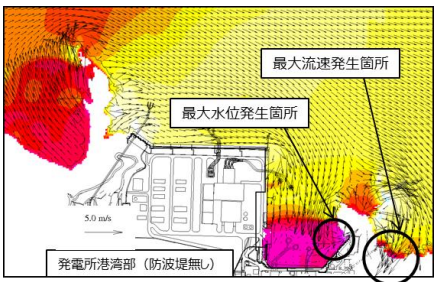
- ・海域活断層から想定される地震による津波の第 1 波は地震発生後約 3 分程度で押し波として襲来し 2 分間水位上昇(1m 程度)する。その後、引き波傾向となり、地震発生後、6 分 30 秒において基準津波 4 の最低

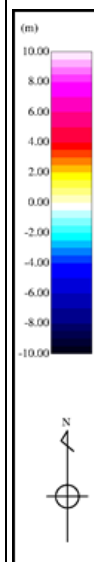
水位（2号炉取水口：EL-4.2m）となる。以降は、水位変動1m程度で
上昇下降を繰り返す。

第 2.5-2(1)-1 表 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトルから得られる情報

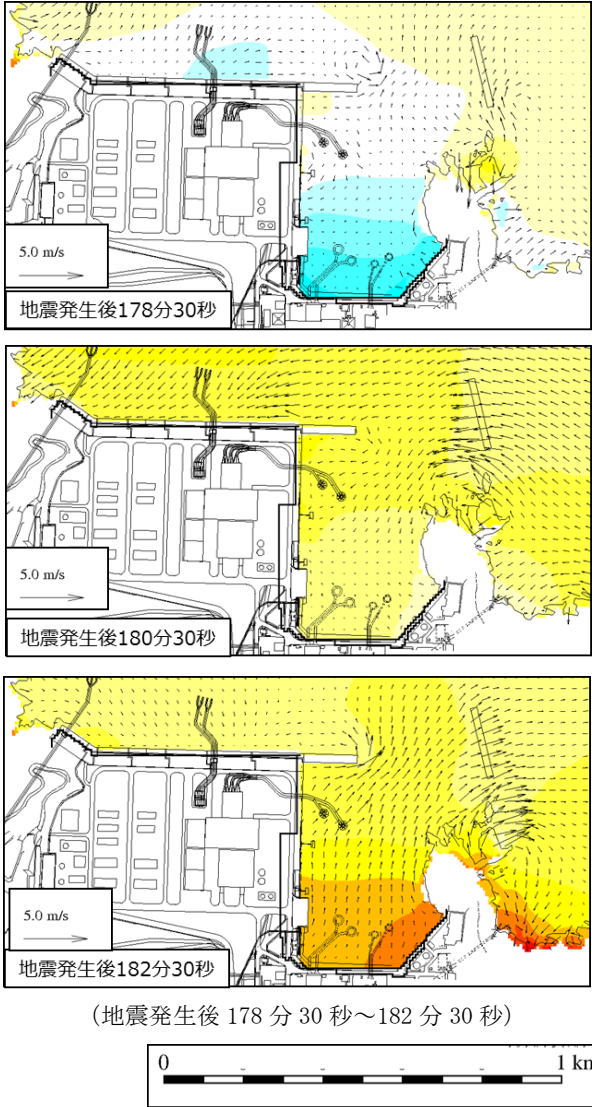
時刻	水位変動・流向ベクトルの考察		
	発電所周辺海域	発電所港湾部（輪谷湾）	
		防波堤有り	防波堤無し
0分～ 108分	－（津波が到達していない。）	－（津波が到達していない。）	－（津波が到達していない。）
109分	津波の第1波が敷地の東側から襲来する。	－（津波が到達していない。）	－（津波が到達していない。）
114分	東側から襲来する津波は徐々に発電所方向に進行する。 西側からも津波が襲来する。	－（津波が到達していない。）	－（津波が到達していない。）
116分30秒	－	第1波が輪谷湾内に襲来する。 水位が1m程度上昇する。	防波堤有りと同様な傾向を示す。
116分30秒～ 183分	発電所沖合において、1m/s以上の流速は発生していない。	最大でも3m程度（138分、142分、160分～161分、164分～165分、166分～167分、170分～171分、174分、175分、178分～179分、180分）の水位変動を繰り返す。また、水位変動の周期（押し波または引き波継続時間）は最大でも4分程度（121分～124分30秒、）である。	防波堤有りと同様な傾向を示す。
183分～ 184分30秒	－	強い押し波により水位が5m程度上昇する。また、5m/s程度の流速が発生する。押し波時間は2分間程度継続し、その後引き波に転じる。	防波堤有りと同様な傾向を示す。
186分～ 187分30秒	－	強い押し波により水位が5m程度上昇する。また、5m/s程度の流速が発生する。押し波時間は2分間程度継続し、その後引き波に転じる。	防波堤有りと同様な傾向を示す。
187分30秒～ 189分30秒	－	強い引き波により水位が-6m程度下降する。	防波堤有りと同様な傾向を示す。
189分30秒～ 190分30秒	（沖合において）水位変動が3mを超える津波が発電所方向に襲来する。	強い押し波により水位が5m程度上昇する。また、5m/sを超える流速が発生する。押し波時間は1分間程度継続し、その後引き波に転じる。	防波堤有りと同様な傾向を示す。

第 2.5-2(1)-2 表 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトルから得られる情報

時刻	水位変動・流向ベクトルの考察		
	発電所 周辺海域	発電所港湾部（輪谷湾）	
		防波堤有り	防波堤無し
192 分 30 秒 ～ 193 分 30 秒	—	<p>西側方向から（沖合において）水位変動が 3m を超える津波が襲来する。 基準津波 1 における最高水位 EL+10.7m が 3号炉北側の防波壁の西端付近で確認される（192 分 30 秒）。 押し波時間は 1 分間程度継続し、その後引き波に転じる。</p>  <p>（地震発生後 192 分 30 秒）</p>	<p>防波堤有りと同様な傾向を示す。 防波堤無しにおいて、最高水位 EL+11.9m が輪谷湾の東側の隅角部で確認される（約 193 分）。</p>  <p>（地震発生後 193 分）</p>
194 分 以降	<p>発電所沖合において、1m/s 以上の流速は発生していない。</p>	<p>水位変動は最大でも 3m 程度（206 分、207 分～208 分、210 分、214 分、222 分）で、また、水位変動の周期（押し波または引き波継続時間）は最大でも 3 分程度（233 分～236 分）で押し波、引き波を繰り返す。</p>	<p>防波堤有りと同様な傾向を示す。</p>



第 2.5-2(2)表 基準津波 2 の水位変動・流向ベクトルから得られる情報

時刻	水位変動・流向ベクトルの考察	
	発電所周辺海域	発電所港湾部（輪谷湾） 防波堤有り
170 分～ 195 分	発電所沖合において、1m/s 以上の流速は発生していない。	<p>最大でも 3m 程度（182 分、190 分）の水位変動を繰り返す。また、水位変動の周期は最大でも 4 分（178 分 30 秒～182 分 30 秒）程度である。</p>  <p>（地震発生後 178 分 30 秒～182 分 30 秒）</p>
195 分～ 196 分 30 秒	—	強い引き波により水位が-5m 程度下降する。引き波継続時間は 1 分 30 秒程度で、その後、すぐに押し波となる。
197 分～ 198 分	—	基準津波 2 における最大水位 EL+9.0m が輪谷湾の西側で確認される（約 198 分）。
198 分 以降	発電所沖合において、1m/s 以上の流速は発生していない。	水位変動は最大でも 3m 程度（202 分、207 分）で、押し波、引き波を繰り返す。

第 2.5-2(3)表 基準津波 3 の水位変動・流向ベクトルから得られる情報

時刻	水位変動・流向ベクトルの考察	
	発電所周辺海域	発電所港湾部
		防波堤有り
170分～ 189分	発電所沖合において、1m/s以上の流速は発生していない。	最大でも3m程度（178分30秒，181分30秒，182分）の水位変動を繰り返す。また、水位変動の周期は最大でも4分程度（173分～177分）である。
189分～ 190分 30秒	—	強い引き波により2号炉取水口で最低水位EL-4.9mが確認される。 引き波時間は1分30秒程度継続し、その後押し波に転じる。
191分以降	発電所沖合において、1m/s以上の流速は発生していない。	水位変動は最大でも3m程度（192分，194分，196分30秒，198分）で、押し波，引き波を繰り返す。

第 2.5-2(4)表 基準津波 5 の水位変動・流向ベクトルから得られる情報

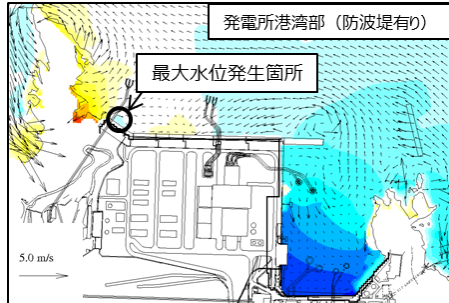
時刻	水位変動・流向ベクトルの考察	
	発電所周辺海域	発電所港湾部
		防波堤無し
170分～ 190分	発電所沖合において、1m/s以上の流速は発生していない。	水位変動は最大でも3m程度（176分30秒，181分，）で、押し波，引き波を繰り返す。
190分～ 192分	—	強い引き波により水位が-6m程度下降する。 引き波継続時間は2分間程度であり、その後押し波に転じる。
192分～ 193分	—	強い押し波により基準津波5における最大水位EL+11.5mが輪谷湾の東側の隅角部で確認される（約193分）。 押し波時間は1分間程度であり、その後引き波に転じる。
198分～ 199分 30秒	—	押し波時間は1分30秒間程度であり、その後引き波に転じる。

第 2.5-2(5)表 基準津波 6 の水位変動・流向ベクトルから得られる情報

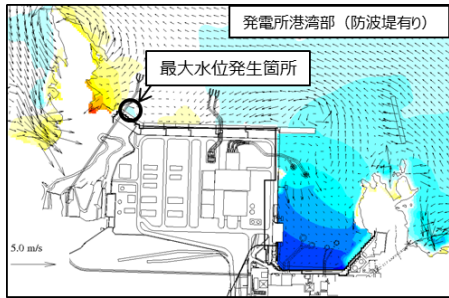
時刻	水位変動・流向ベクトルの考察	
	発電所周辺海域	発電所港湾部
		防波堤無し
170分～ 188分30 秒	発電所沖合において、1m/s以上の流速は発生していない。	水位変動は最大でも3m程度（182分、185分、188分30秒）
189分～ 190分 30秒	—	強い引き波により2号炉取水口で最低水位EL-6.4mが確認される。（190分30秒）。引き波時間は1分30秒程度であり、その後押し波に転じる。
190分 30秒 ～ 191分 30秒		強い押し波により水位が6m程度上昇する。
197分 ～ 198分		強い押し波により水位が6m程度上昇する。

第 2.5-2(6)表 基準津波 4 の水位変動・流向ベクトルから得られる情報

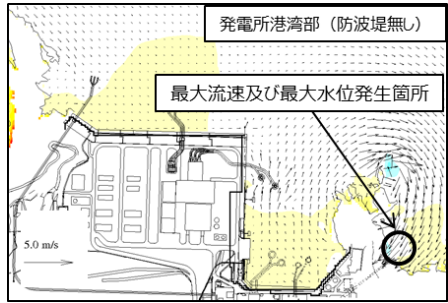
時刻	水位変動・流向ベクトルの考察		
	発電所周辺海域	発電所港湾部	
		防波堤有り	防波堤無し
0分～2分	水位変動 1m 程度の津波が確認できる。また、その後水位	— (津波が到達していない。)	— (津波が到達していない。)
3分	-2m 程度の津波が確認できる。1m/s 以上の流速は発生していない。	港湾内に押し波が襲来。水位が 1m 程度上昇する。	防波堤有りと同様な傾向。
6分以降	—	引き波により最低水位 EL-4.0 m が確認される (約 6 分 30 秒)。 最大流速 3.3m/s が 3 号炉北側の防波壁の西端付近で確認される。(約 6 分) 最高水位 EL+3.0m が 3 号炉北側の防波壁の西端付近で確認される。(約 6 分 30 秒)	防波堤有りと同様な傾向。 防波堤無しにおいて、最低水位 EL-4.2m が確認される (約 6 分 30 秒)。



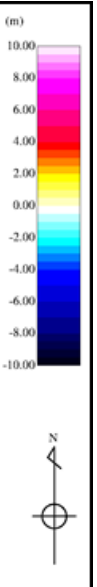
(地震発生後約 6 分)



(地震発生後約 6 分 30 秒)

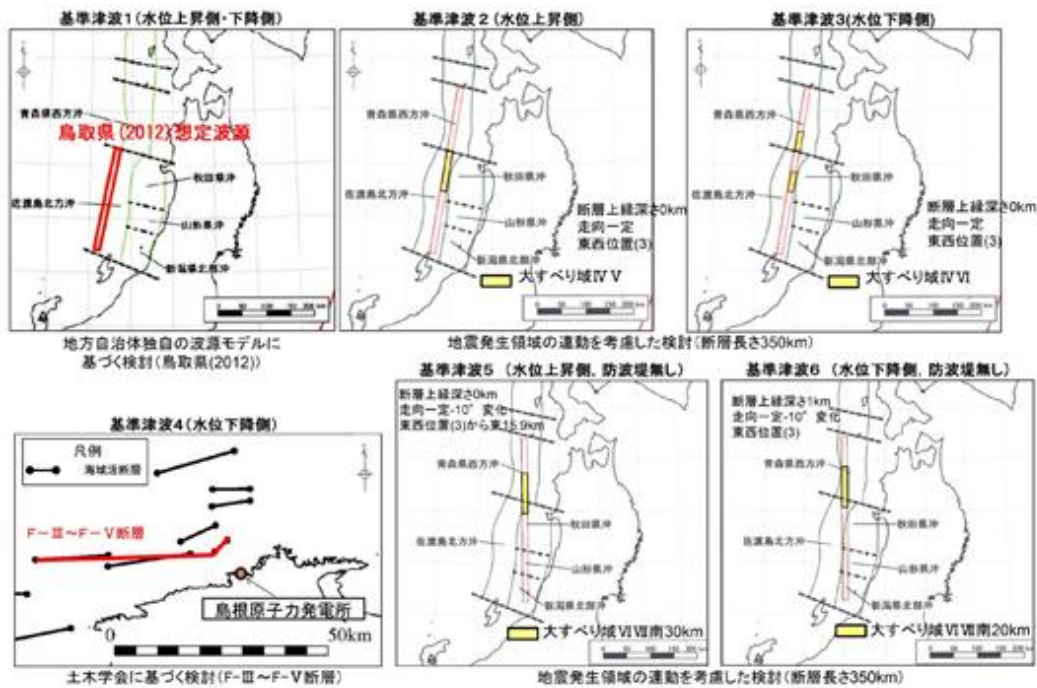


(地震発生後約 9 分)



基準津波の波源，断層幅と周期の関係，海底地形，最大水位上昇量分布，最大流速分布及び水位変動・流向ベクトルを踏まえた敷地及び敷地周辺に襲来する津波の特性に係る考察は以下のとおり。

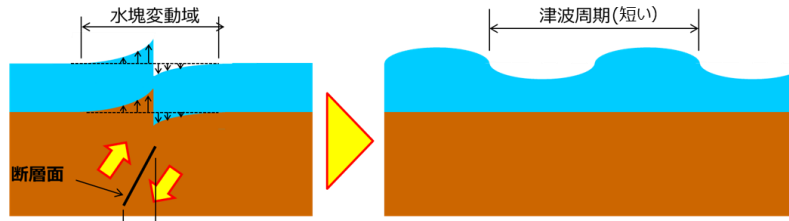
- ・日本海東縁部に想定される地震による津波の周期はプレート間地震による津波に比べ短い傾向にあり，流向は最大でも4分程度で反転している。
- ・日本海東縁部に想定される地震による津波は，大和堆，隠岐諸島の海底地形の影響を受け島根原子力発電所に到達する。
- ・海域活断層から想定される地震による津波に対して，日本海東縁部に想定される地震による津波の方が流速が速い。
- ・日本海東縁部に想定される地震による津波の中でも基準津波1の流速が比較的速い。
- ・流速は発電所沖合よりも沿岸付近の方が速くなる傾向がある。
- ・発電所沖合において，防波堤の有無による流速への有意な影響はない。



第 2.5-8 図 基準津波の波源

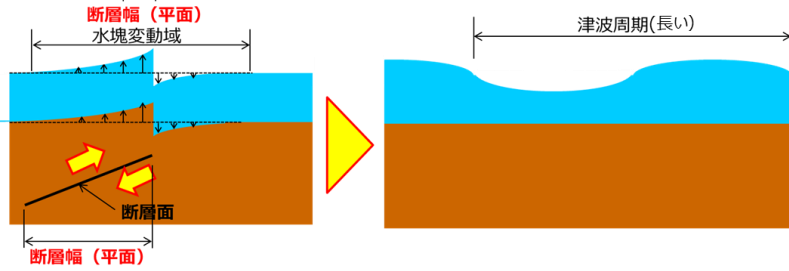
●日本海側（活断層）

- ・傾斜角：高角
- ・断層幅：狭い
- ⇒断層幅（平面）が狭く、水塊変動域が狭くなるため、津波周期が短くなる傾向がある。

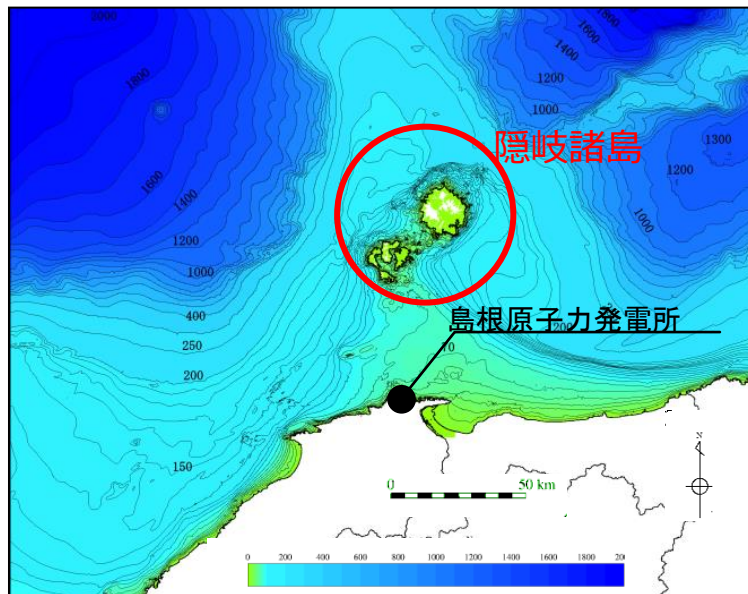
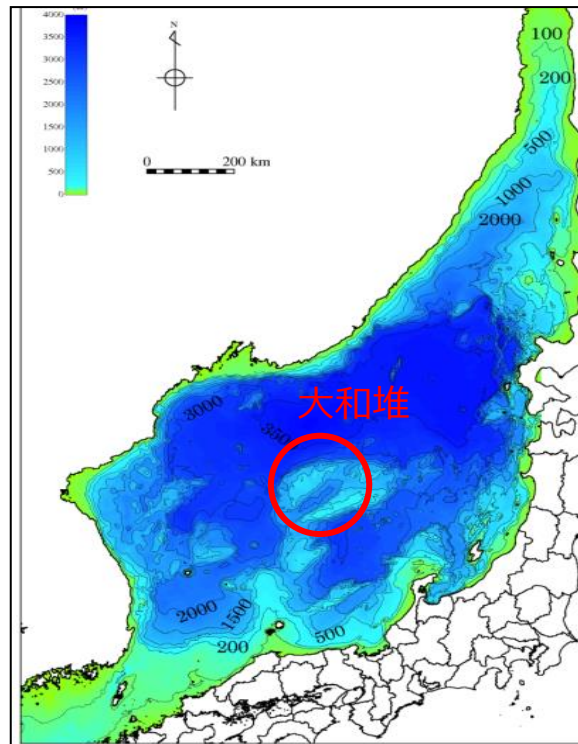


●太平洋側（プレート間地震）

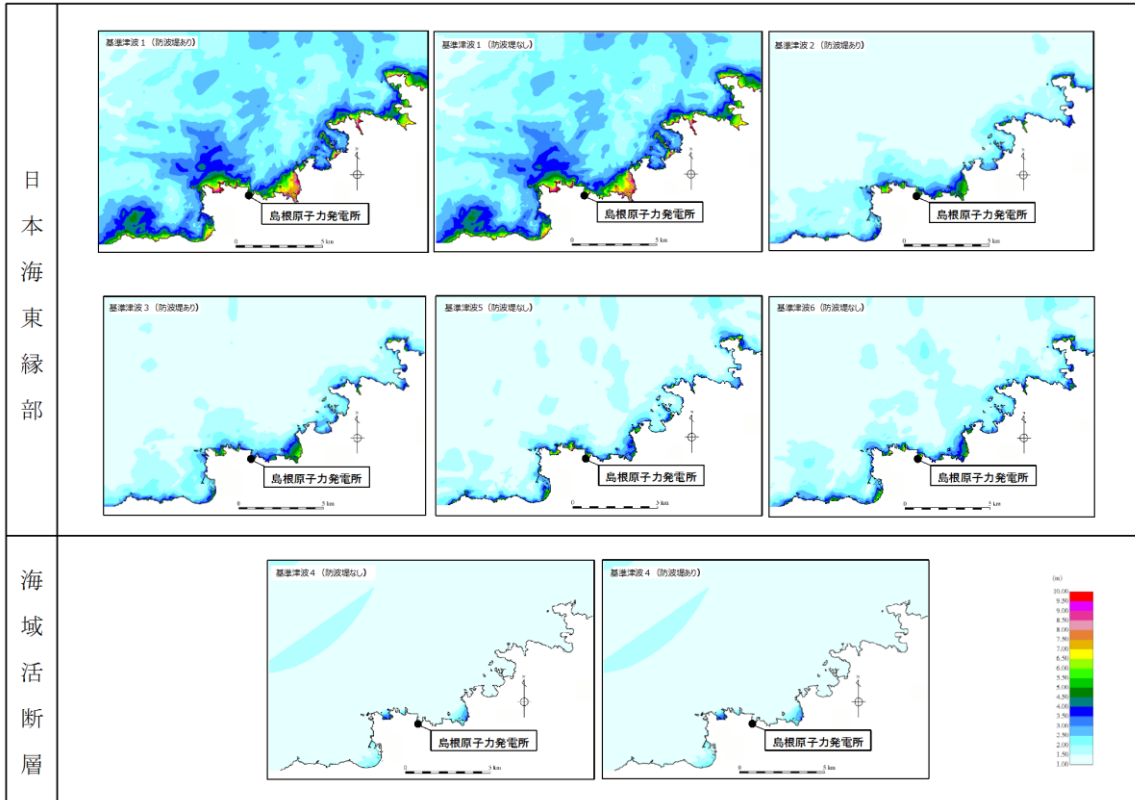
- ・傾斜角：低角
- ・断層幅：広い
- ⇒断層幅（平面）が広く、水塊変動域が広がるため、津波周期が長くなる傾向がある。



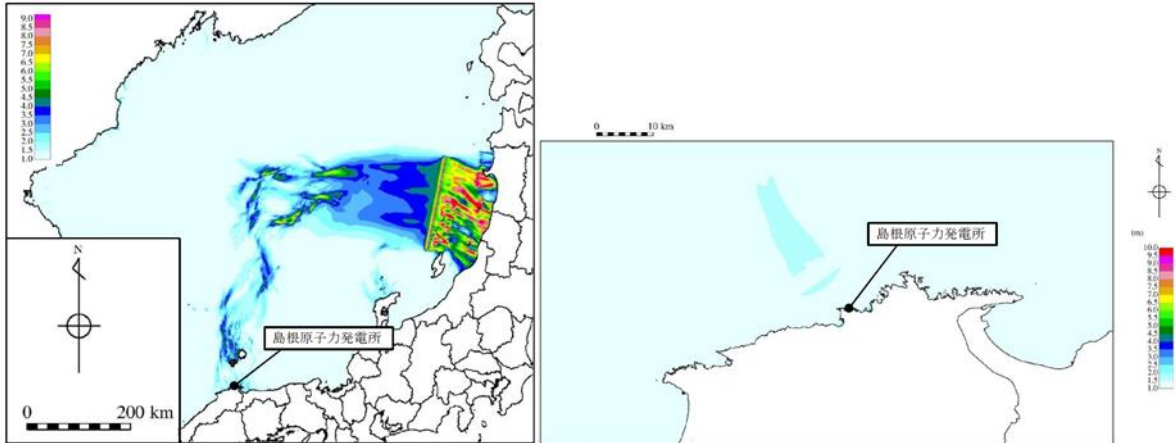
第 2.5-9 図 断層幅と周期の関係



第 2.5-10 図 海底地形



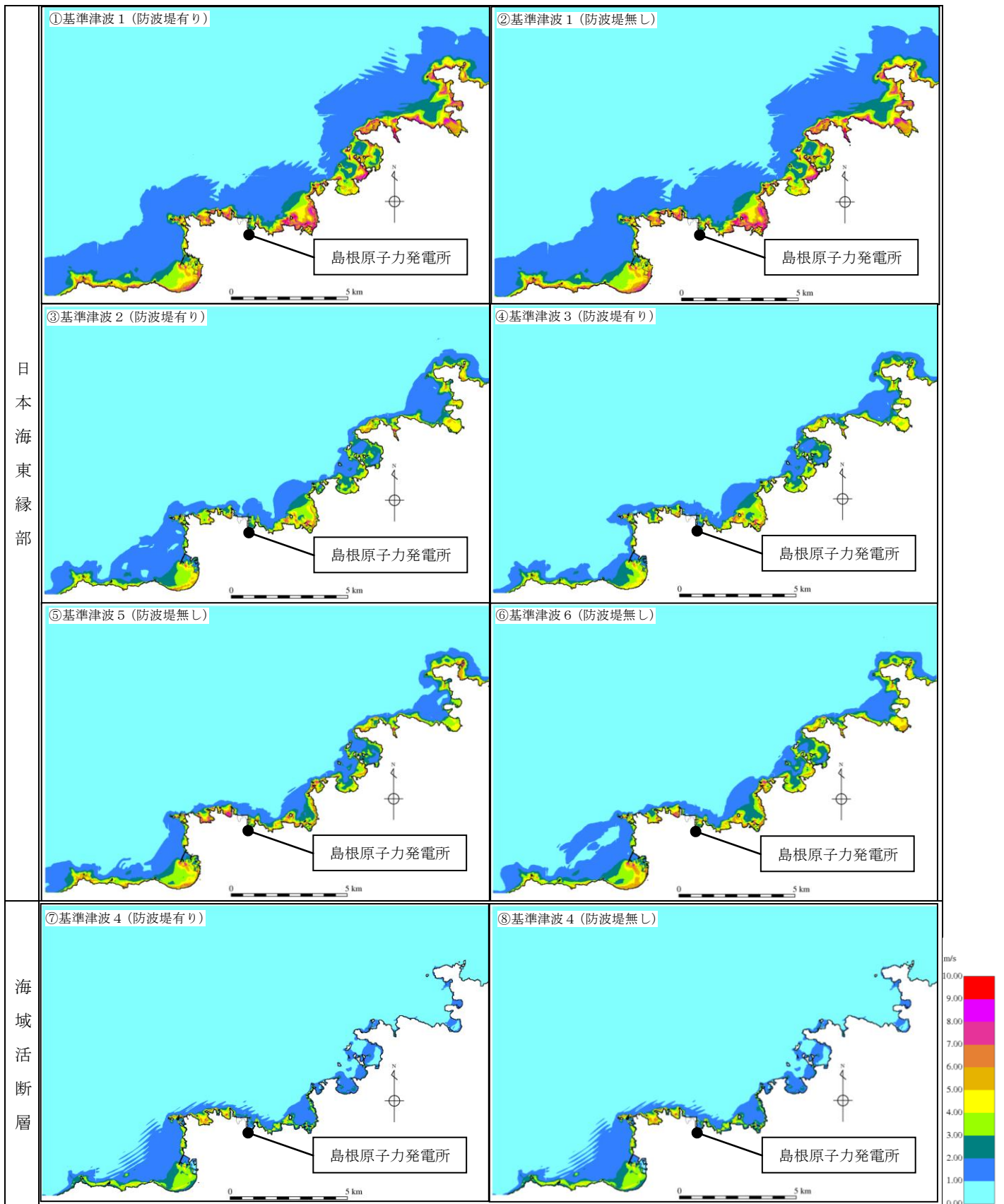
(参考) 波源位置から島根原子力発電所までの最大水位上昇量分布



(日本海東縁部に想定される地震による津波)

(海域活断層に想定される地震による津波)

第 2.5-11 図 最大水位上昇量分布



第 2.5-12 図 最大流速分布

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仮想的な浮遊物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、仮想的な浮遊物の軌跡解析※を基準津波1～6について実施した。

仮想的な浮遊物の移動開始位置については、日本海側に面している島根原子力発電所の敷地形状を踏まえ、敷地前面の9カ所（地点1～9）に加え、周辺漁港の位置や漁船の航行等を考慮し、4カ所（地点10～13）を設定した。計13カ所の仮想的な浮遊物の移動開始位置を第2.5-13図に示す。

解析時間については、基準津波の解析時間と同様、日本海東縁部に想定される地震による津波は6時間、海域活断層から想定される地震による津波は、3時間とした。基準津波による軌跡解析結果を第2.5-14図に示す。

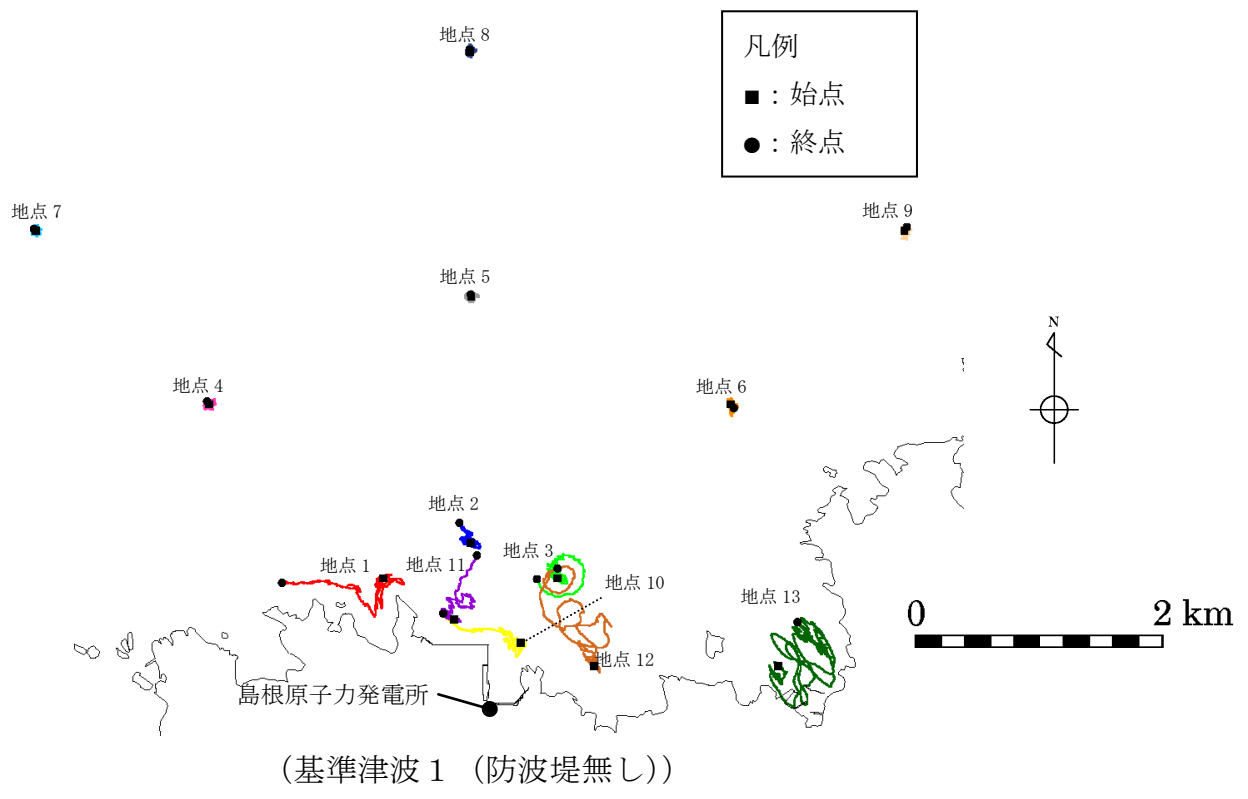
軌跡解析の結果、基準津波の特性で示した特徴と同様、3km及び5kmの地点（地点4～9）において仮想的な浮遊物は、初期位置からほとんど移動しないことが確認された。

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仮想的な浮遊物が移動する経路（軌跡）を示したものであり、漂流物の挙動と仮想的な浮遊物の軌跡が完全に一致するものではないが、仮想的な浮遊物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漂流物の移動に係る傾向把握の参考情報として用いることができると考える。

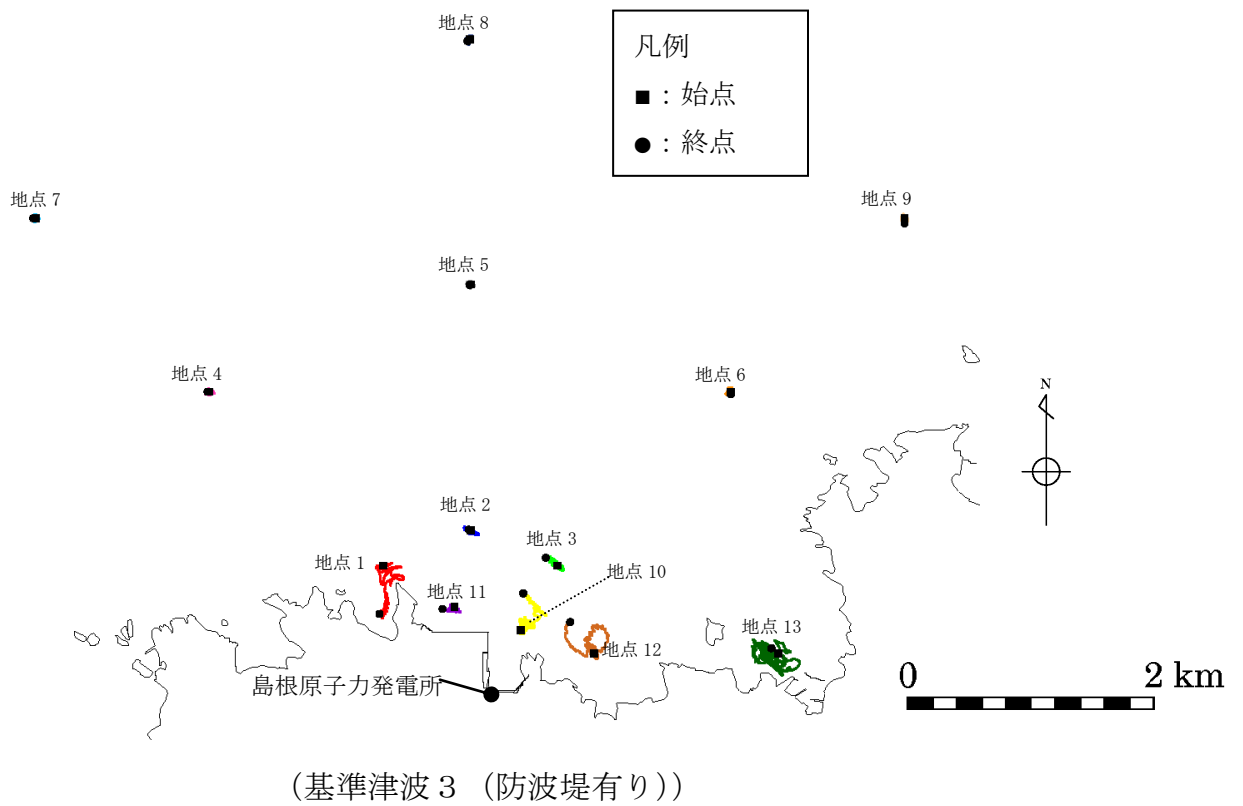
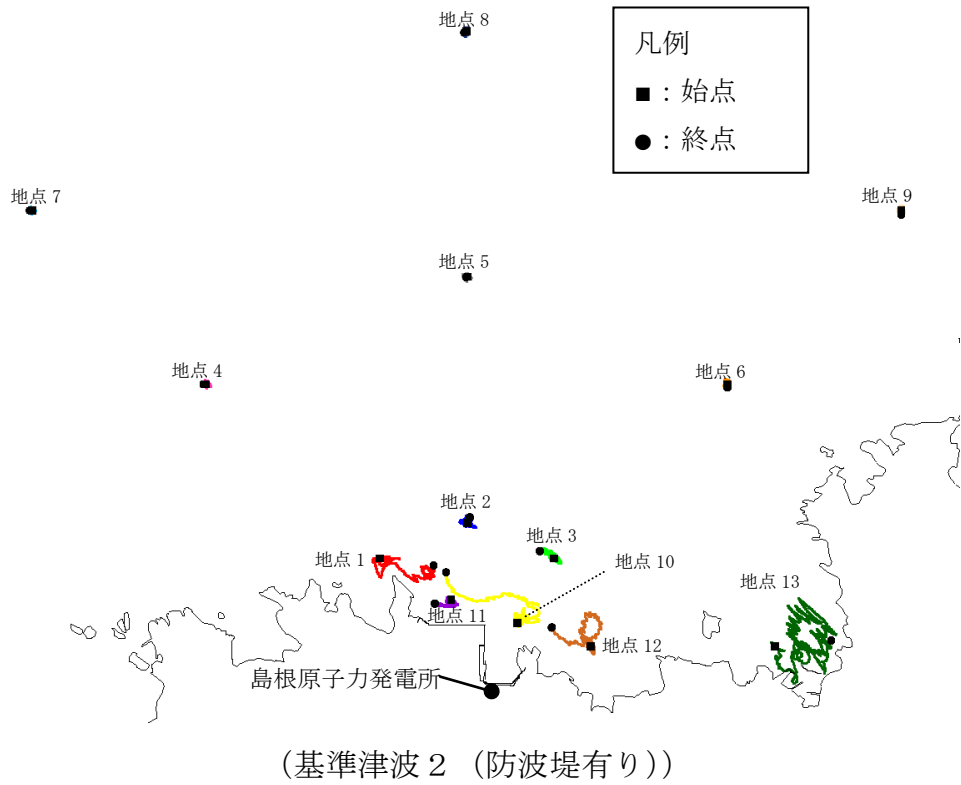


第2.5-13図 仮想的な浮遊物の移動開始位置

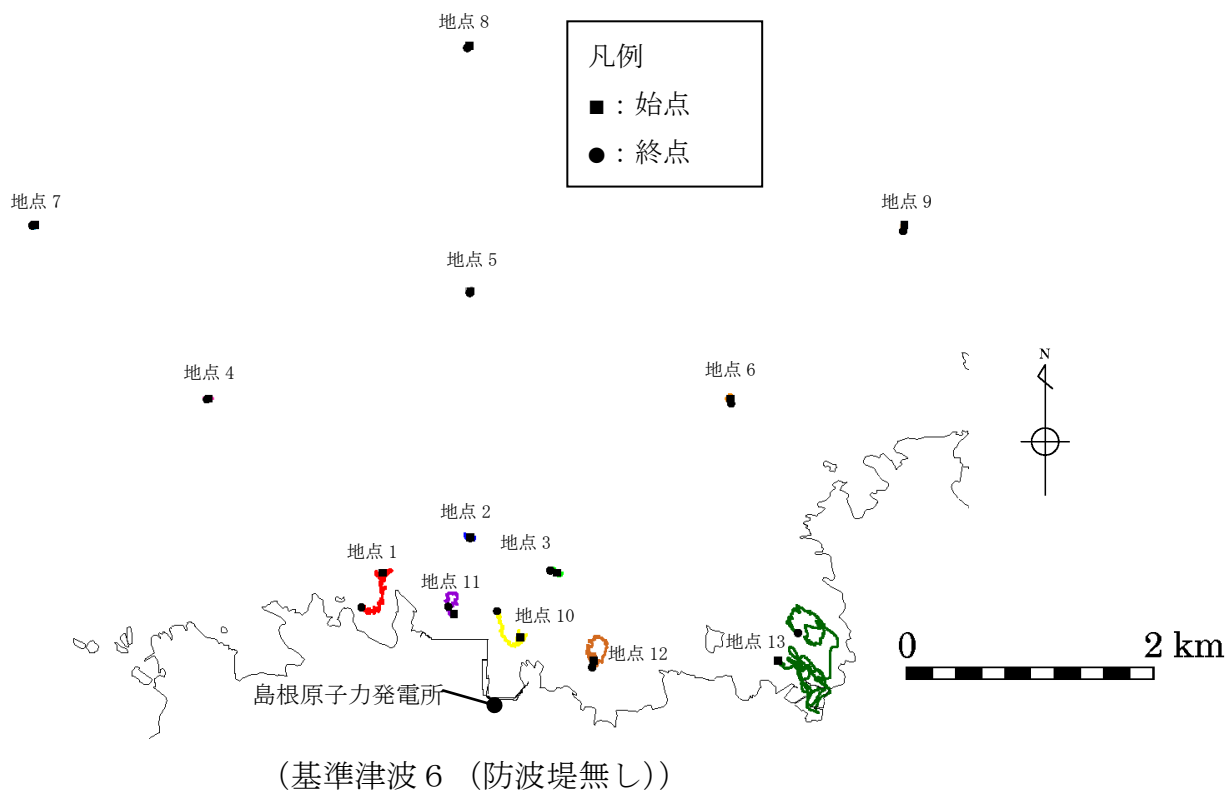
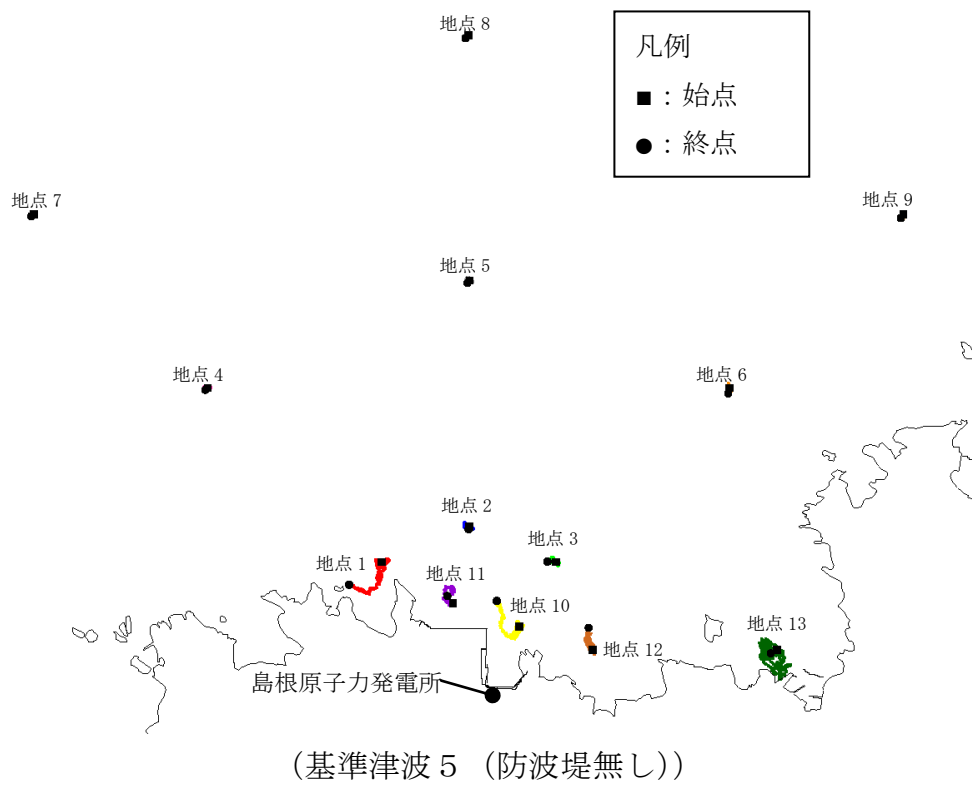
※ 津波解析から求まる流向流速をもとに、質量を持たず、抵抗を考慮しない仮想的な浮遊物が、水面を移動する軌跡を示す解析。



第 2.5-14-1 図 軌跡解析結果



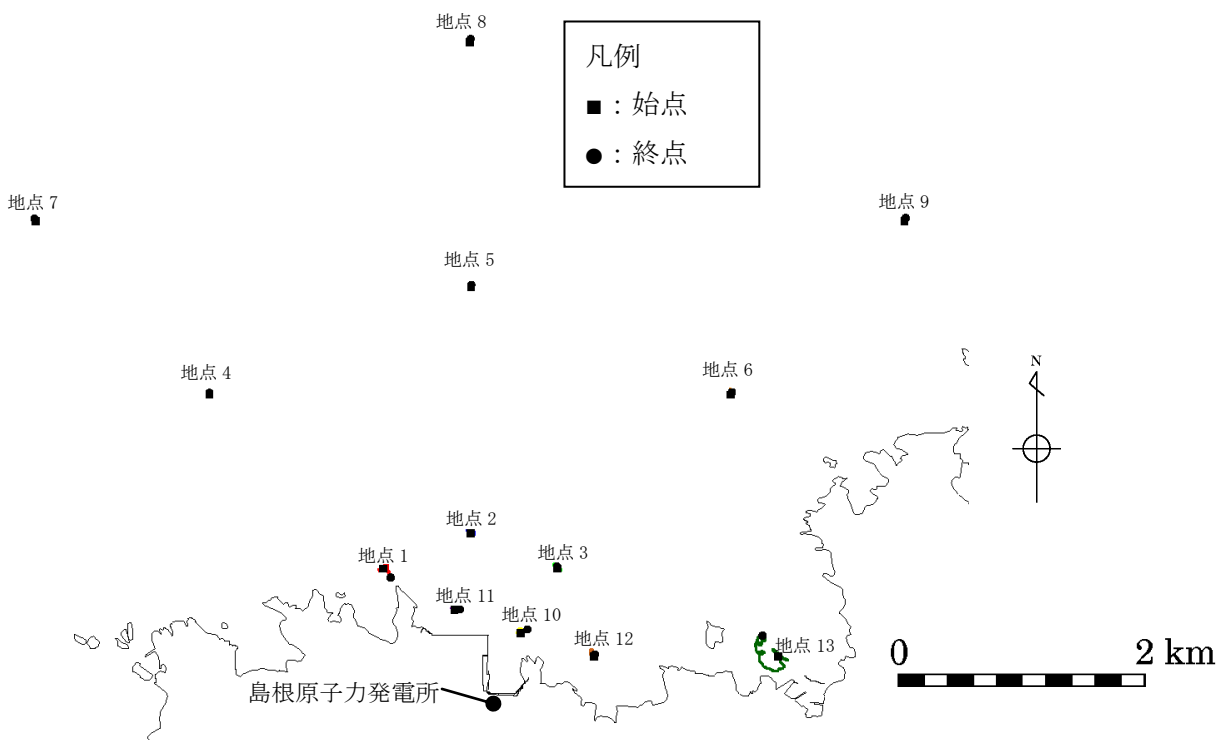
第 2.5-14-2 図 軌跡解析結果



第 2.5-14-3 図 軌跡解析結果



(基準津波4 (防波堤有り))



(基準津波4 (防波堤無し))

第 2.5-14-4 図 軌跡解析結果

b. 漂流物調査範囲の設定

漂流物調査の範囲については、前項に示した発電所周辺地形並びに敷地及び敷地周辺に襲来する津波の特性を考慮し、基準津波による漂流物の移動量を算出し、調査範囲を設定する。

前項「②敷地及び敷地周辺に襲来する津波の特性の把握」における基準津波の特徴を踏まえ、日本海東縁部に想定される地震による津波である基準津波1について、第2.5-13図に示す計13の地点において、水位、流向、流速の時系列データを抽出した。なお、日本海東縁部に想定される地震による津波は、第4図に示すとおり、地震発生後、約110分程度から水位が上昇し始め、190分程度で最大水位を示し、230分以降は収束傾向(水位1m以下)となることから、100分から260分の範囲を検討対象とした。

津波の流向が発電所へ向かっている時に、漂流物が発電所に接近すると考え、流向が発電所へ向かっている時(地点1～11:南方向、地点12:南西方向、地点13:西方向)の最大流速と継続時間より、漂流物の移動量を算出する。

漂流物の移動量の算出に当たっては、発電所へ向かう流向が継続している間にも流速は刻々と変化しているが、保守的に最大流速が継続しているものとして、最大流速と継続時間の積によって移動量を算出する。

また、保守的な想定として引き波による反対方向の流れを考慮せず、寄せ波の2波分が最大流速で一定方向に流れるものとして評価を行った。

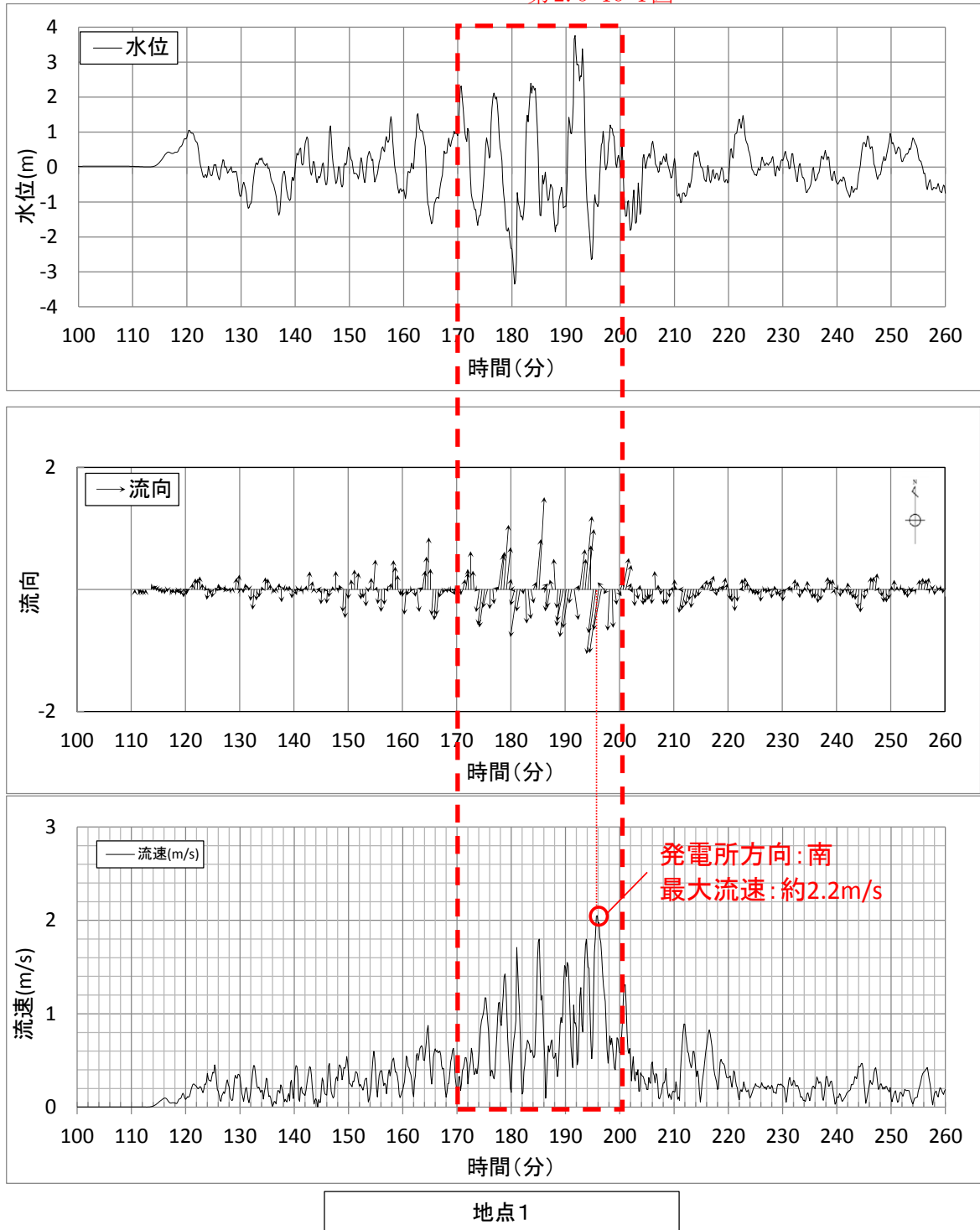
なお、評価においては、その他の基準津波に比べ、基準津波1の流速が比較的速く、また港湾外においては、防波堤有無による有意な影響が見られないこと及び3km、5km地点(地点4～9)においては、仮想的な浮遊物の軌跡解析の結果からも移動量が小さい傾向が確認されたことから、基準津波1における1km圏内の地点1～3、周辺漁港等を考慮した地点10～13を抽出し、そのうち発電所方向に向かう流速が最大となる地点1及び地点13を評価対象とした。

基準津波1における水位、流向、流速を第2.5-15図に示す。

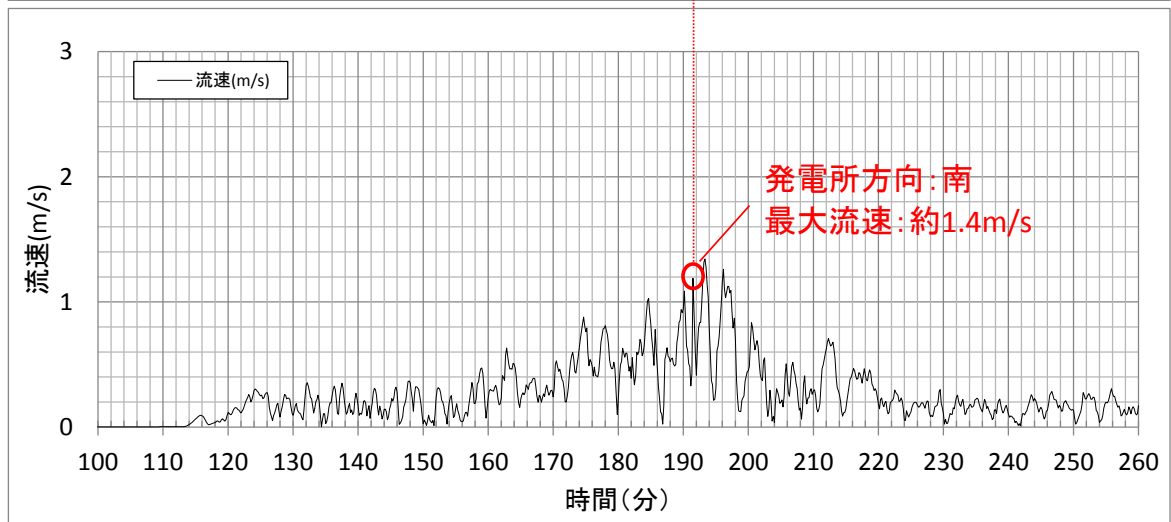
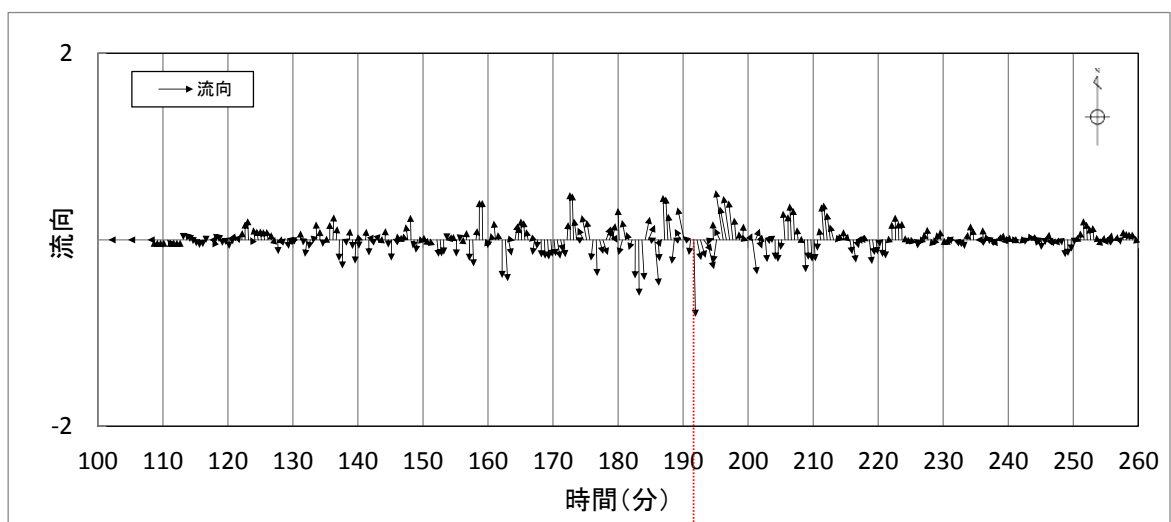
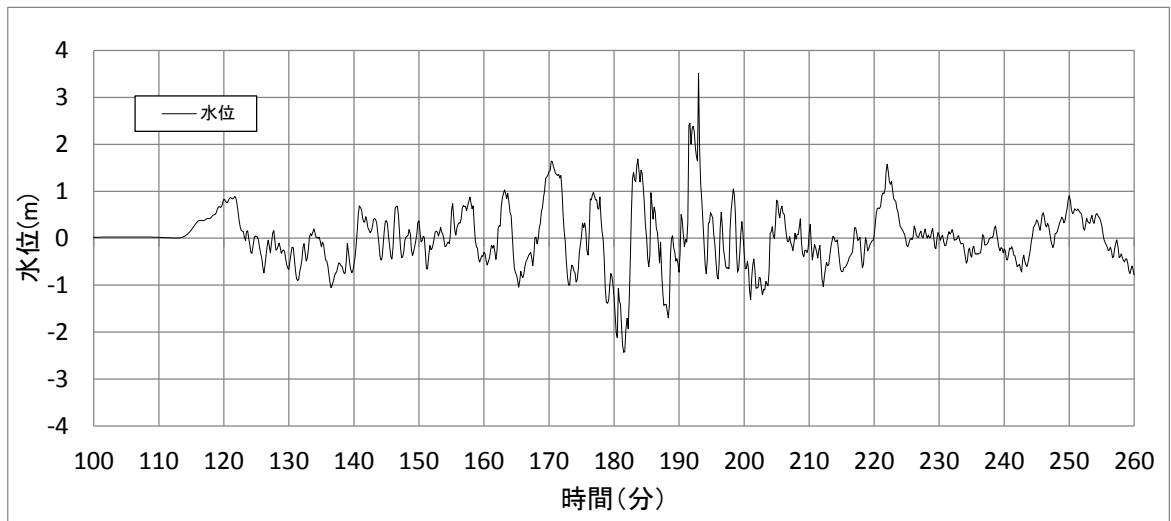
$$\text{移動量} = \text{継続時間} \times 2 \times \text{最大流速}$$

以上の条件において、漂流物の移動量を評価した(第2.5-16図)。評価の結果、抽出地点(地点1)における移動量900mが最大となった。以上により漂流物の移動量が900mとなるが、保守的に半径5kmの範囲を漂流物調査の範囲として設定する。

第2.5-16-1図

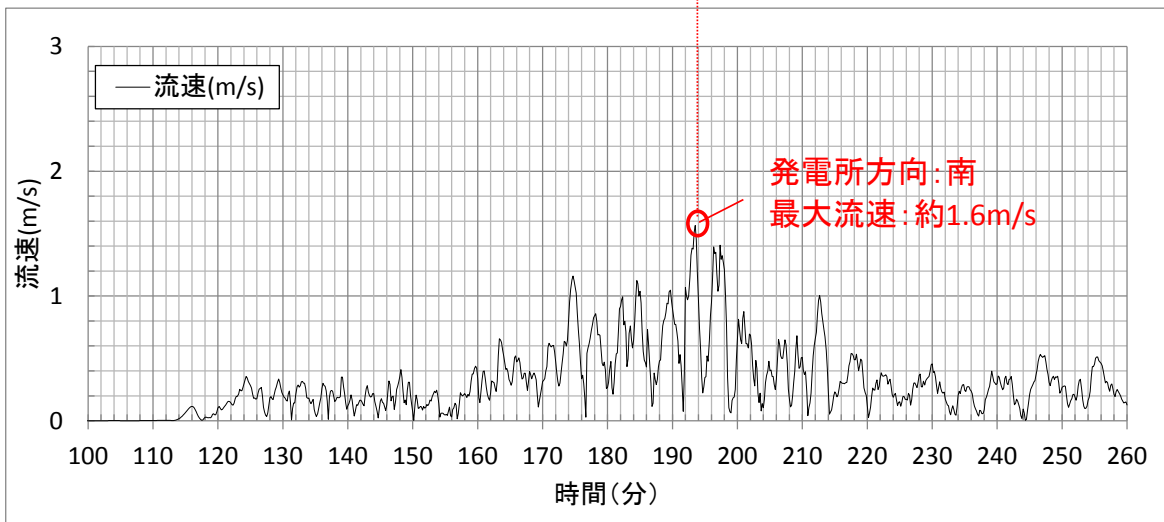
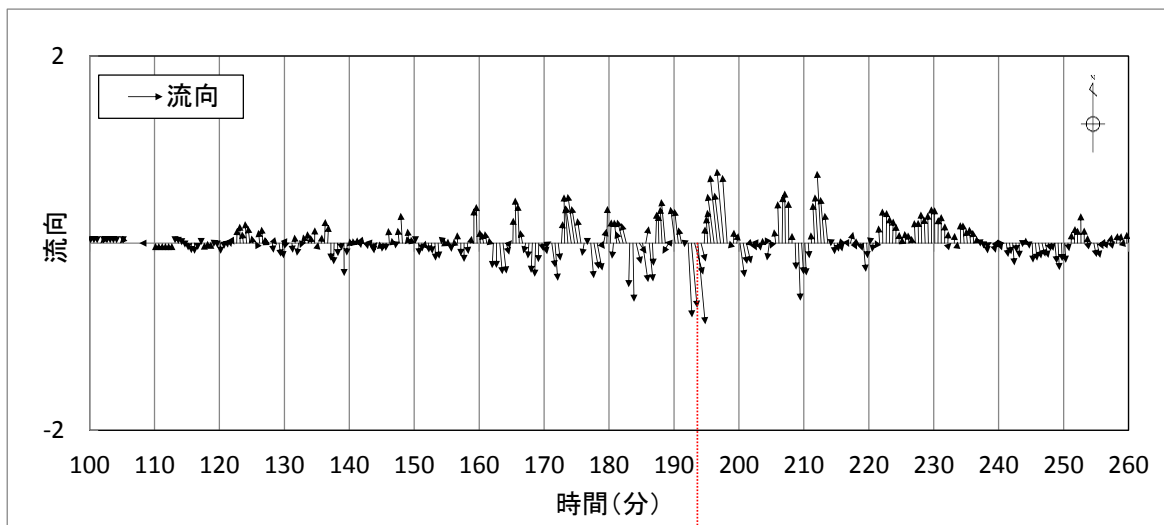
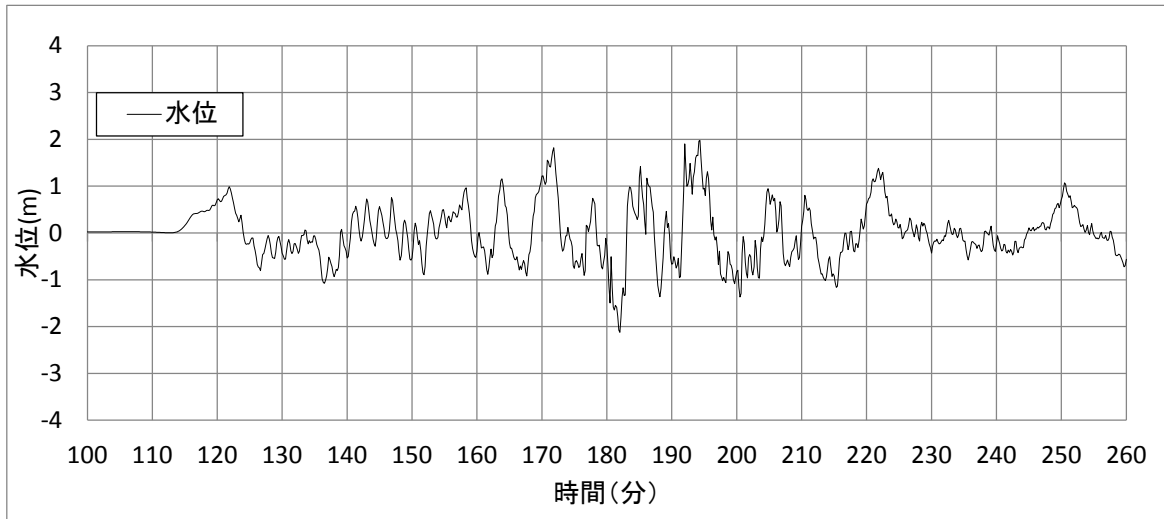


第2.5-15-1図 抽出地点1における水位，流向，流速（基準津波1）



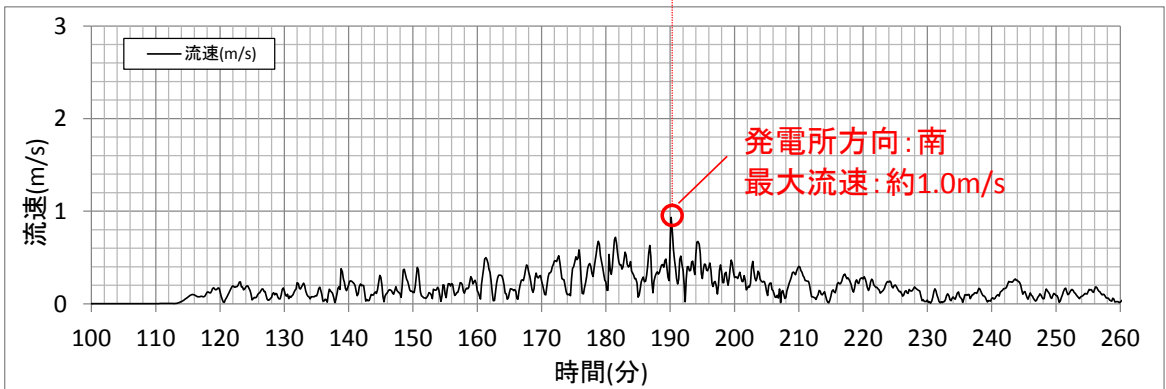
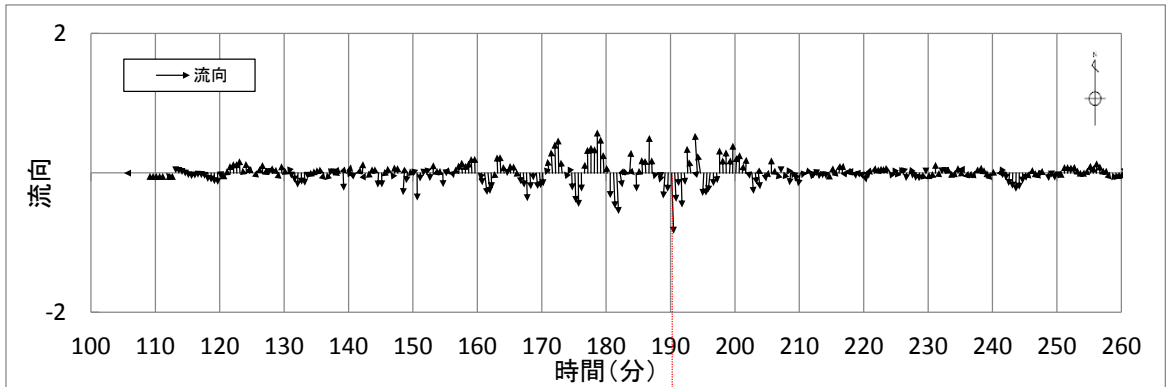
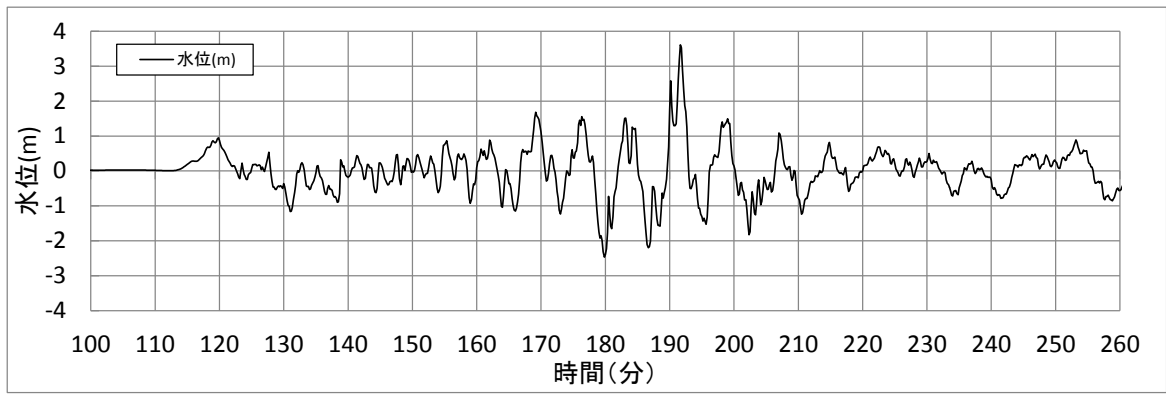
地点2

第 2.5-15-2 図 抽出地点 2 における水位，流向，流速（基準津波 1）



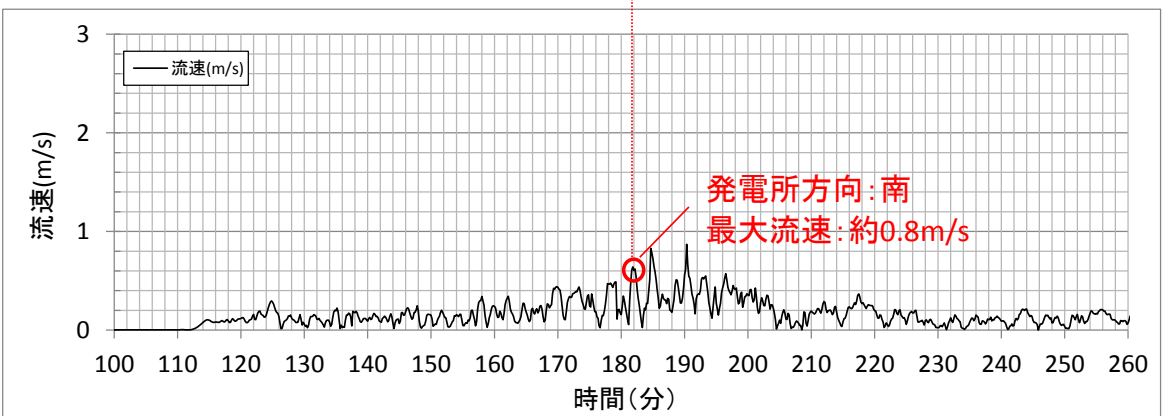
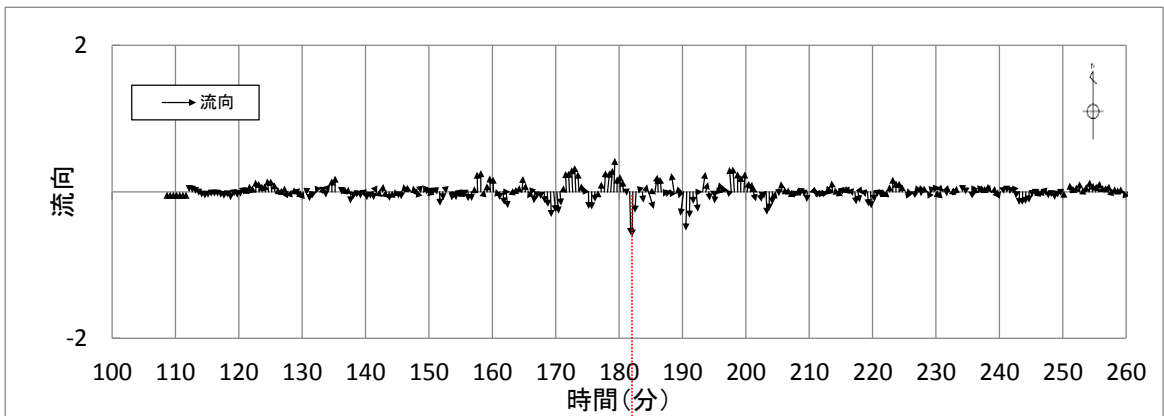
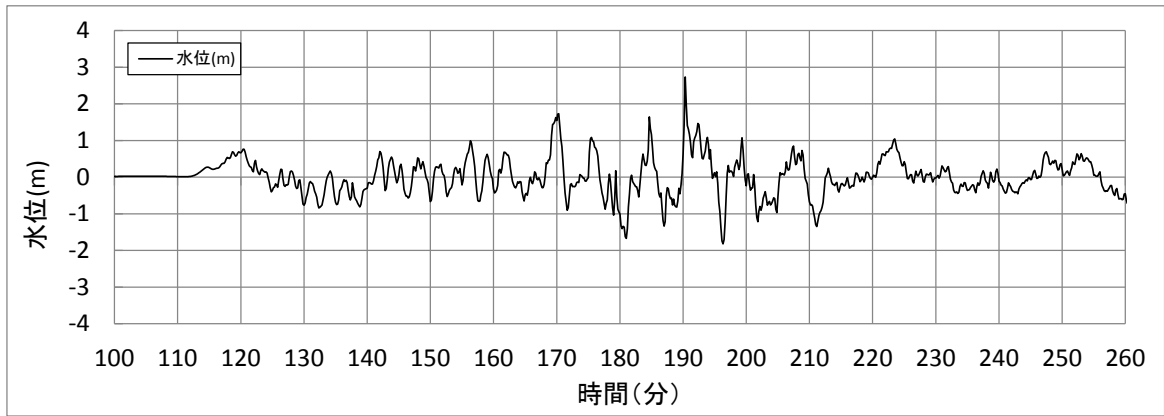
地点3

第 2.5-15-3 図 抽出地点 3 における水位，流向，流速（基準津波 1）



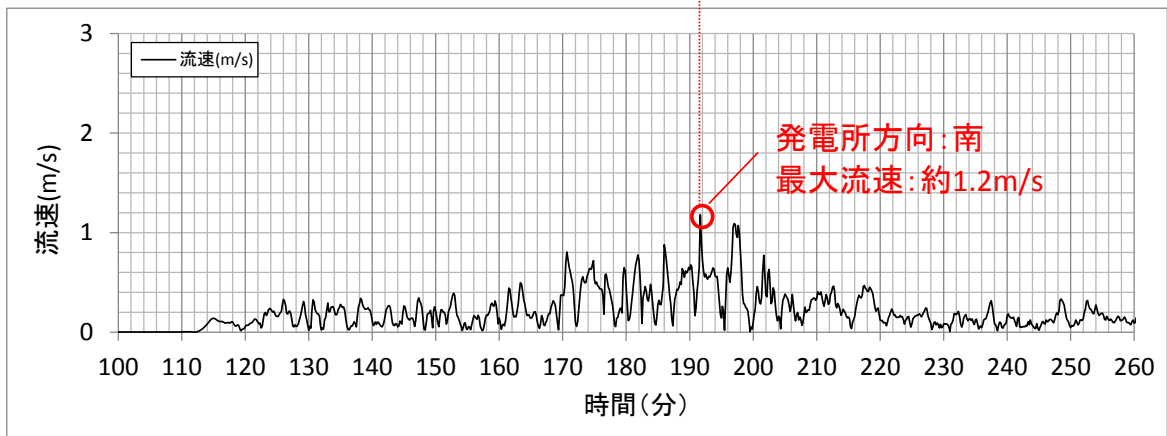
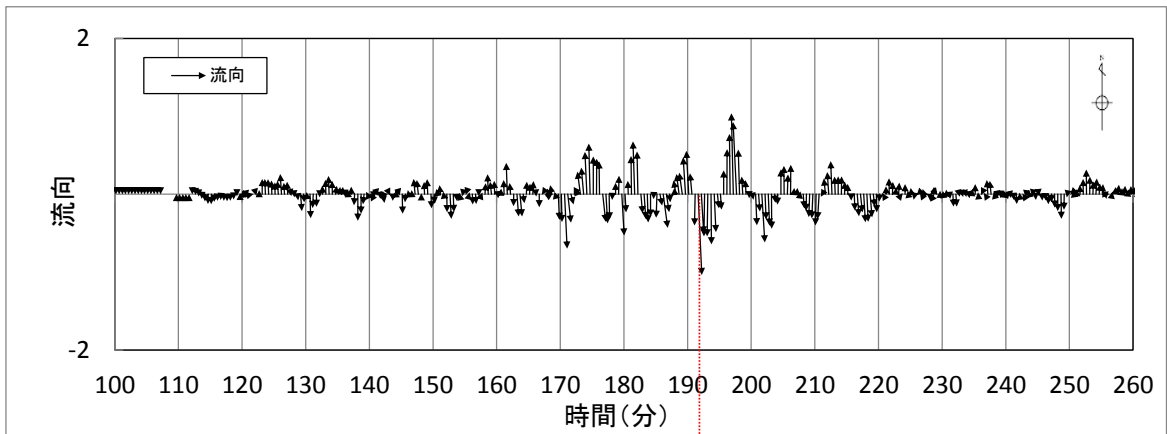
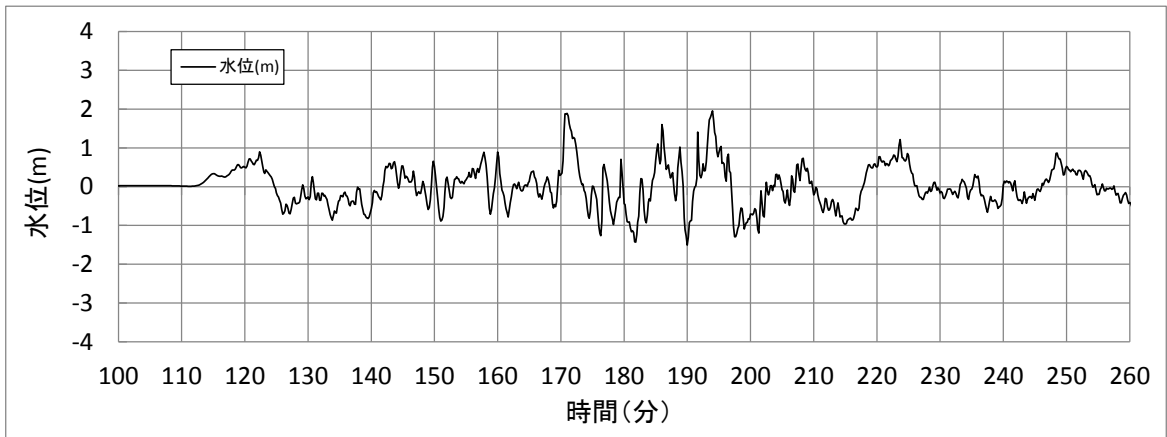
地点4

第 2.5-15-4 図 抽出地点 4 における水位，流向，流速（基準津波 1）



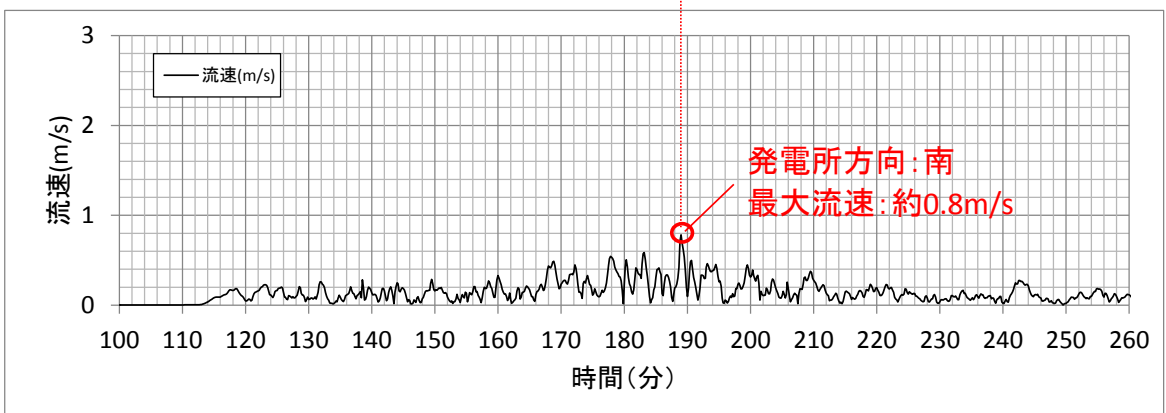
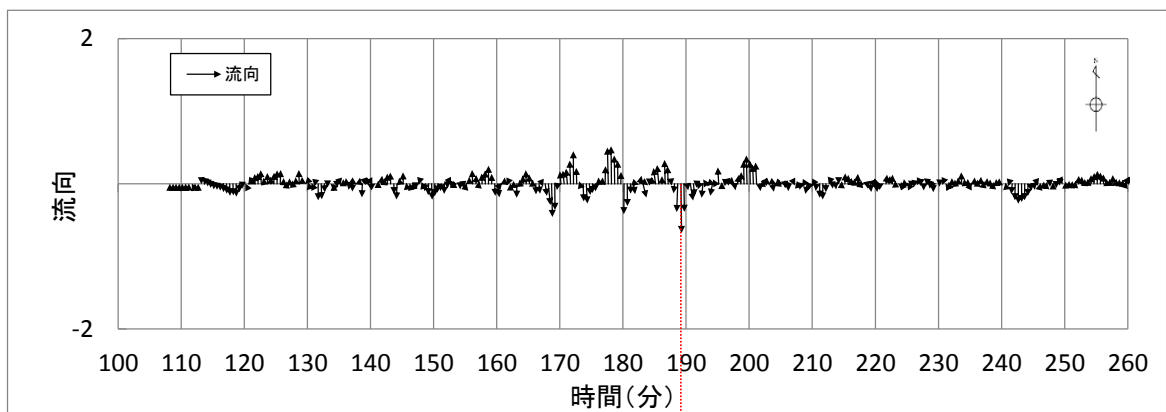
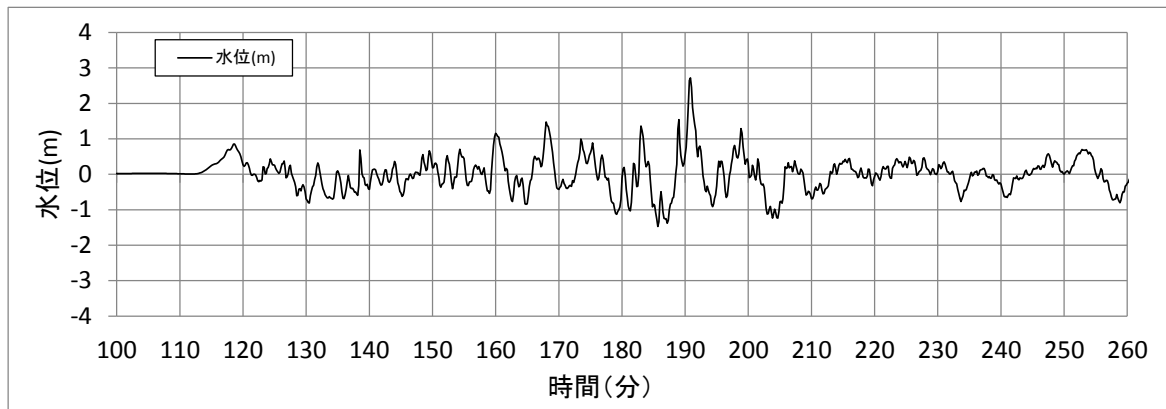
地点5

第 2.5-15-5 図 抽出地点5における水位，流向，流速（基準津波1）



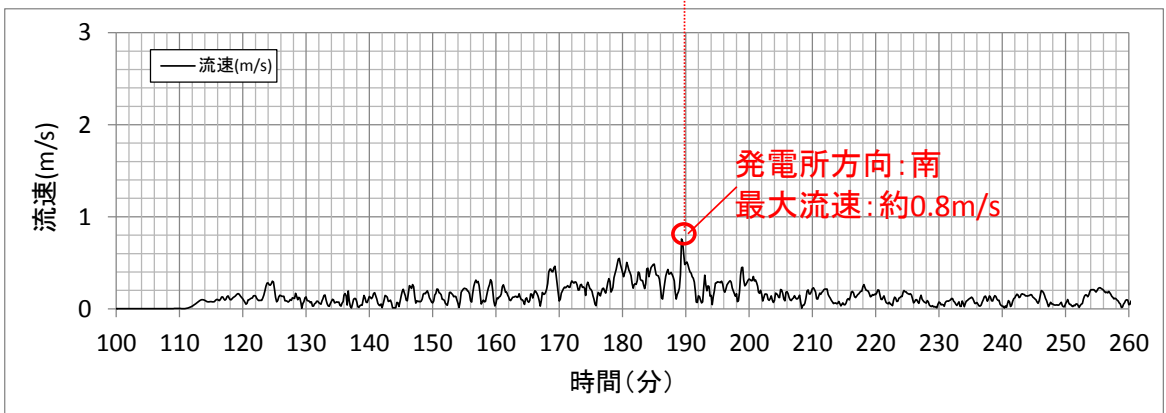
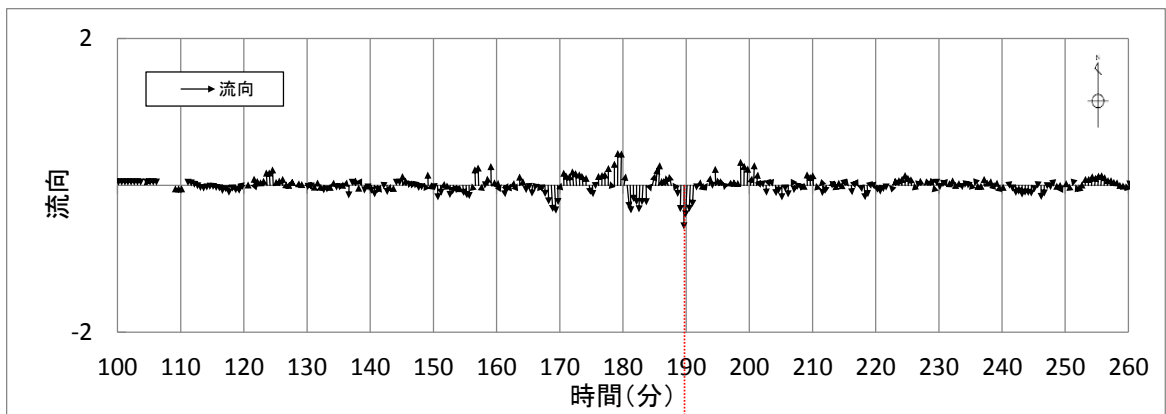
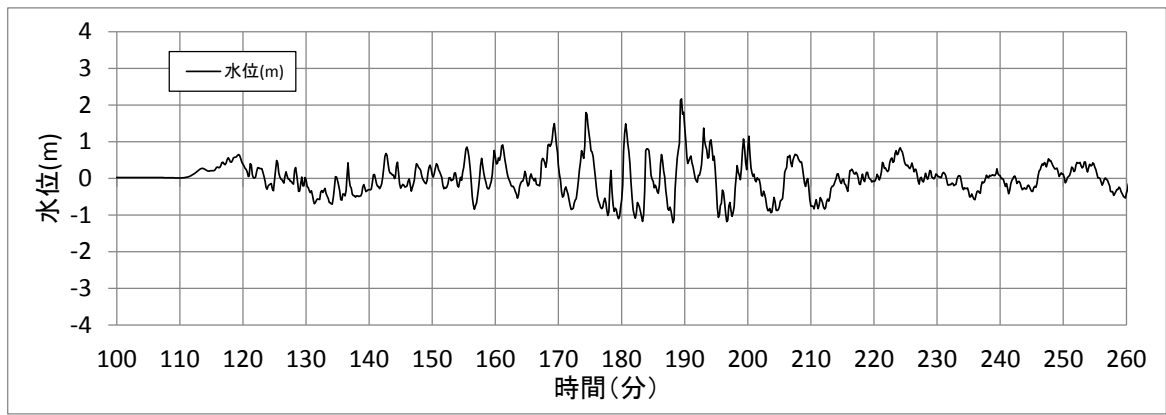
地点6

第 2.5-15-6 図 抽出地点 6 における水位，流向，流速（基準津波 1）



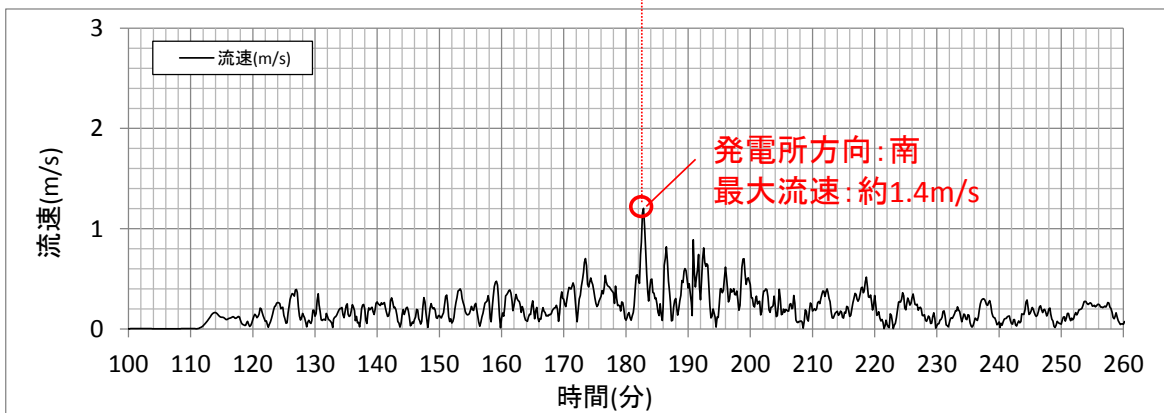
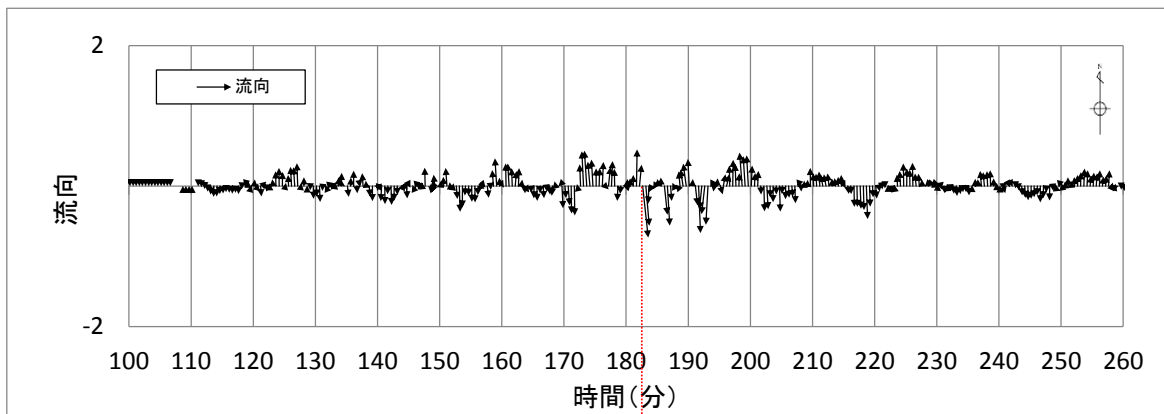
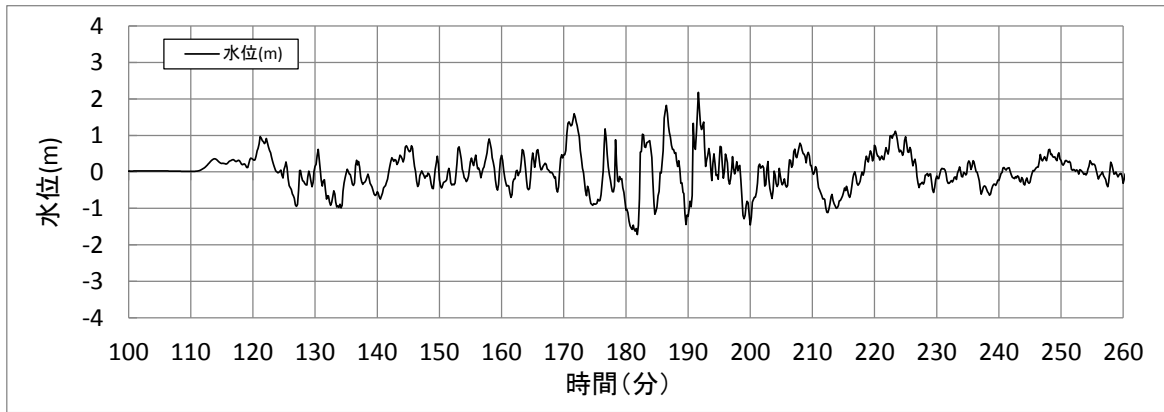
地点7

第 2.5-15-7 図 抽出地点 7 における水位，流向，流速（基準津波 1）



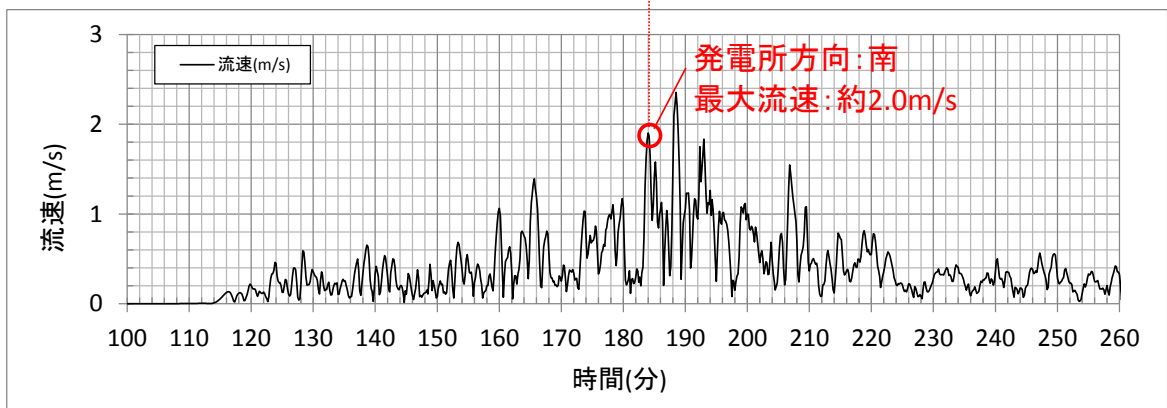
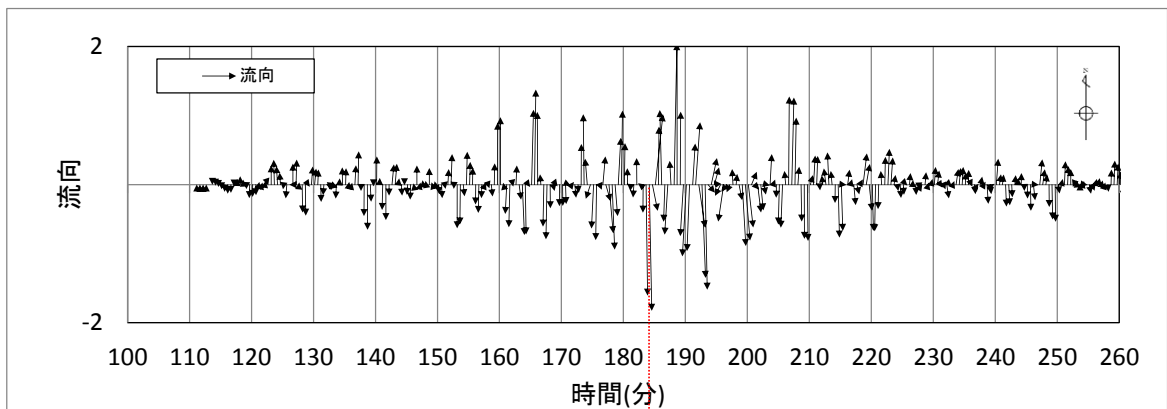
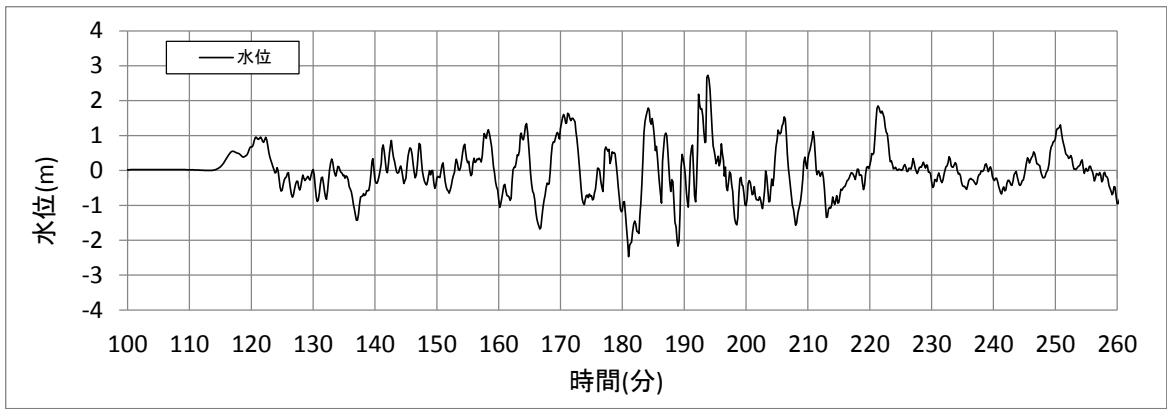
地点8

第 2.5-15-8 図 抽出地点 8 における水位，流向，流速（基準津波 1）



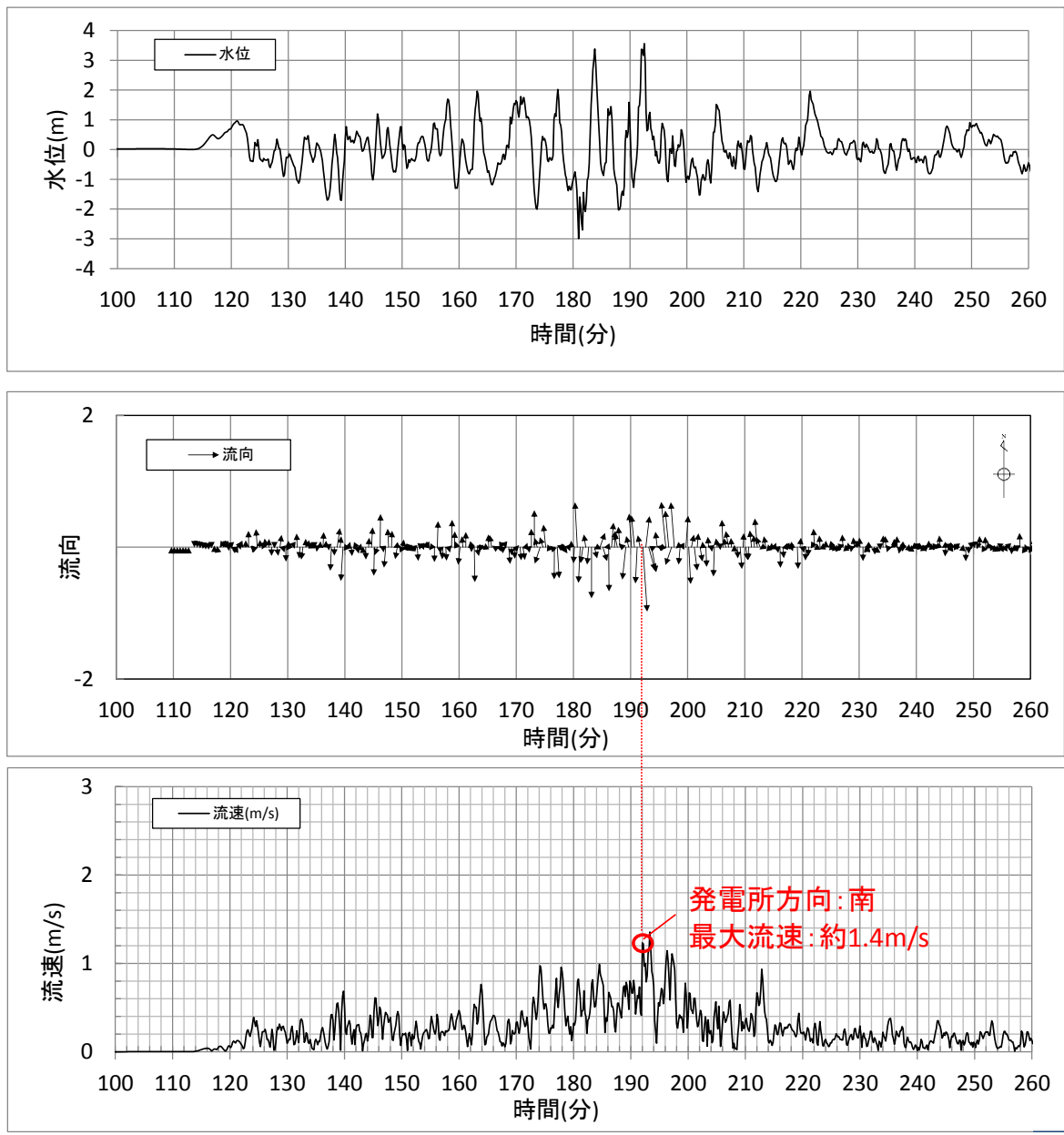
地点9

第 2.5-15-9 図 抽出地点 9 における水位，流向，流速（基準津波 1）



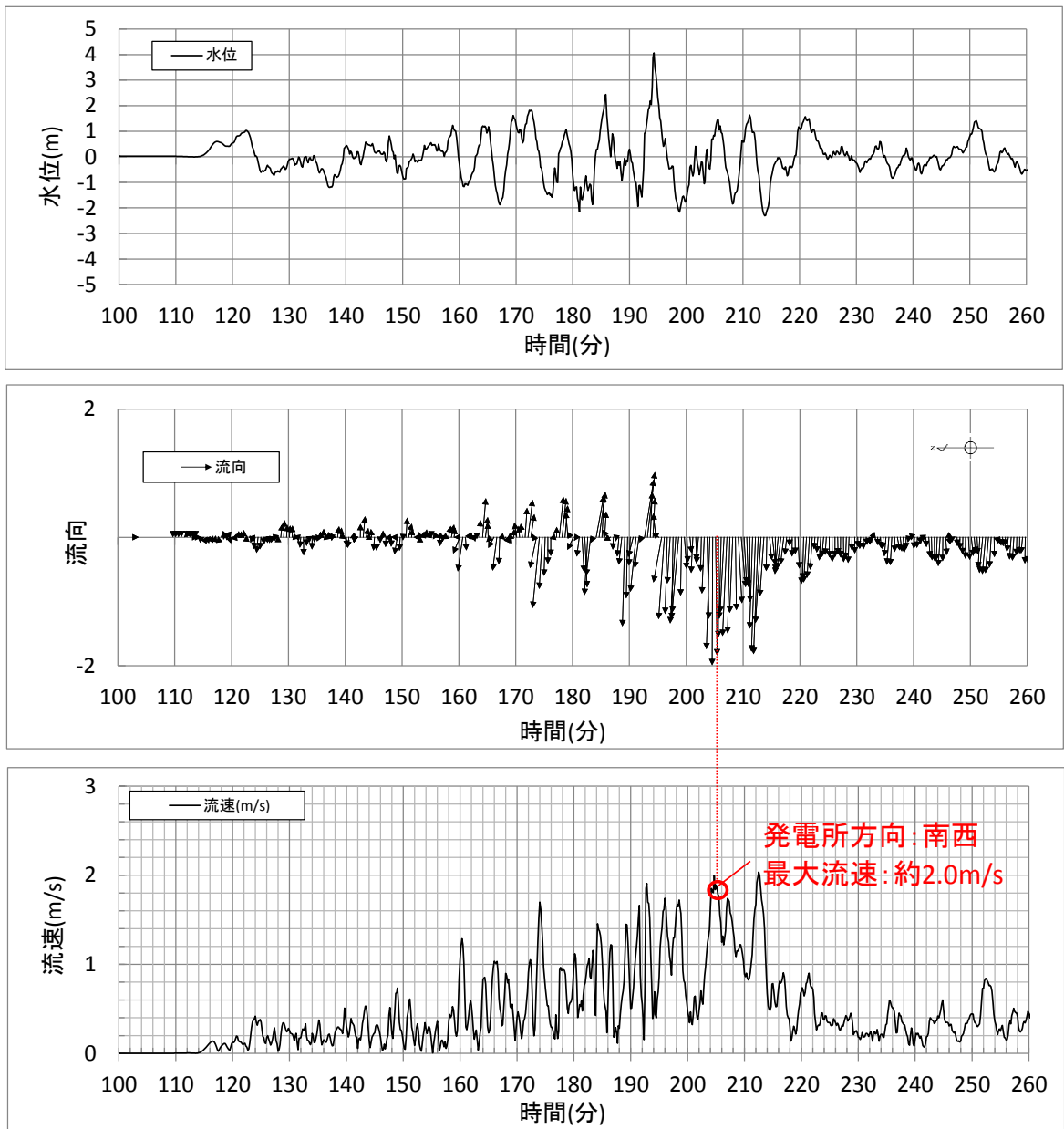
地点10

第 2.5-15-10 図 抽出地点 10 における水位, 流向, 流速 (基準津波 1)



地点11

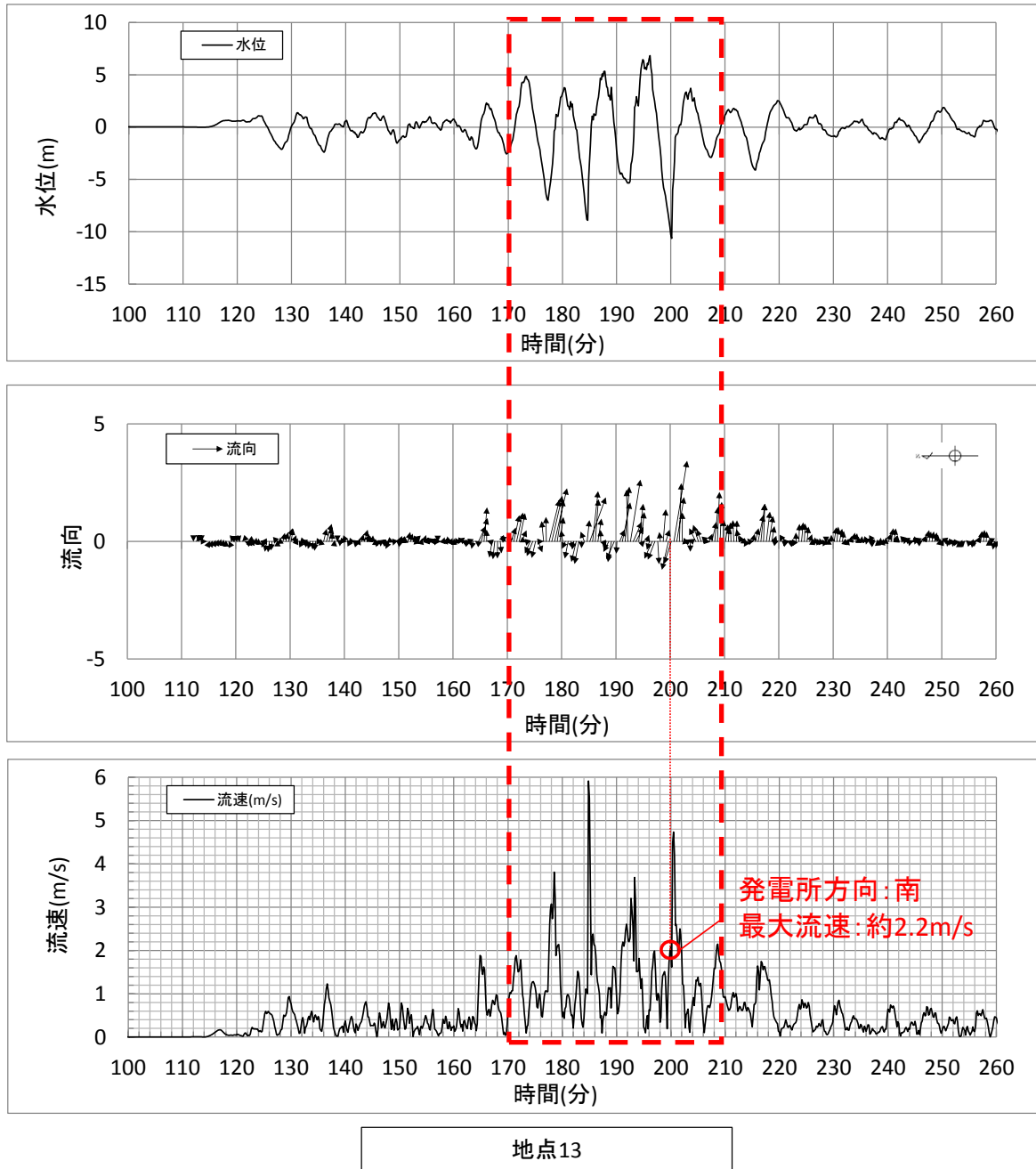
第 2.5-15-11 図 抽出地点 11 における水位，流向，流速（基準津波 1）



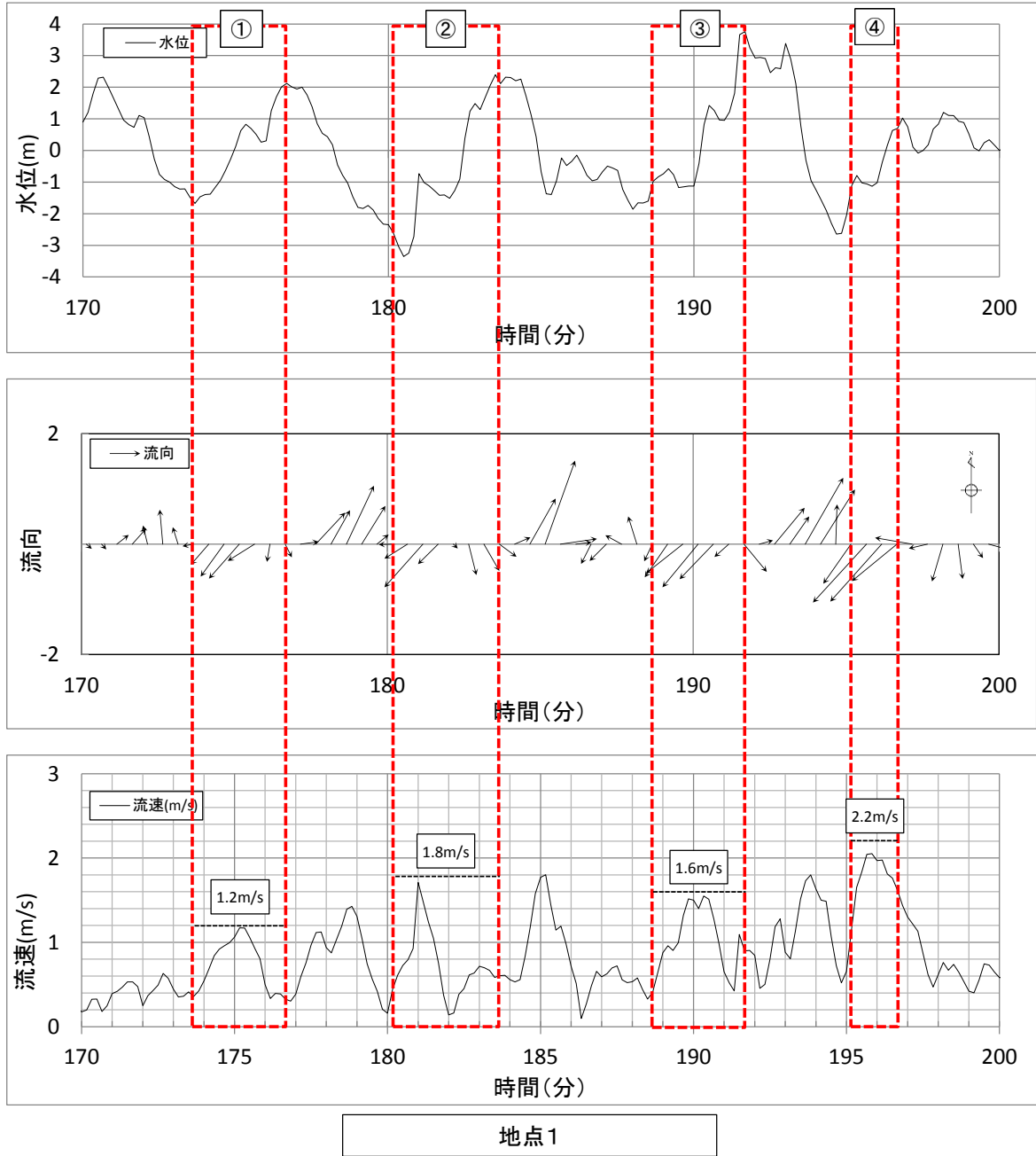
地点12

第 2.5-15-12 図 抽出地点 12 における水位，流向，流速（基準津波 1）

第2.5-16-2図



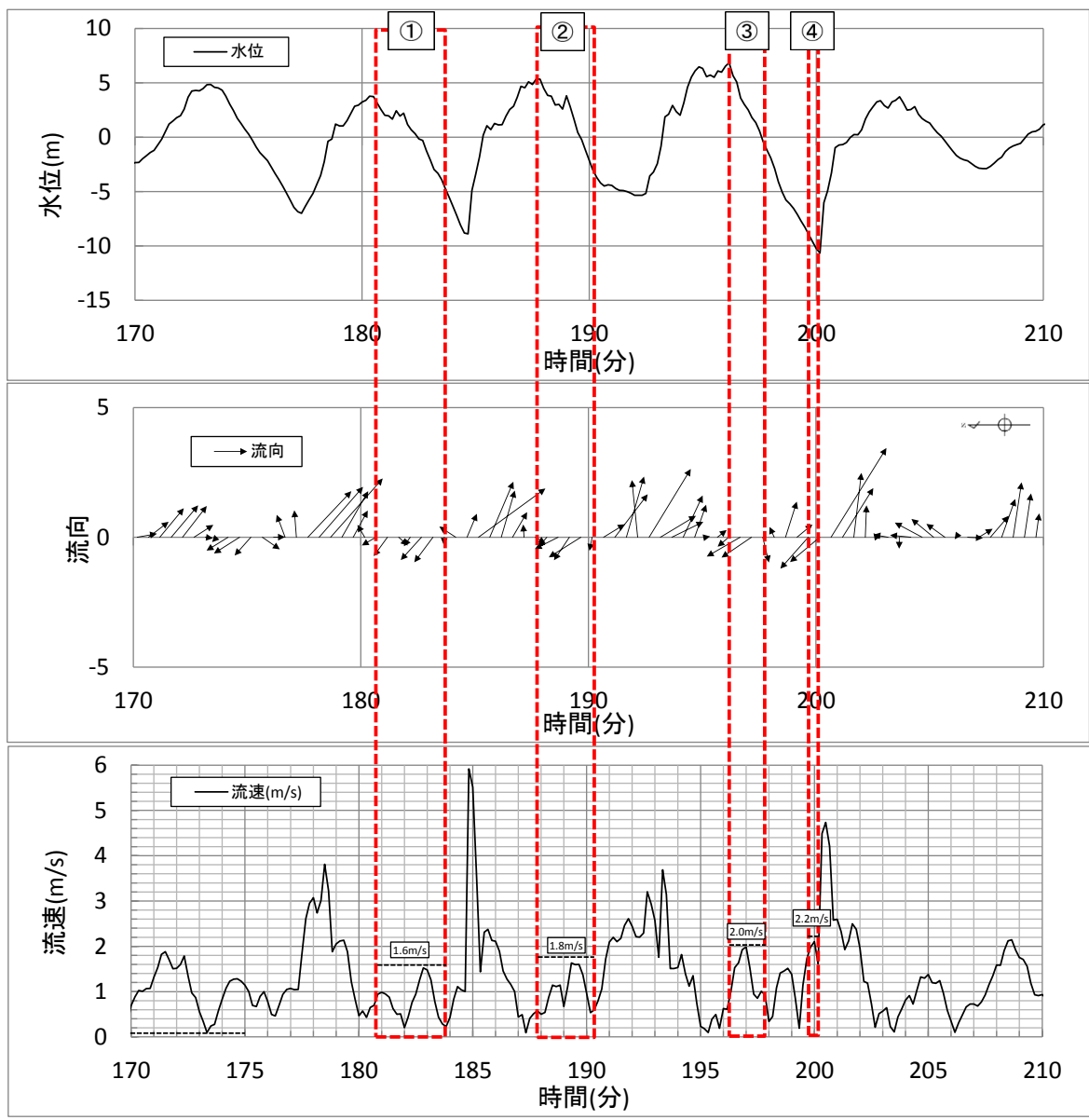
第2.5-15-13図 抽出地点13における水位，流向，流速（基準津波1）



地点 1	①	②	③	④
継続時間 (s)	185	222	193	98
流速 (m/s)	1.2	1.8	1.6	2.2
移動量 (m)	222	400	309	216

※ ②における継続時間を保守的に4分(240秒)とし、移動量を約450mと算定

第 2.5-16-1 図 基準津波による水の移動量(地点1)



地点13

地点13	①	②	③	④
継続時間 (s)	181	150	97	31
流速 (m/s)	1.6	1.8	2.0	2.2
移動量 (m)	290	270	194	69

※ ①における継続時間を保守的に200秒とし、移動量を約320mと算定

第 2.5-16-2 図 基準津波による水の移動量(地点13)

c. 漂流物となる可能性のある施設・設備の抽出

設定した漂流物調査範囲を、発電所構内と構外、また海域と陸域に分類し、漂流物となる可能性のある施設・設備を抽出した。各分類における調査対象、調査方法及び調査実施期間並びに再調査実施期間を第 2.5-2 表に、調査範囲を第 2.5-17-1 図及び第 2.5-17-2 図に示す。また、各調査の具体的な調査要領を添付資料 15 に示す。

調査結果を踏まえ、第 2.5-18 図に示す漂流物の選定・影響確認フローに基づき、取水性への影響を評価した。

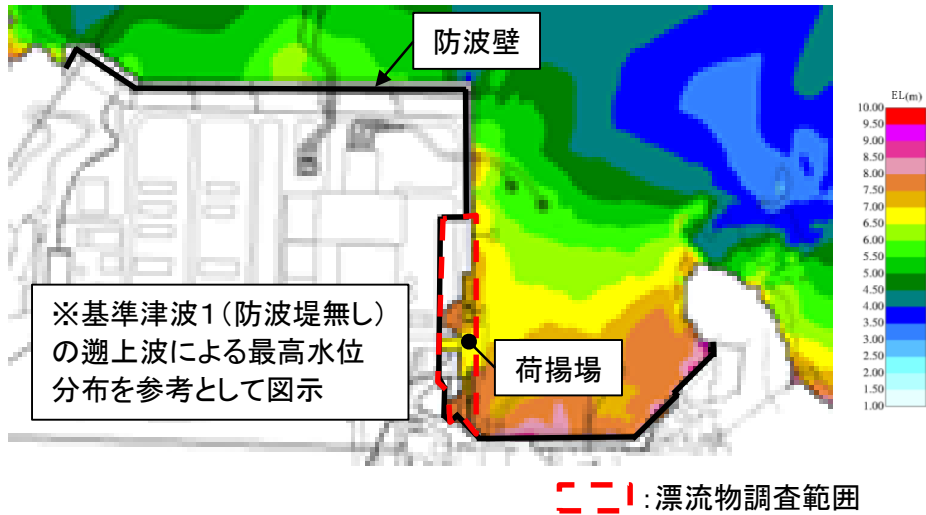
なお、漂流物の影響については、東北太平洋沖地震に伴う津波の被害実績^(注)も踏まえ評価した。

(注) 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 674 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被害調査報告」

第 2.5-2 表 漂流物の調査方法

調査範囲		調査対象	調査方法	調査実施期間	再調査実施期間
発電所構内・構外	海域・陸域				
発電所構内	海域	船舶等	資料調査	H25. 1. 25～H25. 2. 28 H28. 4. 20～H28. 5. 13	H31. 3. 27～ H31. 4. 12
			聞き取り調査	H25. 1. 25～H25. 2. 28 H28. 4. 20～H28. 5. 13	
	陸域	人工構造物 車両等	聞き取り調査	H24. 8. 3～H24. 8. 24	H31. 3. 8
			現場調査	H24. 8. 3～H24. 8. 24 H26. 9. 8～H26. 10. 16	
発電所構外 [※]	海域	船舶等	資料調査	H24. 8. 3～H24. 8. 24 H26. 9. 8～H26. 10. 16	H31. 3. 28
			聞き取り調査	H24. 8. 3～H24. 8. 24 H26. 9. 8～H26. 10. 16	H31. 3. 22～ H31. 3. 28, R2. 8. 6～ R2. 8. 11 R2. 9. 8～ R2. 9. 10 R3. 1. 7
			現場調査	H24. 8. 3～H24. 8. 24 H26. 9. 8～H26. 10. 16	R 元. 5. 10
	陸域	人工構造物 車両等	現場調査	H24. 8. 3～H24. 8. 24 H26. 9. 8～H26. 10. 16	H31. 3. 27, R 元. 5. 10

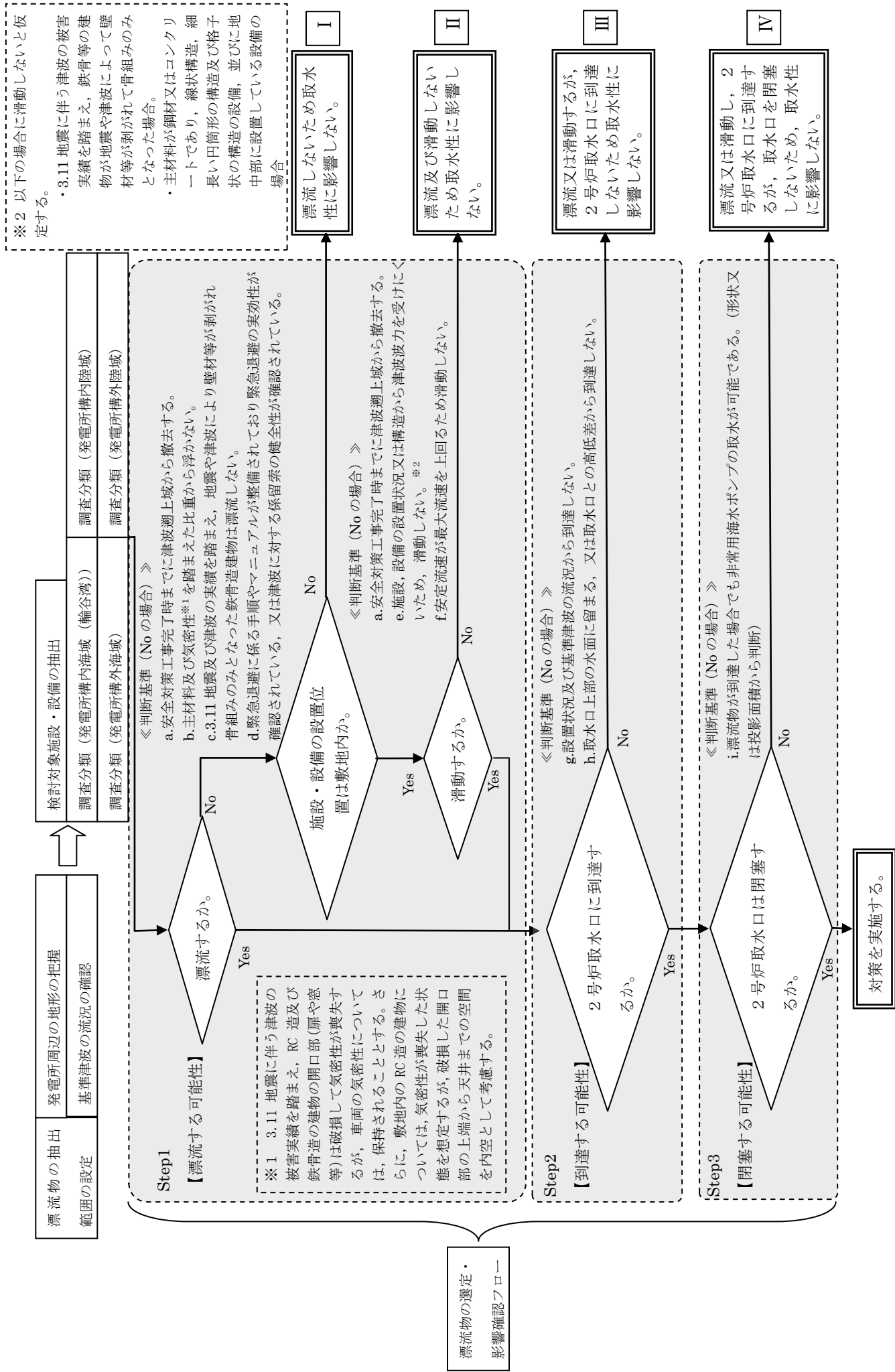
※ 発電所構外については、半径 5km までの調査を実施



第 2.5-17-1 図 漂流物調査範囲（発電所構内陸域）



第 2.5-17-2 図 漂流物調査範囲（発電所構外）



第 2.5-18 図 漂流物の選定・影響確認フロー

d. 取水性に与える影響の評価

(a) 発電所構内における評価

i. 発電所構内海域（輪谷湾）における評価

発電所の構内（港湾内）にある港湾施設としては、2号炉の取水口の西方約60mの位置に荷揚場がある。港湾周辺及び港湾内に定期的に来航する船舶としては、燃料等輸送船（総トン数約5,000トン）が年に数度来航し、荷揚場に停泊する。また、温排水影響調査、環境試料採取等のための作業船（総トン数1トン未満～約10トン）が港湾の周辺及び港湾内に定期的に来航し、年に5回程度、港湾内で漁船が操業する。

これらの他に、設備、資機材等の搬出入のための貨物船等が不定期に停泊し、また、発電所港湾の境界を形成する防波堤、護岸がある。なお、発電所の港湾内には海上設置物はない。

抽出された以上の船舶等に対して第2.5-18図に示す漂流物の選定・影響フローに従って、漂流する可能性(Step1)、到達する可能性(Step2)及び閉塞する可能性(Step3)の検討を行い、取水性への影響を評価した。

なお、発電所港湾の境界を形成する防波堤、護岸については津波影響軽減施設として設計しているものではないため、地震や津波波力による損傷を想定すると、損傷した構成要素が滑動、転動により流される可能性は否定できず、2号炉の取水口の通水性に影響を及ぼす可能性が考えられる。滑動する可能性を検討する上で用いる流速は、2号炉取水口が港湾内に位置することを踏まえ、発電所近傍の最大流速とする（添付資料18参照）。また、評価にあたっては、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会、平成19年7月）」に準じて、イスバッシュ式を用いた。この式は米国の海岸工学研究センターが潮流による洗掘を防止するための捨石質量として示したものであり、水の流れに対するマウンド被覆材の安定質量を求めるものであることから、津波襲来時における対象物の滑動可能性評価に適用可能であると考えられる。イスバッシュ式の定数はマウンド被覆材が露出した状態に相当する0.86とする。イスバッシュ式をもとに、対象物が水の流れによって動かない最大流速（以下、「安定流速」という）を算出し、解析による流速が安定流速以下であることを確認する。

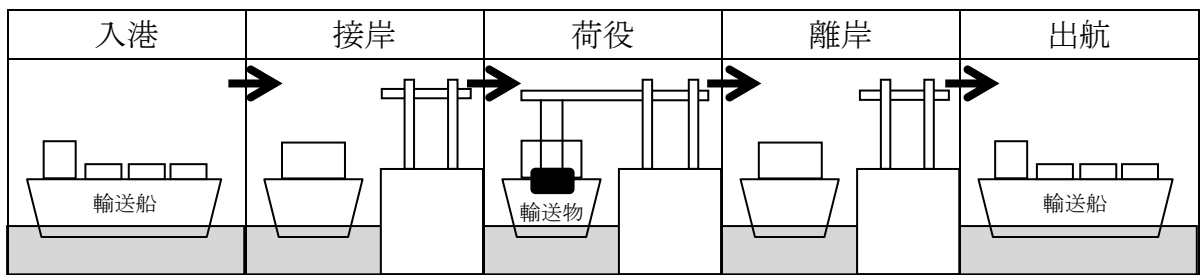
以上を踏まえ、発電所構内海域（輪谷湾）における評価について、以下の項目毎に、評価結果を示す。

- ①燃料等輸送船
- ②作業船
- ③貨物船等
- ④漁船
- ⑤防波堤
- ⑥護岸

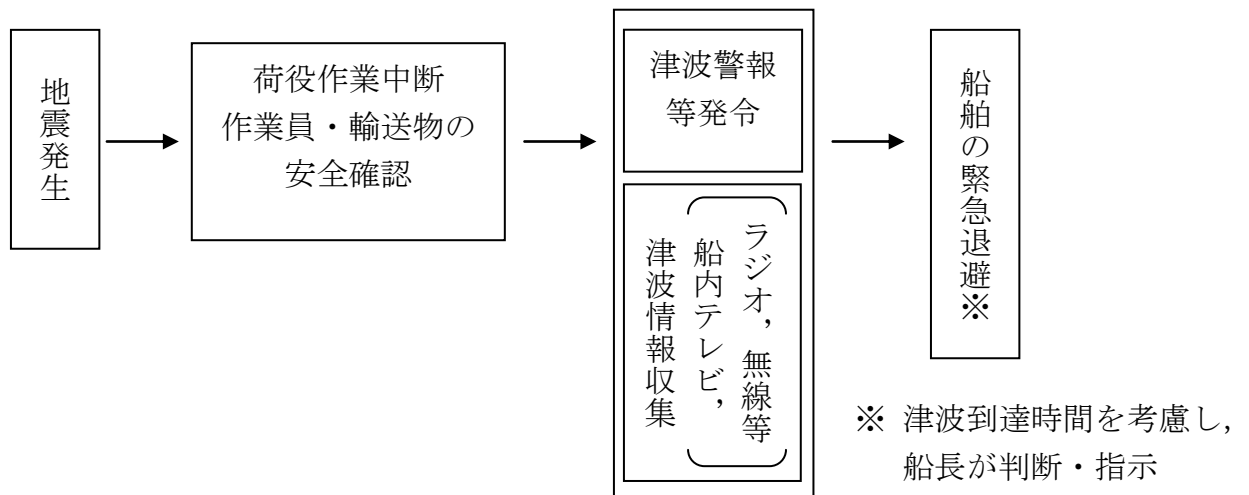
①燃料等輸送船

発電所敷地内の港湾施設として荷揚場があり、燃料等輸送船が停泊する。燃料等輸送船の主な輸送工程を第 2.5-19 図に示す。

津波注意報、津波警報及び大津波警報（以下「津波警報等」という）発令時には、原則、緊急退避（離岸）することとしており、東日本大震災以降に、第 2.5-20 図に示すフローを取り込んだ緊急時対応マニュアルを整備している。



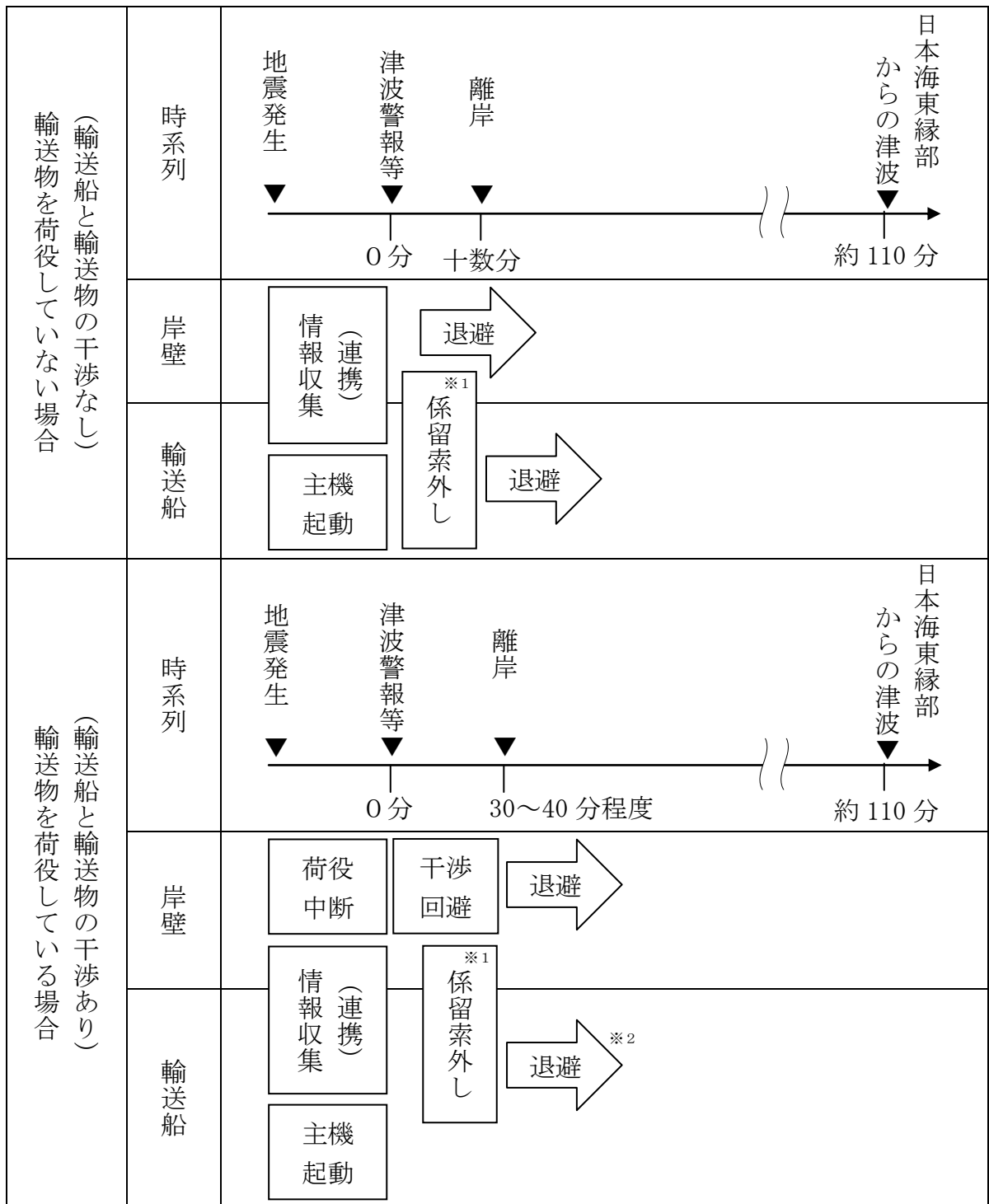
第 2.5-19 図 主な輸送工程



第 2.5-20 図 緊急退避フロー図（例）

このマニュアルに沿って実施した訓練実績では、輸送船と輸送物の干渉がある「荷役」工程において津波警報が発令した場合でも、警報発令後の 30 分程度で退避が可能であることを確認しており、日本海東縁部に想定される地震による津波に対しては、緊急退避が可能である。

以上を踏まえ、津波の到達と緊急退避に要する時間との関係を示すと第 2.5-21 図のとおりとなる。



※1 平成24年の訓練実績では10分程度。

※2 平成24年の訓練実績では大津波警報発令から50分程度で2.5km沖合（水深60m以上：船会社が定める安全な海域として設定する水深）の海域まで退避しており、日本海東縁部に想定される地震による津波襲来（約110分）までに退避可能。

第2.5-21 図 津波の到達と燃料等輸送船の緊急退避に要する時間との関係

第 2.5-21 図より、燃料等輸送船は、島根原子力発電所に襲来が想定される津波のうち、時間的な余裕がない海域活断層から想定される地震による津波に対しては、緊急退避ができない可能性がある。しかしながら、この場合も以下の理由から輸送船は航行不能となることはなく、漂流物になることはないと考えられる。

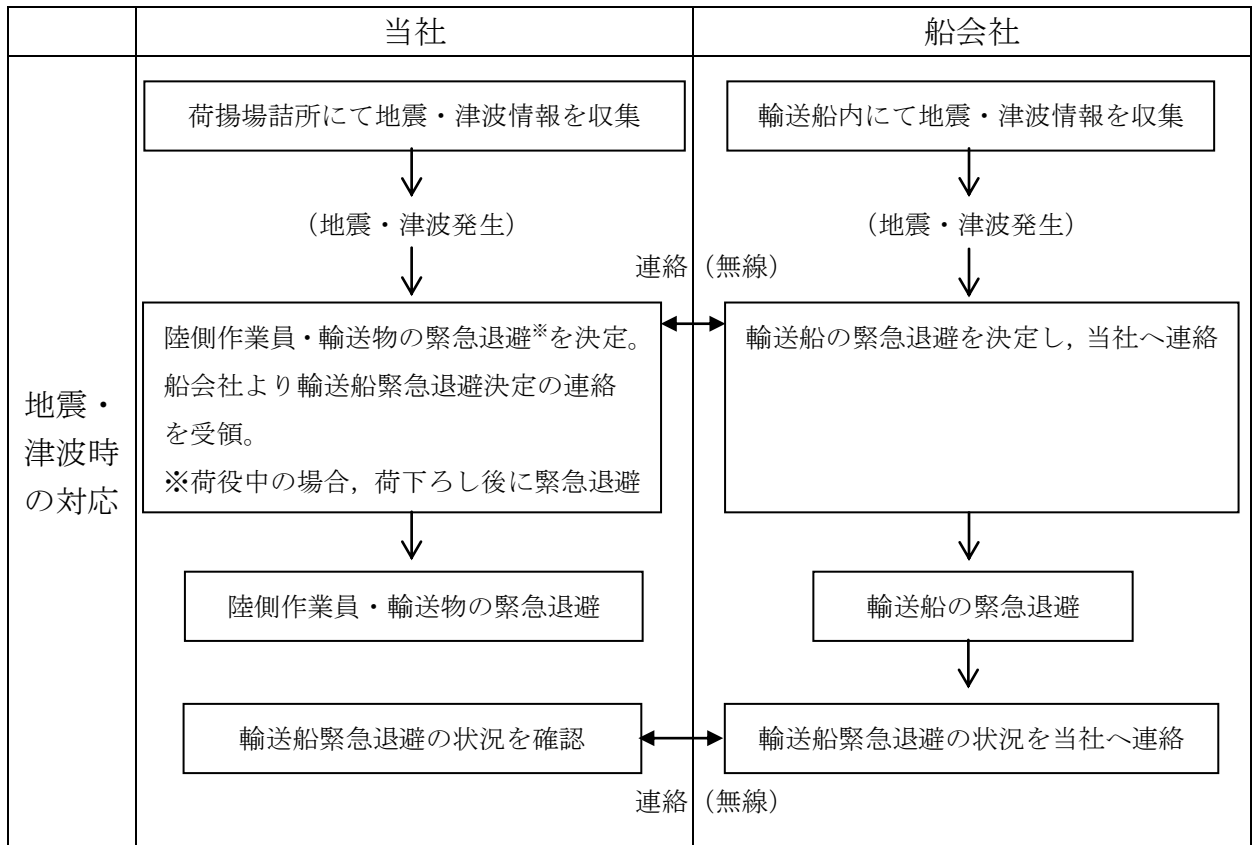
- ・輸送船は荷揚場に係留されている。
- ・津波高さと喫水高さの関係から、輸送船は荷揚場を越えない。
- ・荷揚場に接触しても防げん材を有しており、かつ通達(海査第 520 号：照射済核燃料等運搬船の取扱いについて)に基づく二重船殻構造等十分な船体強度を有する。

以上の評価に関わる津波に対する係留索の耐力評価を添付資料 16 に、荷揚場への乗り上げ及び着底に伴う座礁及び転覆の可能性に関わる喫水と津波高さとの関係を添付資料 17 に示す。

以上より、燃料等輸送船は、非常用海水冷却系に必要な 2 号炉の取水口及び取水路の通水性及び津波防護施設に影響を及ぼさないと評価した。

なお、燃料等輸送船の緊急退避は輸送事業者・船会社（以下、船会社）と協働で行うことになるが、その運用における当社と船会社の関係を示すと第 2.5-22 図のとおりとなる。すなわち、地震・津波が発生した場合には、速やかに作業を中断するとともに、船会社及び当社は地震・津波の情報を収集し、船会社が津波襲来までに時間的余裕があると判断した際の船会社からの輸送船緊急退避の決定連絡を受け、当社にて輸送船と輸送物の干渉回避や係留索取り外し等の陸側の必要な措置を実施し、また陸側作業員・輸送物の退避を決定するなど、両者で互いに連絡を取りながら協調して緊急退避を行う。ここで、電源喪失時にも荷揚場のクレーンを使用して上記の対応ができるように、同クレーンには非常用電源を用意している。

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



第 2.5-22 図 輸送船緊急退避時の当社と船会社の関係性

②作業船

港湾の周辺及び港湾内への船舶の来航を伴う作業のうち温排水影響調査、環境試料採取のため1トン未満～約10トンの作業船が港湾内外で作業を実施する。

これらの作業船については、津波警報等発令時には、原則、緊急退避するとともに、これを定めた緊急時対応マニュアルを整備し、緊急退避に係る対応を行うため、当社一協力会社及び関係機関との間で連絡体制を整備する。また、協力会社及び関係機関との間で互いのマニュアルを共有した上で、合同で緊急退避訓練を実施することにより、各々のマニュアルの実効性を確認する。

これにより、日本海東縁部に想定される地震による津波に対しては、緊急退避が可能である。一方、時間的な余裕がない海域活断層から想定される地震による津波に対しては、緊急退避ができない可能性があるため、その影響を評価する。

海域活断層から想定される地震による津波の取水口位置における入力津波高さ（引き波）はEL-4.3mである。取水口呑口の高さはEL-9.5mであり、十分に低く、作業船は取水口上部の水面に留まることから、取水口に到達せず、海水ポンプに必要な通水性が損なわれることはない。さらに、万一、防波堤に衝突する等により沈降した場合においても、以下に示す取水口呑口の断面寸法並びに非常用海水冷却系に必要な通水量及び作業船の寸法か

ら、その接近により取水口が閉塞し、非常用海水冷却系に必要な取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼさないと評価した。

一方、海域活断層から想定される地震による津波の施設護岸又は防波壁位置における入力津波高さは EL4.2m であり、輪谷湾内の津波防護施設の EL4.2m 以下の部位に到達する可能性がある。

〈作業船の取水路通水性に与える影響に関わる諸元〉

○取水口呑口断面寸法(第 2.5-23 図)

- ・高さ：3.0m
- ・幅：17m

○非常用海水冷却系必要通水量

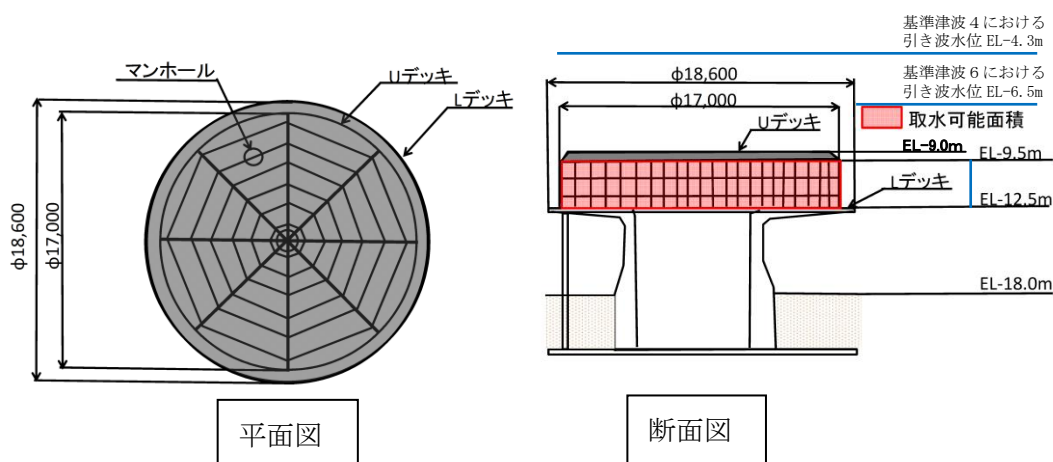
- ・通常時（循環水系）の 5%未満

※循環水系の定格流量約 3370m³/分に対して非常用海水冷却系の定格流量は約 150m³/分(ポンプ全台運転)

○作業船寸法(総トン数約 10 トンの作業船代表例)

- ・長さ：約 10m
- ・幅：約 4m
- ・喫水：約 1.5m
- ・水面下断面積：約 15m²（長手方向）

以上より、その他の作業船は非常用海水冷却系に必要な 2 号炉の取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼす漂流物とはならないものと評価する。



第 2.5-23 図 取水口呑口概要図

③貨物船等

定期的に来航する作業船のほか、設備、資機材等の搬出入のための貨物船等が不定期に停泊する。これらの貨物船等については、入港する前までに、津波警報等発令時には、緊急退避する緊急時対応マニュアルを整備し、緊急退避の実効性を確認することにより、日本海東縁部に想定される地震による津波に対しては、緊急退避が可能である。時間的な余裕がない海域活断層から想定される地震による津波に対しては、入港する前までに、津波時には漂流物とならない係留方法を策定し、係留することから、取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼすことはない（津波時に漂流物とならない係留ができない貨物船等は用いないこととする）。

④漁船

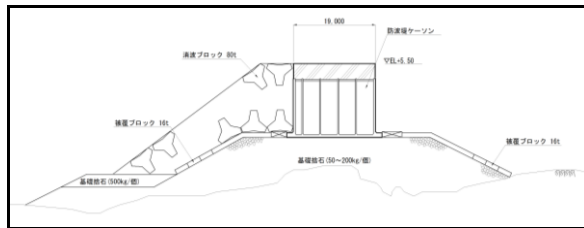
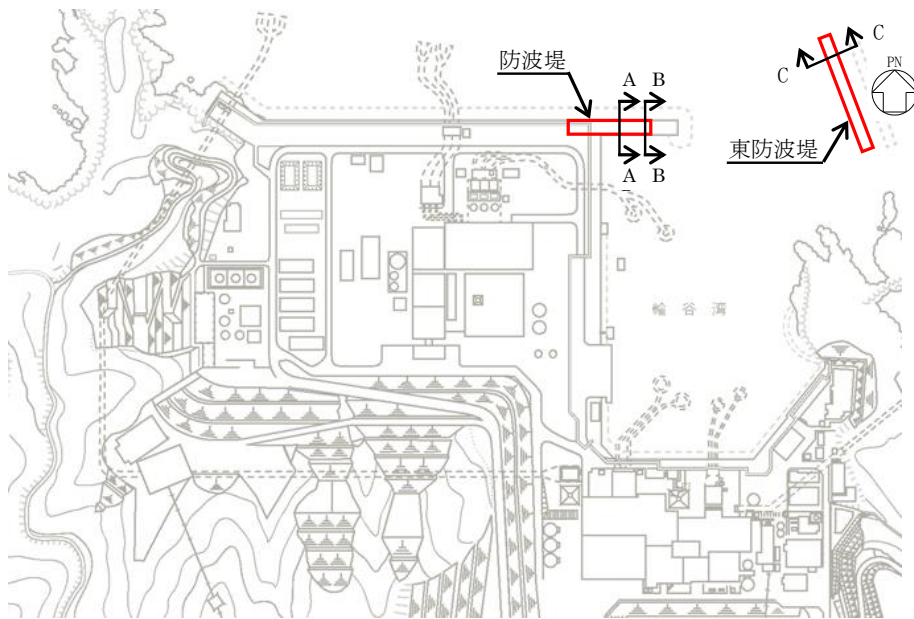
輪谷湾内では、第 2.5-27 図に示す通り、年に 5 回程度、漁船（4 隻、総トン数 0.4～0.7 トン）が操業する。大津波警報発令時には、「災害に強い漁業地域づくりガイドライン（水産庁（平成 24 年 3 月））」において、沖合に退避すると記載されており、津波襲来まで時間的に余裕のある日本海東縁部に想定される地震による津波に対しては、沖合に退避すると考えられるが、漁船が航行不能となった場合には漂流物となり、輪谷湾に面する津波防護施設に到達する可能性がある。ただし、その場合においても、第 2.5-23 図に示すとおり、日本海東縁部に想定される地震による津波の取水口位置における入力津波高さ（引き波）は EL-6.5m であり、取水口呑口の高さは EL-9.5m と十分に低く、漁船は取水口上部の水面に留まることから、取水口に到達せず、海水ポンプに必要な通水性が損なわれることはない。さらに、万一、防波堤に衝突する等により沈降した場合においても、以下に示す取水口呑口の断面寸法並びに非常用海水冷却系に必要な通水量及び漁船の寸法から、その接近により取水口が閉塞し、非常用海水冷却系に必要な取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼさないと評価した。

海域活断層から想定される地震による津波に対しては輪谷湾内で漂流物となり、輪谷湾に面する津波防護施設の EL4.2m 以下の部分に到達する可能性がある。ただし、漂流した場合においても、日本海東縁部に想定される地震による津波と同様に取水口が閉塞し、非常用海水冷却系に必要な取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼさないと評価した。

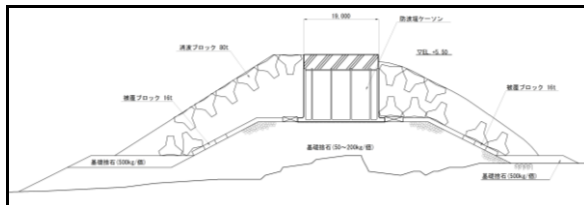
⑤防波堤

防波堤の配置及び構造概要を第 2.5-24 図に示す。

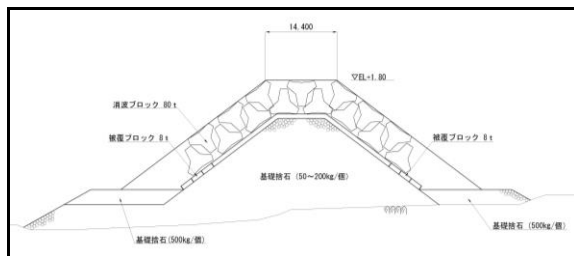
図に示されるとおり、防波堤と東防波堤から成り、ケーソン式混成堤と混成傾斜堤により構成されている。2 号炉の取水口との位置関係としては、取水口から最短約 340m の位置に防波堤（ケーソン式混成堤）が配置されている。



防波堤 標準部 (A-A 断面)



防波堤 堤頭部 (B-B 断面)



東防波堤 標準部 (C-C 断面)

第 2.5-24 図 防波堤の配置及び構造概要

防波堤と2号炉の取水口との間には最短で約340mの距離があるが、防波堤は津波影響軽減施設として設計しているものではないため、地震や津波波力、津波時の越流による洗掘により漂流・滑動する可能性について検討する。

漂流に対する評価として、第2.5-24図に示す防波堤の主たる構成要素である防波堤ケーソン、消波ブロック、被覆ブロック及び基礎捨石は海水の比重より大きいことから、漂流して取水口に到達することはない。

また、損傷した状態で津波による流圧力を受けることにより、滑動する可能性が考えられるが、防波堤近傍の津波流速(3m/s)に対して保守的に発電所近傍の最大流速(10m/s)を用いて安定質量の評価を行うと、コンクリートの安定質量は約195t、石材の安定質量は188tと算定される。これに対し、防波堤ケーソンを除く消波ブロック、被覆ブロック及び基礎捨石は、安定質量を有しないことから、滑動すると評価する。

滑動すると評価した防波堤構成要素のうち、消波ブロック及び被覆ブロックについては、イスバッシュ式より安定流速がそれぞれ8.6m/s、5.8～6.5m/sと算出されており、安定流速を上回る取水口への連続的な流れが発生していないこと、防波堤から2号炉取水口との間に距離があることから取水口に到達することはない。

なお、50kg～500kg程度の基礎捨石については、被覆ブロック等の下層に敷かれていること、2号炉の取水口との間に距離があること、港湾内に沈んだ場合においても海底面から取水口呑口下端まで5.5mの高さがあることを考えると、津波により滑動、転動し、取水口に到達することはない。

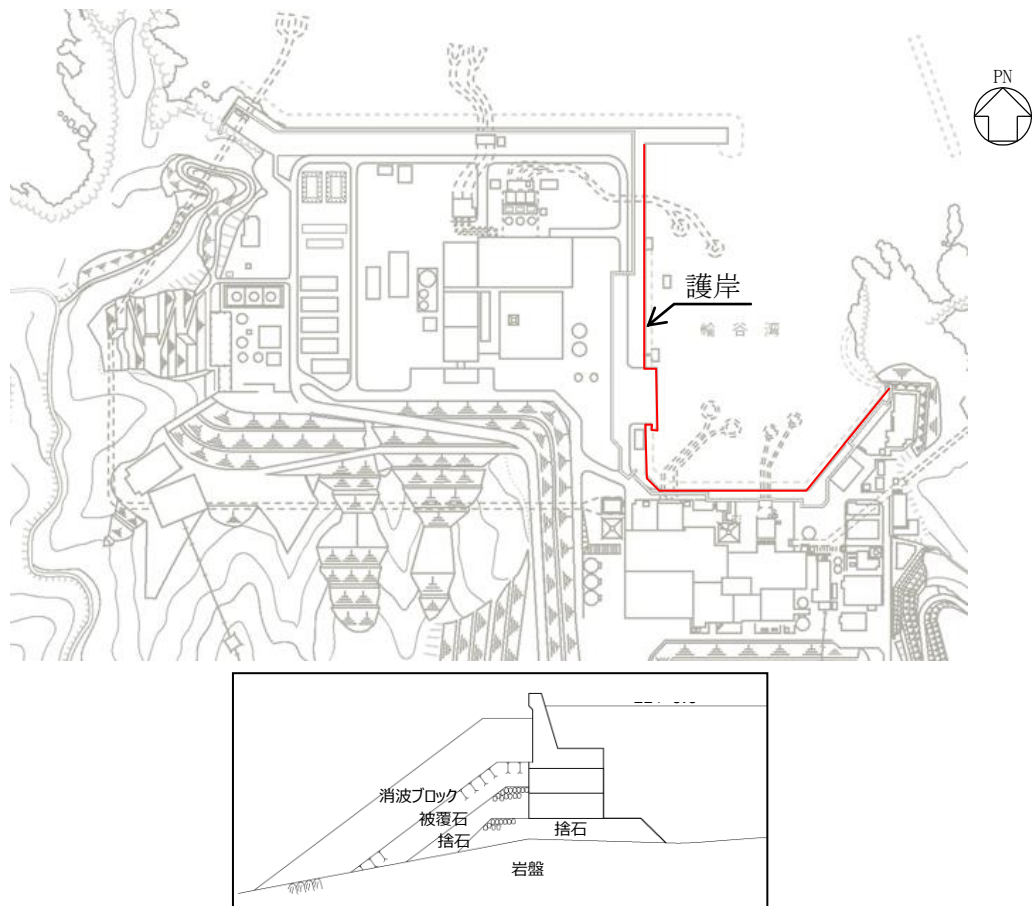
以上より、防波堤は地震あるいは津波により損傷した場合においても、非常用海水冷却系に必要な2号炉の取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼすことはないものと評価する。

⑥護岸

護岸の配置及び構造概要を第2.5-25図に示す。

図に示されるとおり、護岸前面は消波ブロック、被覆石及び捨石により構成されている。

2号炉の取水口との位置関係としては、取水口から最短約75mの位置に護岸が配置されている。



第 2.5-25 図 護岸の配置及び構造概要

護岸と 2 号炉の取水口との間には最短で約 75m の距離があるが、地震や津波波力により漂流・滑動する可能性が考えられる。

漂流に対する評価として、消波ブロック、被覆石及び捨石は海水の比重より大きいことから、漂流して取水口に到達することはない。

また、護岸近傍の津波流速 (7m/s) に対して保守的に発電所近傍の最大流速 (10m/s) を用いて安定質量の評価を行うと、コンクリートの安定質量は約 195t、石材の安定質量は 188t と算定される。護岸の主たる構成要素である消波ブロック、被覆石及び捨石はいずれも安定質量を有しないことから、滑動すると評価する。

港湾内に沈んだ場合においても、海底面から取水口呑口下端まで 5.5m の高さがあることから、消波ブロック、被覆石及び捨石が取水口に到達することはないと評価した。また、防波壁東端部付近に落石を確認しているが、落石は消波ブロック (12.5t) より小さく、上記と同様な評価となる。

以上より、護岸は地震あるいは津波により損傷した場合においても、非常用海水冷却系に必要な 2 号炉の取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼすことはないものと評価する。

これらの評価結果について、第 2.5-3 表にまとめて示す。

＜安定質量の試算＞

「港湾の施設の技術上の基準・同解説」¹⁾の流れに対する被覆材の所要質量の評価手法に基づき、発電所近傍の最大流速の条件(添付資料 18 より最大約 10m/s)における安定質量を算定すると下表の結果となる。

これより、コンクリート塊については質量が 195t 程度、石材については質量が 188t 程度あれば安定することが分かる。

なお、本手法は石を別の石の上に乗せた状態における流圧力と摩擦力の釣り合い式及び流圧力と重力によるモーメントの釣り合い式から導出されている²⁾。津波により損傷した防波堤は本手法の想定状態と類似していると考えられ、本手法を適用できる。

港湾の施設の技術上の基準・同解説 (抜粋)

1. 7. 3 流れに対する被覆石及びブロックの所要質量

(1) 一般

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

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

ここに、

M : 捨石等の安定質量 (t)

ρ_r : 捨石等の密度 (t/m^3)

U : 捨石等の上面における水の流れの速度 (m/s)

g : 重力加速度 (m/s^2)

γ : イスバッシュ(Isbash)の定数(埋め込まれた石にあつては 1.20,露出した石にあつては 0.86)

S_r : 捨石等の水に対する比重

θ : 水路床の軸方向の斜面の勾配 ($^\circ$)

- 条件 : ①津波流速 U : 10m/s
 ②重力加速度 g : 9.8m/s²
 ③イスバッシュの定数 γ : 0.86
 ④斜面の勾配 : 0.0 $^\circ$

材料	ρ (t/m^3)	S_r	M (t)
コンクリート	2.34 ^{※1}	2.27	195
石材	2.36	2.29 ^{※2}	188

※1 コンクリートの密度は道路橋示方書・同解説より設定。

※2 石材の比重は港湾の施設の技術上の基準・同解説より設定。

参考文献

1) (社)日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説(下巻)，pp.561，2007.

2) 三井順，松本朗，半沢稔：イスバッシュ式の導出過程と防波堤を越流する津波への適用性，土木学会論文集 B2 (海岸工学)，Vol. 71，No. 2，pp. I_1063-I_1068，2015.

第 2.5-3 表 漂流物評価結果（発電所構内海域（輪谷湾））

No.	分類	名称	総トン数	Step1（漂流する可能性） 検討結果		Step2 （到達する可能性）	Step3 （閉塞する可能性）	評価																																																								
				比重	比重																																																											
①	船舶	燃料等輸送船	約 5,000 トン	【判断基準:d】 日本海東縁部に想定される地震による津波に対しては、緊急回避に係る手順が整備されており緊急回避の実効性を確認した。また、海域活断層に想定される地震による津波に対しては、荷揚場に係留することから漂流物とならない。	-	-	-	I																																																								
									温排水影響調査作業船	約 10 トン	日本海東縁部に想定される地震による津波に対しては、緊急回避に係る手順を整備し、緊急回避の実効性を確認する。 一方、海域活断層に想定される地震による津波に対しては、緊急回避できず、輪谷湾内で漂流する可能性がある。	-	【判断基準:h】 漂流した場合においても、取水口上部の水面に留まることから、取水口に到達しない。	【判断基準:i】 万一、防波堤に衝突する等により沈降した場合においても、作業船の最大規模は約 10 トン（総トン数）であり、喫水約 1.5m、船体長さ約 10m、幅約 4m であるのに対し、取水口の取水面積は十分に大きいことから、取水口を閉塞する可能性はない。	III (IV)																																																	
																人工リーフ海藻草調査作業船	約 3~6 トン	-	-	-	-	-																																										
																							格子状定線水温測定作業船	約 3 トン	-	-	-	-	-																																			
																														港漏油拡散防止業務作業船	1 トン未満~約 10 トン	-	-	-	-	-																												
																																					環境試料採取作業船	1 トン未満~約 3 トン	-	-	-	-	-																					
																																												海象計点検作業船	約 2~10 トン	-	-	-	-	-														
																																																			使用済燃料の輸送に伴う作業船	約 2~10 トン	-	-	-	-	-							
																																																										フラップゲート点検作業船	約 7 トン	-	-	-	-	-

第 2.5-3 表 漂流物評価結果（発電所構内海域（輪谷湾））

No.	分類	名称	質量	Step1（漂流する可能性）			Step2 (到達する可能性)	Step3 (閉塞する可能性)	評価
				漂流		滑動			
				検討結果	比重*				
④	船舶	漁船	約 0.4～0.7 トン	大津波警報発令時には、「災害に強い漁業地域づくりガイドライン（水産庁（平成 24 年 3 月））」において、沖合に退避すると記載されており、津波襲来まで時間的に余裕のある日本海東縁部に想定される地震による津波に対しては、沖合に退避すると考えられるが、漁船が航行不能となった場合を想定し、漂流物となるものとして評価。海域活断層から想定される地震による津波に対しては、漂流する可能性があるものとして評価。	-	-	【判断基準:h】 漂流した場合においても、取水口上部の水面に留まることから、取水口に到達しない。	【判断基準:i】 万一、防波堤に衝突する等により沈降した場合においても、漁船の最大規模は約 0.7 トン（総トン数）であり、大きさは約 10 トンの作業船より小さく、取水口の取水面積は十分に大きいことから、取水口を閉塞する可能性はない。）	III
⑤	防波堤	防波堤ケーソン	10,000t 以上	【判断基準:b】 当該設備と海水の比重を比較した結果、漂流物とはならない。	コンクリート比重【2.27】	【判断基準:f】 発電所近傍の最大流速 10.0m/s に対して、当該設備の安定流速は 19.2m/s 以上であることから、滑動しない。	-	-	II

※コンクリートの比重は道路橋示方書・同解説より設定、石材の比重は港湾の施設の施設の技術上の基準・同解説より設定。

第 2.5-3 表 漂流物評価結果（発電所構内海域（輪谷湾））

No.	分類	名称	質量	Step1（漂流する可能性）			Step2 （到達する可能性）	Step3 （閉塞する可能性）	評価	
				漂流		滑動				
				検討結果	比重*					
⑤	防波堤	消波ブロック	80t	【判断基準・b】 当該設備と海水の比重を比較した結果、漂流物とはならない。	コンクリート比重 【2.27】	発電所近傍の最大流速 10.0m/s に対して、当該設備の安定流速はそれぞれ、8.6m/s、5.8～6.5m/s、2.5～3.7m/s であることから、滑動する。	【判断基準・g】 安定流速を上回る取水口への連続的な流れは確認されないことから取水口へ到達しない。	-	III	
		被覆ブロック	8～16t		石材比重 【2.29】					【判断基準・h】 港湾内に沈んだ場合においても、海底面から 5.5m の高さがある取水口に到達することはない。
		基礎捨石	50～500kg							
⑥	護岸	消波ブロック	12.5t	【判断基準・b】 当該設備と海水の比重を比較した結果、漂流物とはならない。	コンクリート比重 【2.27】	発電所近傍の最大流速 10.0m/s に対して、当該設備の安定流速はそれぞれ、6.3m/s、4.4m/s、2.3m/s 以上であることから、滑動する。	【判断基準・h】 港湾内に沈んだ場合においても、海底面から 5.5m の高さがある取水口に到達することはない。	-	III	
		被覆石	1.5t		石材比重 【2.29】					
		捨石	30kg 以上		石材比重 【2.29】					








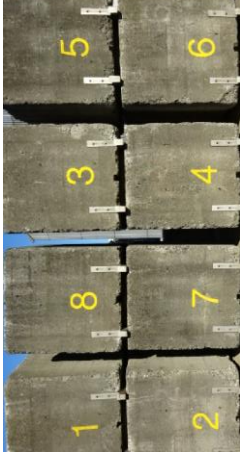
※コンクリートの比重は道路橋示方書・同解説より設定、石材の比重は港湾の施設の技術上の基準・同解説より設定。

ii. 発電所構内陸域における評価


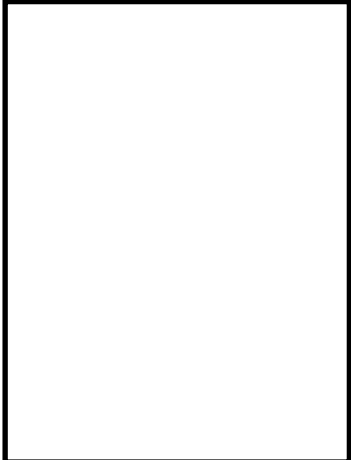





本調査範囲（構内・陸域）は防波壁外側の津波遡上域である荷揚場周辺である。第 2.5-17 図に示した本調査範囲にある漂流物となる可能性のある施設・設備等は、大別すると、第 2.5-4 表のように分類でき、評価はこの施設・設備等の分類ごとに行った。抽出した設備を第 2.5-26 図に示す。なお、荷揚場作業に係る車両・資機材については、添付資料 35 に示すとおり漂流物になることはない。

第 2.5-4 表 荷揚場にある漂流物となる可能性のある施設・設備等の分類

分類		漂流物となる可能性のある施設・設備
No.	種類	
①	鉄骨造建物	荷揚場詰所
		デリッククレーン巻上装置建物
②	機器類	キャスク取扱収納庫
		デリッククレーン
		デリッククレーン荷重試験用品①
		デリッククレーン荷重試験用品②
		デリッククレーン荷重試験用品③
		デリッククレーン荷重試験用ウエイト
		オイルフェンスドラム・オイルフェンス
		変圧器盤・ポンプ制御盤①
		変圧器盤・ポンプ制御盤②
		変圧器盤・ポンプ制御盤③
③	その他 漂流物になり得る物	防舷材（フォーム式）
		防舷材（空気式）
		エアコン室外機
		電柱・電灯
		枕木
		H 型鋼
		廃材箱
		フェンス
		案内板






			
<p>荷揚場詰所</p> 	<p>デリッククレーン巻上装置建物</p> 	<p>キャスタク取扱収納庫</p> 	<p>デリッククレーン</p> 
<p>デリッククレーン荷重試験用品 ①</p>	<p>デリッククレーン荷重試験用品 ②</p>	<p>デリッククレーン荷重試験用品 ③</p>	<p>デリッククレーン荷重試験用ウ エイト</p>

第 2.5-26-1 図 荷揚場周辺にある漂流物となる可能性のある施設・設備

	<p>オイルフェンスドラム オイルフェンス</p>		<p>変圧器盤・ポンプ制御盤①</p>		<p>防舷材 (空気式)</p>
	<p>変圧器盤・ポンプ制御盤②</p>		<p>エアコン室外機</p>		
	<p>変圧器盤・ポンプ制御盤③</p>		<p>電柱・電灯</p>		

第2.5-26-2 図 荷揚場周辺にある漂流物となる可能性のある施設・設備

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

	<p>枕木</p>		<p>H型鋼</p>		<p>廢材箱</p>		<p>フェンス</p>
	<p>案内板</p>						

第 2.5-26-3 図 荷揚場周辺にある漂流物となる可能性のある施設・設備

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

漂流物となる可能性のある施設・設備等として抽出されたもののうち、第2.5-18図に示す漂流物の選定・影響フローに従って、漂流する可能性(Step1)、到達する可能性(Step2)及び閉塞する可能性(Step3)の検討を行い、取水性への影響を評価した。

なお、調査範囲(発電所構内陸域)については、漂流する可能性(Step1)において、滑動する可能性の検討を実施する。滑動する可能性を検討する上で用いる流速は、荷揚場における最大流速11.9m/sとする(添付資料31参照)。また、評価にあたっては、発電所構内(海域)における評価において示したイスバッシュ式を用いた。

①鉄骨造建物

荷揚場詰所及びデリッククレーン巻上装置建物は、鉄骨造の建物で、扉や窓等の開口部及び壁材は地震又は津波波力により破損して気密性が喪失し、施設内部に津波が流入すると考えられる。また、東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物の実績から、鉄骨造の建物は津波波力により壁材等が施設本体から分離して漂流物となったが建物自体は漂流していないこと、主材料である鋼材の比重(7.85)が海水の比重(1.03)を上回っていることから、施設本体は漂流物とはならないと評価した。また、施設本体の滑動についても、施設本体が鉄骨であり、津波の波力を受けにくい構造であること、東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物の実績でも鉄骨造の建物本体が漂流していないことから、滑動しないと評価した。一方、施設本体から分離した壁材等については、がれき化して漂流物となる可能性があるが、比重が海水比重を下回る物は、取水口上部の水面に留まることから、水中にある取水口に到達することはない、比重が海水比重を上回る物は、津波波力を受けにくい構造であることから、滑動しないと評価した。

②機器類

キャスク取扱収納庫については、定盤部は、重量物であり気密性もなく、コンクリート基礎部にアンカーボルトで固定されていることから漂流物とならないが、カバー部は、中が空洞であり、気密性を有するため、漂流するものとして評価した。ただし、気密性があり漂流物となる設備は、取水口上部の水面に留まることから、水中にある取水口に到達することはないと考える。万一、取水口呑口上部で沈降したとしても、取水口呑口の断面寸法並びに非常用海水冷却系に必要な通水量及びキャスク取扱収納庫の寸法(長さ約8m、高さ約4.5m、幅約4.5m)から、その接近により取水口が閉塞し、非常用海水冷却系に必要な取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼさないと考えられる。

デリッククレーン及びデリッククレーン荷重試験用品①～③については、主材料である鋼材の比重（7.85）と海水比重（1.03）を比較した結果、当該設備の比重の方が大きいことから漂流物とならないと評価した。また、滑動については、当該設備は線状構造であり、津波波力を受けにくい構造であることから、滑動しないと評価した。

デリッククレーン荷重試験用ウェイトについては、主材料であるコンクリートの比重（2.34）と海水比重（1.03）を比較した結果、当該設備の比重の方が大きいことから漂流物とならないと評価した。また、滑動については、荷揚場における最大流速11.9m/sに対し、安定流速が6.9m/sであったことから、滑動すると評価した。ただし、滑動し港湾内に沈んだ場合においても、海底面から取水口呑口下端まで5.5mの高さがあることから、本設備の形状（高さ約1.5m×長さ約3m×幅1.25m）を考慮すると取水口に到達することはないと評価した。

オイルフェンスドラム・オイルフェンスについては、主材料である鋼材の比重（7.85）と海水比重（1.03）を比較した結果、当該設備の比重の方が大きいことから漂流物とならないと評価した。また、滑動については、当該設備は格子状の構造であり、津波波力を受けにくい構造であることから、滑動しないと評価した。

変圧器盤・ポンプ制御盤①～③については、主材料である鋼材の比重（7.85）と海水比重（1.03）を比較した結果、当該設備の比重の方が大きいことから漂流物とならないと評価した。また、滑動については、軽量物であることから、滑動すると評価した。ただし、滑動した場合においても、港湾内に沈むため、海底面から取水口呑口下端まで5.5mの高さを有する取水口に到達することはないと評価した。

③その他漂流物になり得る物品

防舷材（フォーム式及び空気式）については、重量が比較的軽く気密性があるため、漂流物となると評価した。ただし、気密性があり漂流物となるものは、取水口上部の水面に留まるため、取水口に到達することはないと評価した。

エアコン室外機については、主材料である鋼材の比重（7.85）と海水比重（1.03）を比較した結果、当該設備の比重の方が大きいことから、漂流物とならないと評価した。また、滑動については、軽量物であることから、滑動すると評価した。ただし、滑動した場合においても、港湾内に沈むため、海底面から取水口呑口下端まで5.5mの高さを有する取水口に到達することはないと評価した。

電柱、電灯等については、主材料であるコンクリートの比重（2.34）と海水比重（1.03）を比較した結果、当該設備の比重の方が大きいことから漂流物とならないと評価した。また、滑動については、当該設備は細長い

円筒形の構造であり、津波波力を受けにくい構造であることから、滑動しないと評価した。

枕木については、主材料である木の比重（1以下）と海水比重(1.03)を比較した結果、漂流物となると評価した。ただし、漂流物した場合においても、取水口上部の水面に留まるため、取水口に到達することはないと評価した。

H型鋼については、主材料である鋼材の比重（7.85）と海水比重（1.03）を比較した結果、当該設備の比重の方が大きいことから、漂流物とならないと評価した。また、滑動については、軽量物であることから、滑動すると評価した。ただし、滑動した場合においても、港湾内に沈むため、海底面から取水口呑口下端まで5.5mの高さを有する取水口に到達することはないと評価した。

廃材箱については、上部は開口しているが、気密性を有した形状で漂流物になる可能性があることから、漂流すると評価した。ただし、漂流した場合においても、取水口上部の水面に留まる場合は取水口に到達せず、港湾内に沈む場合は海底面から取水口呑口下端まで5.5mの高さを有する取水口に到達することはないと評価した。

フェンスについては、主材料である鋼材の比重(7.85)と海水比重(1.03)を比較した結果、当該設備の比重の方が大きいことから、漂流物とならないと評価した。また、滑動については、当該設備は格子状の構造であり、津波波力を受けにくい構造であることから、滑動しないと評価した。

案内板については、主材料であるコンクリートの比重（2.34）と海水比重（1.03）を比較した結果、当該設備の比重の方が大きいことから漂流物とならないと評価した。また、滑動については、当該設備は線状構造であり、津波波力を受けにくい構造であることから、滑動しないと評価した。

以上の評価を第2.5-5表にまとめて示す。

第 2.5-5 表 (1) 漂流物評価結果 (発電所構内陸域) (Step1)

No.	評価分類	種類	名称	主材料	質量	Step1			評価	
						漂流	比重	滑動		
						検討結果	比重	設置場所	検討結果	
1	①	鉄骨造 建物	荷揚場 詰所	施設本体 (鋼材) 壁材 (ALC 版)	-	【判断基準:b, c】 扉や窓等の開口部及び壁材等が地震又は津波波力により破損して気密性が喪失し、施設内部に津波が流入する。施設本体については、主材料である鋼材の比重から漂流物とはならない。また、壁材 (スレート) は海水の比重と比較した結果、漂流物とはならない。	《施設本体》 鋼材比重 【7.85】	発電 所敷 地内	【判断基準:e】 施設本体 (鉄骨のみ) は、津波波力を受けにくい構造であるとともに、3.11 地震に伴う津波の実績から滑動しない。	II
2						デリック クレーン 巻上装置 建物	施設本体 (鋼材) 壁材 (スレート)		-	

第 2.5-5 表 (2) 漂流物評価結果 (発電所構内陸域) (Step1)

No.	評価分類	種類	名称	主材料	質量	Step1		評価	
						漂流	滑動		
3			キャスク 取扱収納庫	鋼材	カバー部： 約 4.3t 定盤部： 約 7.9t	定盤部は、重量物であり気密性もなく、コンクリート基礎部にアンカーボルトで固定されていることから漂流物とならないが、カバー部は、中が空洞であり、気密性を有するため、漂流する可能性があるものとして評価。	—	Step2 (漂流)	
4	②	機器類	デリック クレーン	鋼材	約 144 t	【判断基準:b】 当該設備の比重と海水の比重を比較した結果、漂流物とはならない。	鋼材比重 【7.85】	【判断基準:e】 線状構造であり、津波波力を受けにくいいため、滑動しない。	II
5			試験用品①		約 6.2t	【判断基準:b】 当該設備の比重と海水の比重を比較した結果、漂流物とはならない。	鋼材比重 【7.85】	【判断基準:e】 線状構造であり、津波波力を受けにくいいため、滑動しない。	II
6			試験用品②	鋼材	約 11t				
7	試験用品③		—						
8			試験用 ウエイト	コンクリート	約 22t	【判断基準:b】 当該設備の比重と海水の比重を比較した結果、漂流物とはならない。	コンクリート 比重 【2.34】	荷揚場における最大流速 11.9m/s に対して、当該設備の安定流速は 6.95m/s であることから、滑動する。	Step2 (滑動)

第 2.5-5 表 (3) 漂流物評価結果 (発電所構内陸域) (Step1)

No.	評価分類	種類	名称	主材料	質量	Step1			評価	
						漂流		滑動		
9			オイルフェン・ドラム・オイルフェンス	鋼材	約 3.8t	【判断基準:b】 当該設備の比重と海水の比重を比較した結果、漂流物とはならない。	鋼材比重 【7.85】	発電所敷地内	【判断基準:e】 格子状の構造であり、津波波力を受けにくいいため、滑動しない。	II
10		機器類	変圧器・ポンプ制御盤①		約 0.1t					
11	③		変圧器・ポンプ制御盤②	鋼材	—		鋼材比重 【7.85】	発電所敷地内	軽量物であり、滑動するとして評価。	Step2 (滑動)
12			変圧器・ポンプ制御盤③		約 0.04t					
13		その他漂流物となり得る物	防舷材 (フォーム式)	ゴム	約 1t	重量が比較的軽く、気密性があるため、漂流する可能性があると評価。	—	発電所敷地内	—	Step2 (漂流)
14			防舷材 (空気式)	ゴム	約 0.5t					

第 2.5-5 表 (4) 漂流物評価結果 (発電所構内陸域) (Step1)

No.	評価分類	種類	名称	主材料	質量	Step1			評価	
						漂流		滑動		
15	③	その他漂流物となり得る物	エアコン室外機	鋼製	約 0.2t	【判断基準:b】 当該設備の比重と海水の比重を比較した結果、漂流物とはならない。	鋼材比重 【7.85】	発電所敷地内	軽量であり、滑動するものとして評価した。	Step2 (滑動)
16			電柱・電灯	コンクリート	約 0.1t	【判断基準:b】 当該設備の比重と海水の比重を比較した結果、漂流物とはならない。	コンクリート比重 【2.34】	発電所敷地内	【判断基準:e】 細長い円筒形の構造であり、津波波力を受けにくいため、滑動しない。	II
17			枕木	木	約 12kg	当該設備の比重と海水の比重を比較した結果、漂流する可能性がある。	木材比重 【1以下】	発電所敷地内	—	Step2 (漂流)
18			H 型钢	鋼製	約 0.4t	【判断基準:b】 当該設備の比重と海水の比重を比較した結果、漂流物とはならない。	鋼材比重 【7.85】	発電所敷地内	軽量であり、滑動するものとして評価した。	Step2 (滑動)
19			廃材箱	鋼製	約 0.9t	気密性を有した形状で漂流物となる可能性があることから、漂流する可能性があるとして評価。	鋼材比重 【7.85】	発電所敷地内	—	Step2 (漂流)

第 2.5-5 表 (5) 漂流物評価結果 (発電所構内陸域) (Step1)

No.	評価分類	種類	名称	主材料	質量	Step1			評価	
						漂流		滑動		
20	③	その他漂流物となり得る物	フェンス	鋼製	約 10kg	【判断基準:b】 当該設備の比重と海水の比重を比較した結果、漂流物とはならない。	鋼材比重 【7.85】	発電所敷地内	【判断基準:e】 格子状の構造であり、津波波力を受けにくいいため、滑動しない。	II
						【判断基準:b】 当該設備の比重と海水の比重を比較した結果、漂流物とはならない。	コンクリート 【2.34】	発電所敷地内	【判断基準:e】 線状構造であり、津波波力を受けにくいいため、滑動しない。	
21			案内板	コンクリート	約 60 kg	【判断基準:b】 当該設備の比重と海水の比重を比較した結果、漂流物とはならない。	コンクリート 【2.34】	発電所敷地内	【判断基準:e】 線状構造であり、津波波力を受けにくいいため、滑動しない。	II

第 2.5-5 表 (6) 漂流物評価結果 (発電所構内陸域) (Step2~3)

No.	評価分類	種類	名称	主材料	Step1 の結果	Step2 (到達する可能性)	Step3 (閉塞する可能性)	評価
2	①	鉄骨造建物	荷揚場 詰所	施設本体 (鋼材) 壁材 (ALC 版)	地震又は津波波力により施設本体から分離した海水比重を下回る壁材については、がれきり化して漂流物となる。	【判断基準 h】 想定する壁材については、がれきり化して漂流物となる可能性はあるが、取水口上部の水面に留まることから、水中にある取水口に到達しない。	—	III
3	②	機器類	キャスク 取扱収納庫	鋼材	定盤部は、重量物であり気密性もなく、コンクリート基礎部にアンカーボルトで固定されていることから漂流物とならないが、カバー部は、中が空洞であり、気密性を有するため、漂流する可能性がある。	【判断基準 h】 気密性があり漂流物となる設備は、取水口上部の水面に留まるため、取水口に到達しない。	— 【判断基準 i】 万一、取水口呑口上部で沈降したとしても、取水口呑口の断面寸法並びに非常用海水冷却系に必要な通水量及びキャスク取扱収納庫の寸法から、その接近により取水口が閉塞しない。	III (IV)
8			デリッククレーン試験用ウエイト	コンクリート	荷揚場における最大流速 11.9m/s に対して、当該設備の安定流速は 6.9m/s であることから、滑動する。	【判断基準 h】 滑動し港湾内に沈んだ場合においても、海底面から 5.5m の高さがある取水口に到達することはない。	—	III

第 2.5-5 表 (7) 漂流物評価結果 (発電所構内陸域) (Step2~3)

No.	評価分類	種類	名称	主材料	Step1 の結果	Step2 (到達する可能性)	Step3 (閉塞する可能性)	評価
10	②	機器類	変圧器・ポンプ制御盤①	鋼材	軽量であり、滑動するとして評価。	【判断基準:i】 滑動し港湾内に沈んだ場合においても、海底面から 5.5m の高さを有する取水口に到達することはない。	-	III
11			変圧器・ポンプ制御盤②					
12			変圧器・ポンプ制御盤③					
13	③	その他漂流物となり得る物	防舷材 (フォーム式)	ゴム	重量が比較的軽く、気密性があるため、漂流する可能性があるものとして評価。	【判断基準 i】 気密性があり漂流物となる設備は、取水口上部の水面に留まるため、取水口に到達しない。	-	III
14			防舷材 (空気式)	ゴム				
15			エアコン室外機	鋼製				

第 2.5-5 表 (8) 漂流物評価結果 (発電所構内陸域) (Step2~3)

No.	評価分類	種類	名称	主材料	Step1 の結果	Step2 (到達する可能性)	Step3 (閉塞する可能性)	評価
17			枕木	木	当該設備の比重と海水の比重を比較した結果、漂流する可能性があるものとして評価。	【判断基準 i】 取水口上部の水面に留まるため、取水口に到達しない。	—	III
18			H 型钢	鋼製	軽量であり、滑動するものとして評価。	【判断基準 i】 滑動し港湾内に沈んだ場合においても、海底面から 5.5m の高さを有する取水口に到達することはしない。	—	III
19	③	その他漂流物となり得る物	廢材箱	鋼製	気密性を有した形状で漂流物となる可能性があることから、漂流するものとして評価。	【判断基準 i】 気密性を有した状態で漂流する場合は、取水口上部の水面に留まるため、取水口に到達しない。 また、気密性を有さない状態で滑動し、港湾内に沈んだ場合においても、海底面から 5.5m の高さを有する取水口に到達することはない。	—	III

(b) 発電所構外における評価

i. 発電所構外海域における評価

調査範囲内にある港湾施設としては、発電所西方1 km 程度に片匂漁港^{かたぐ}、発電所西方2 km 程度に手結漁港^{たゆ}、南西2 km 程度に恵曇漁港^{えとも}、東方3 km 及び4 km 程度に御津漁港^{みつ}、大芦漁港^{おわし}があり、漁船が停泊している。

また、発電所から2 km から3 km 程度離れた位置に定置網の設置海域がある。

この他に調査範囲内を航行し得る船舶として発電所から3.5 km 以内に漁船等の総トン数30 トン程度の比較的小型な船舶が、3.5 km 以遠に巡視船、引き船、タンカー、貨物船等の総トン数100 トンを超える比較的大型な船舶が挙げられた。

さらに、(a) i. 発電所構内海域（輪谷湾）における評価で抽出したその他作業船についても、輪谷湾外でも作業を実施することから、ここでも抽出した。

抽出された発電所構外海域の船舶等を第2.5-6表に、周辺漁港への聞き取り調査により確認した発電所沿岸で操業する漁船とその操業区域を第2.5-7表及び第2.5-27図に、発電所沖合で操業する漁船（総トン数10 トン以上）とその位置を第2.5-8表及び第2.5-28図に示す。発電所沿岸で操業する漁船は、以下の理由から施設護岸から約500 m 以内と以遠の2つに区分した。

- ・水深が深くなるにつれ、流速が小さくなる傾向があり、施設護岸から50 m 以内（水深20 m 程度）で比較的速い5 m/s 程度の流速が確認され、施設護岸から500 m 程度（水深40 m 程度）の位置では流速が1 m/s 程度となっている（添付資料34）。

2号炉の取水口及び取水路の通水性に与える影響を、第2.5-18図に示すフローにより評価した。また、発電所周辺の漁港の船舶については、漁港に停泊する場合、発電所沿岸及び沖合で操業する場合、各々について津波が発生した場合の影響を評価した。

なお、^{くけど}潜戸に観光遊覧船航路があるが、航路上の最も接近する位置でも発電所から5 km 以上の距離があり、調査範囲内を航行するものではない。

第 2.5-6 表 発電所構外海域における漂流物調査結果

No.	名称	種類	設置箇所	発電所からの距離	総トン数
①	船舶 (漁船等)	船舶	片句漁港 (停泊)	西方約 1km	最大約 10 トン
			手結漁港 (停泊)	西方約 2km	最大約 10 トン
			恵曇漁港 (停泊)	南西約 2km	最大約 19 トン
			御津漁港 (停泊)	東方約 3km	最大約 12 トン
			大芦漁港 (停泊)	東方約 4km	最大約 3 トン
② ^{※1}	漁船	船舶	前面海域 (航行)	3.5km 以内	約 30 トン ^{※2}
	プレジャーボート	船舶			約 30 トン ^{※3}
	巡視船	船舶		3.5km 以遠	約 2,000 トン ^{※4}
	引き船	船舶			約 200 トン ^{※4}
	タンカー	船舶			約 1000~2000 トン ^{※4}
	貨物船	船舶			約 500~2500 トン ^{※4}
	帆船	船舶			約 100 トン ^{※4}
③	定置網	漁具	前面海域	西方約 2km	—
				東方約 3km	—
④	その他作業船 ^{※5}	船舶	港湾外周辺	—	最大約 10 トン

※1 海上保安庁への聞取調査結果（平成 30 年 1 月～平成 30 年 12 月実績）を含む。

※2 船種・船体長から「漁港，漁場の施設の設計参考図書」に基づき算定する。

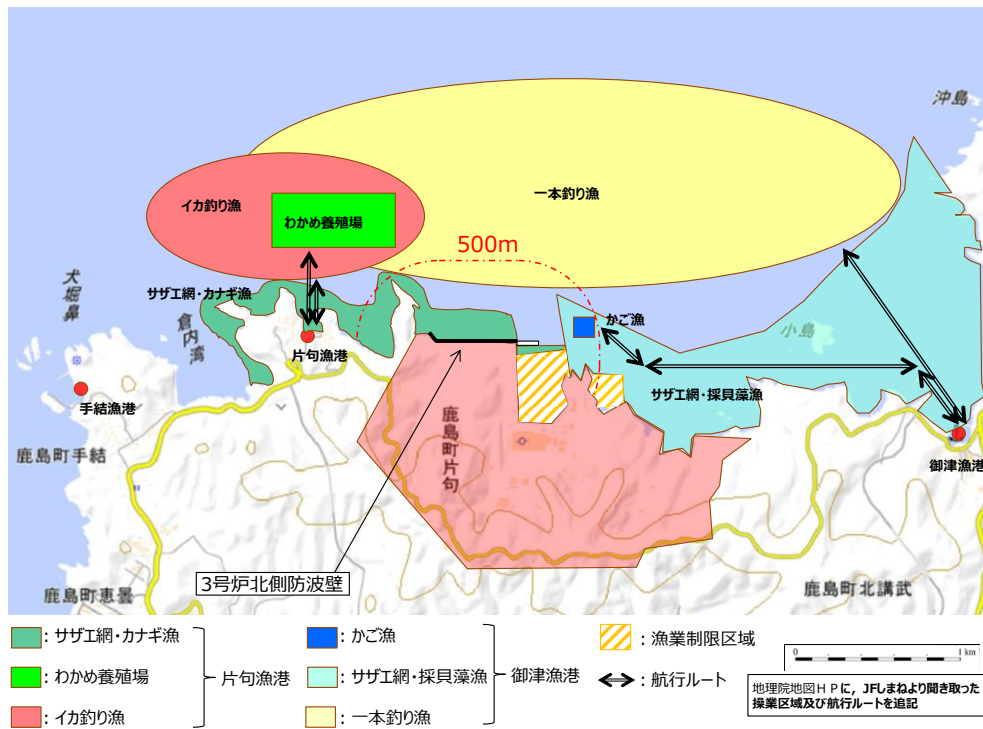
※3 プレジャーボートは船体長が不明であることから、「漁港，漁場の施設の設計参考図書」に示される最大排水トン数とした。

※4 船種・船体長から「港湾の施設の技術上の基準・同解説」に基づき算定する。

※5 発電所構内海域（輪谷湾）における評価で抽出したその他作業船と同じである。

第 2.5-7 表 発電所沿岸で操業する漁船

名称	施設護岸からの距離	目的	漁港	総トン数 (質量)	数量 (隻)	備考
漁船	約 500m 以内	サザエ網・カナギ漁	片匂漁港	1 トン未満 (3t 未満)	13	輪谷湾内で 4 隻 (0.4~0.7 トン (5 回/年)) が操業
		サザエ網・採貝藻漁	御津漁港	1 トン未満 (3t 未満)	18	
				2 トン未満 (6t 未満)	6	
		一本釣り漁	片匂漁港	1 トン未満 (3t 未満)	13	
	かご漁	片匂漁港	3 トン未満 (9t 未満)	1		
	約 500m 以遠	わかめ養殖	片匂漁港	1 トン未満 (3t 未満)	7	
		イカ釣り漁	片匂漁港	5 トン未満 (15t 未満)	7	
				8 トン未満 (24t 未満)	3	
				10 トン未満 (30t 未満)	3	

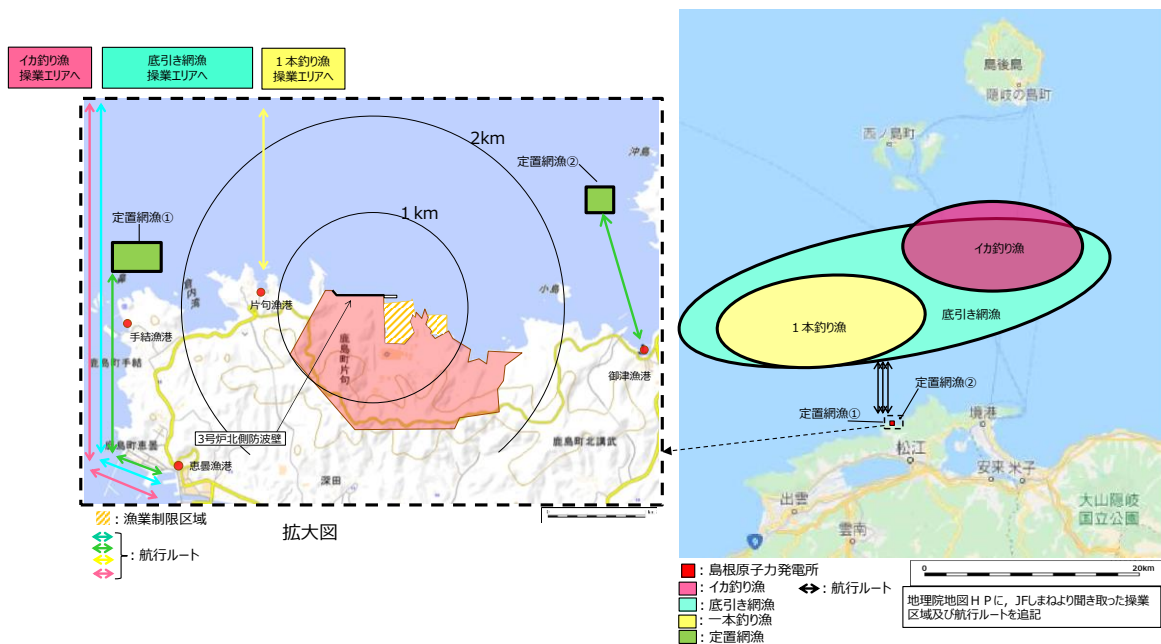


第 2.5-27 図 発電所沿岸で操業する漁船の操業区域

第 2.5-8 表 発電所沖合で操業する漁船（総トン数 10 トン以上）

名称	目的	漁港	総トン数(質量)	数量(隻)
漁船	イカ釣り漁※	恵曇漁港	約 19 トン (約 57t)	2
	底引き網漁	恵曇漁港	約 15 トン (約 45t)	2
	1 本釣り漁	片匂漁港	約 10 トン (約 30t)	3
	定置網漁①	恵曇漁港	約 10 トン (約 30t)	1
			約 19 トン (約 57t)	1
定置網漁②	御津漁港	約 12 トン (約 36t)	1	

※ 島根県漁業調整規則に基づき、島根県知事が総トン数 10 トン以上の漁船によるイカ釣り漁業の操業禁止区域（最大高潮時海岸線から 10 海里(約 18km) 内における操業を禁止）を定めている。（漁業調整規則：漁業法等に基づき、各都道府県知事が定める規則）（添付資料 42 参照）



第 2.5-28 図 発電所沖合で操業する漁船（総トン数 10 トン以上）の操業区域

①船舶（漁船）

発電所周辺の漁港の船舶は、発電所沿岸及び沖合で操業する場合と漁港に停泊する場合、各々について評価した。

大津波警報発令時には、「災害に強い漁業地域づくりガイドライン（水産庁（平成24年3月））」において、沖合に退避すると記載されており、発電所沿岸及び沖合で操業する漁船は、津波襲来まで時間的に余裕のある日本海東縁部に想定される地震による津波に対して、沖合に退避すると考えられるが、航行不能となり漂流する可能性を考慮し、日本海東縁部に想定される地震による津波及び海域活断層から想定される地震による津波の各々に対して、施設護岸及び輪谷湾に到達する可能性を評価した。その結果を、第2.5-9表に示す。

施設護岸から500m以内で操業する漁船は、添付資料36に示すとおり、施設護岸に到達すると評価した。一方、施設護岸から500m以遠で操業する漁船は、施設護岸に到達しないと評価した。また、輪谷湾に設置する取水口に対する到達可能性については、輪谷湾はその形状から、押し波後はすぐに引き波に転じることから、取水口に到達する可能性はないと評価した。

周辺漁港に停泊する漁船については、発電所から最も近くても1km離れており、上述したとおり施設護岸及び輪谷湾に到達する可能性はないと評価した。

第 2.5-9 表 発電所沿岸及び沖合で操業する漁船等の発電所への到達可能性

漁船の種類	発電所に到達する可能性	
	日本海東縁部に想定される地震による津波	海域活断層から想定される地震による津波
周辺漁港で停泊している漁船	基準津波の流向・流速ベクトルの評価の結果、発電所に到達しない（添付資料 36 参照）。	基準津波の流向・流速ベクトルの評価の結果、発電所に到達しない（添付資料 36 参照）。
500m 以遠で操業する漁船	基準津波の流向・流速ベクトルの評価の結果、発電所に到達しない（添付資料 36 参照）。	基準津波の流向・流速ベクトルの評価の結果、発電所に到達しない（添付資料 36 参照）。
500m 以内で操業する漁船	外海に面する施設護岸に到達する可能性がある（輪谷湾には到達しない）。	入力津波高さは EL4.2m であり、外海に面する津波防護施設の EL4.2m 以下の部位に到達する可能性がある（輪谷湾には到達しない）。

②船舶（発電所前面海域を航行する船舶）

発電所前面海域を航行する船舶としては、発電所から 3.5km 以内において漁船、プレジャーボート（総トン数 30 トン程度の比較的小型の船舶）が、発電所から 3.5km 以遠において巡視船、引き船、タンカー、貨物船、帆船（総トン数 100 トン以上の比較的大型の船舶）が確認された。海上保安庁への聞取調査結果より、発電所から 3.5km 以内を航行する漁船、プレジャーボートについても、発電所から約 2 km 離れた沖合を航行していることを確認した。

基準津波による水位変動は、基準津波の策定位置（発電所沖合 2.5km 程度）において 2 m 程度であり、第 2.5-14-1～4 図に示す 3 km, 5 km の地点 4～9 の軌跡解析の結果からも、3 km 以遠を航行する船舶は、津波によりほぼ移動しないことが確認される。これら航行中の船舶は、津波襲来への対応が可能であり、漂流物にならないと考えられるが、施設護岸及び輪谷湾へ到達する可能性について評価した。基準津波の流向・流速等の分析を踏まえ評価した結果を、添付資料 36 に示す。発電所沖合から発電所方向への連続的な流れはなく、発電所前面海域を航行中の船舶が、施設護岸及び輪谷湾へ到達することはないと考えられる。

③定置網

基準津波の流向・流速等の分析を踏まえ評価した上述の結果から、定置網を設置した海域から発電所方向への連続的な流れはなく、定置網が施設護岸及び輪谷湾へ到達することはないと考えられる。

④その他作業船

(a) i. ②その他作業船における評価に示したとおり、日本海東縁部に想定される地震による津波に対しては、緊急退避に係る手順を整備し、緊急退避の実効性を確認するが、海域活断層に想定される地震による津波に対しては緊急退避できず漂流する可能性があるため、施設護岸及び輪谷湾に到達する可能性を評価した。①船舶（漁船）に示したとおり、その他作業船は港湾外周辺で作業することから、施設護岸に到達すると評価した。また、輪谷湾に設置する取水口に対する到達可能性については、輪谷湾はその形状から、押し波後はすぐに引き波に転じることから、取水口に到達する可能性はないと評価した。

第 2.5-18 図に示す漂流物の選定・影響確認フローに基づき、取水性への影響を評価した結果を第 2.5-10 表に示す。

第 2.5-10 表(1) 漂流物評価結果 (発電所構外海域)

No.	分類	名称	設置箇所	Step1 (漂流する可能性)	Step2 (到達する可能性)	Step3 (閉塞する可能性)	評価
①	船舶	漁船	片岡漁港 (停泊)	漂流する可能性があるものとして、施設護岸及び輪谷湾に到達する可能性について評価する。	【判断基準:g】 流向・流速ベクトルから発電所方向への連続的な流れはなく、施設護岸及び輪谷湾に到達しない。なお、港湾部はその形状から、押し波後はすぐに引き波に転じることから、発電所の港湾内に設置する取水口に到達しないと評価。	-	III
			手結漁港 (停泊)				
			恵曇漁港 (停泊)				
			御津漁港 (停泊)				
			大芦漁港 (停泊)				
			施設護岸から 500m 以内 (操業)				
施設護岸から 500m 以遠 (操業)	海域活断層から想定される地震による津波に対しては、施設護岸及び輪谷湾に到達する可能性について評価する。						

第 2.5-10 表 (2) 漂流物評価結果 (発電所構外海域)

No.	分類	名称	設置箇所	Step1 (漂流する可能性)	Step2 (到達する可能性)	Step3 (閉塞する可能性)	評価
②	船舶	漁船	前面海域 (航行)	海上保安庁への聞取調査結果より発電所から約 2km 以上離れた沖合を航行しており、基準津波の策定位置 (発電所沖合 2.5km 程度) において、2m 程度の水位変動である。 津波襲来への対応が可能であり、漂流物とならないと考えられるが、施設護岸及び輪谷湾に到達する可能性について評価する。	【判断基準:g】 流向・流速ベクトルから発電所方向への連続的な流れはなく、施設護岸及び輪谷湾に到達しない。なお、港湾部はその形状から、押し波後はすぐに引き波に転じることから、発電所の港湾内に設置する取水口に到達しないと評価。	—	III
		プレジャーボート					
		巡視船					
		引き船					
		タンカー					
		貨物船					
帆船							
③	漁具	定置網	前面海域	漂流する可能性があるものとして、施設護岸及び輪谷湾に到達する可能性について評価する。	【判断基準:g】 流向・流速ベクトルから発電所方向への連続的な流れはなく、施設護岸及び輪谷湾に到達しない。なお、港湾部はその形状から、押し波後はすぐに引き波に転じることから、発電所の港湾内に設置する取水口に到達しないと評価。	—	III
		その他作業船	港湾外周辺	日本海東縁部に想定される地震による津波に対しては、緊急回避に係る手順を整備し、緊急回避の実効性を確認する。 一方、海域活断層に想定される地震による津波に対しては、緊急回避できず、漂流する可能性があることから、施設護岸及び輪谷湾に到達する可能性について評価する。	【判断基準:g】 港湾部はその形状から、押し波後はすぐに引き波に転じることから、発電所の港湾内に設置する取水口に到達しないと評価。	—	III

ii. 発電所構外陸域における評価

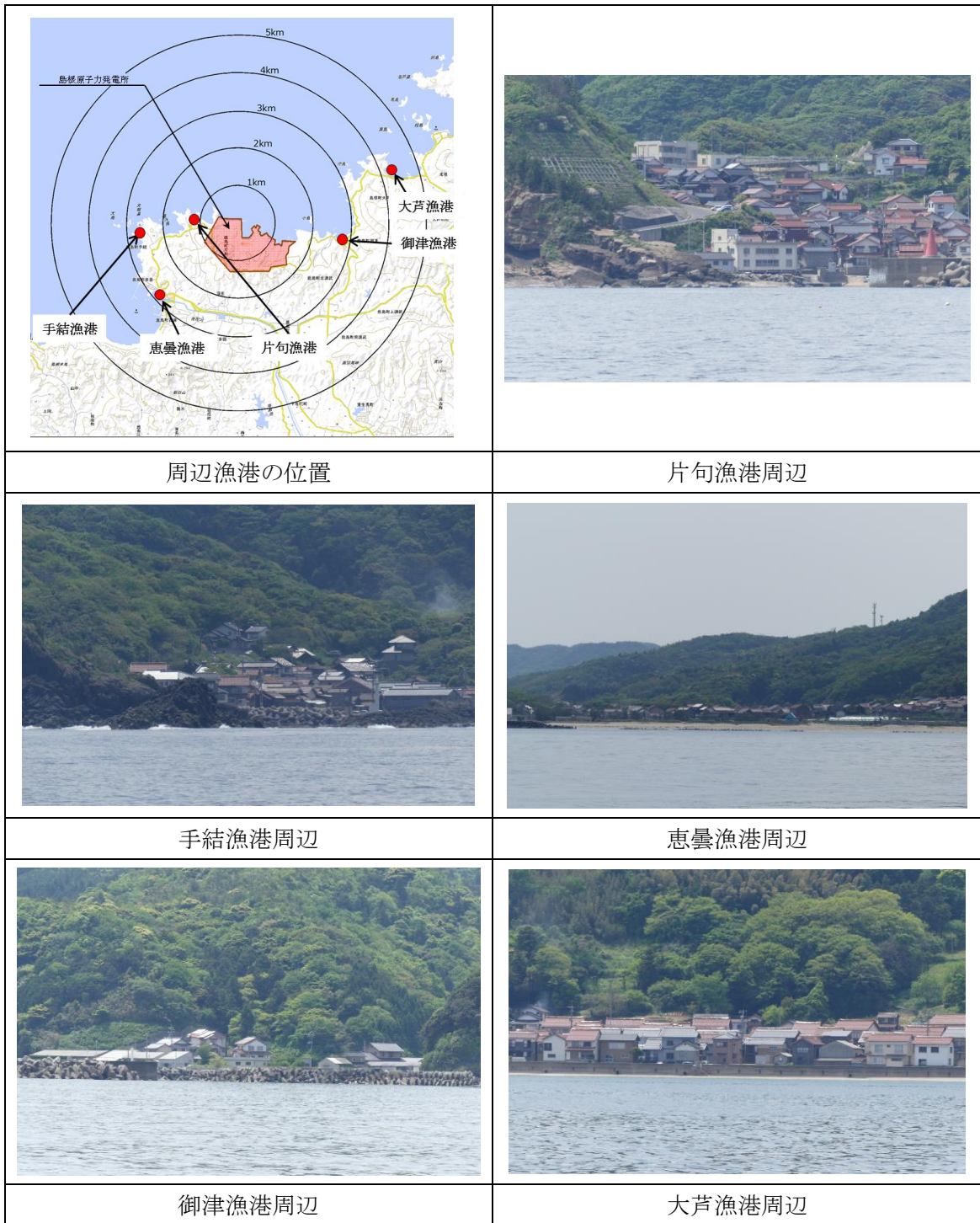
調査範囲内にある港湾施設として挙げられた片匂漁港^{かたく}、手結漁港^{たゆ}、恵曇漁港^{えとも}、御津漁港^{みつ}周辺及び大芦漁港^{おわし}に家屋、車両等が確認された。

発電所構外陸域における漂流物調査結果を第 2.5-11 表、第 2.5-29 図に示す。

第 2.5-11 表 漂流物調査結果

漁港周辺	漂流物調査結果※
片匂漁港 ^{かたく} 周辺	<ul style="list-style-type: none"> ・家屋：94 戸 ・車両：約 17 台 ・灯台：3 基 ・タンク：1 基
手結漁港 ^{たゆ} 周辺	<ul style="list-style-type: none"> ・家屋：174 戸 ・車両：約 40 台 ・灯台：1 基
恵曇漁港 ^{えとも} 周辺	<ul style="list-style-type: none"> ・家屋：525 戸 ・車両：約 241 台 ・灯台：4 基 ・工場：9 棟 ・タンク：3 基
御津漁港 ^{みつ} 周辺	<ul style="list-style-type: none"> ・家屋：152 戸 ・車両：約 133 台 ・工場：4 棟 ・灯台：4 基 ・タンク：1 基
大芦漁港 ^{おわし} 周辺	<ul style="list-style-type: none"> ・家屋：271 戸 ・車両：約 215 台 ・工場：4 棟 ・灯台：1 基 ・タンク：1 基

※ 現地調査及び聞き取り調査により漂流物を抽出。
 家屋の数量については、自治体関係者への聞き取り調査で確認した世帯数を記載。車両の数量については、現地における目視調査により確認した漁港周辺への駐車可能台数（駐車可能面積と一般的な車両の大きさから推定）を記載（発電所構外陸域の漂流物調査は漁港周辺の漂流物の種類を明確にすることを目的としており、家屋や車両の数量については、規模感を示すため、世帯数及び駐車可能台数を記載）。



第 2.5-29 図 発電所構外陸域における漂流物調査結果

① 家屋・車両等

家屋・車両等は漁港周辺に存在しており、津波が遡上して仮に漂流物となった場合においても、i. 発電所構外海域における評価の①船舶（漁船等）に示したとおり、基準津波の流向・流速を踏まえると、施設護岸及び輪谷湾に到達する漂流物とはならないと評価する（添付資料 36 参照）。

これより、基準津波により漂流物となる可能性がある施設・設備等について、非常用海水冷却系に必要な取水口及び取水路の通水性に影響を与えることがないことを確認した。第 2.5-12 表に評価結果を示す。

第 2.5-12 表 漂流物評価結果 (発電所構外陸域)

No.	分類	名称	設置箇所	Step1 (漂流する可能性)	Step2 (到達する可能性)	Step3 (閉塞する可能性)	評価
①	家屋・ 車両等	・家屋	片句漁港 周辺	津波が遡上することを 仮定し、漂流する可能性 があるものとして、施設 護岸及び輪谷湾に到達 する可能性について評 価する。	【判断基準:g】 流向・流速ベクトルから発電所方 向への連続的な流れはなく、施設 護岸及び輪谷湾に到達しない。な お、港湾部はその形状から、押し 波後はすぐに引き波に転じること から、発電所の港湾内に設置する 取水口に到達しないと評価。	-	III
		・車両					
		・灯台					
		・タンク					
		・家屋	手結漁港 周辺				
		・車両					
・灯台							
・家屋	恵曇漁港 周辺						
・車両							
・灯台	御津漁港 周辺						
・工場							
・タンク	大芦漁港 周辺						
・家屋							
・車両							
・灯台							
・工場							
・タンク							

(c) 漂流物に対する取水性への影響評価

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・設備について、漂流（滑動を含む）する可能性、2号炉取水口に到達する可能性及び2号炉取水口が閉塞する可能性についてそれぞれ検討を行い、原子炉補機冷却海水系及び高圧炉心スプレー補機冷却海水系の取水性に影響を及ぼさないことを確認した。

さらに、2号炉の非常用取水設備である取水口は、循環水ポンプの取水路を兼ねており、全体流量に対する非常用海水ポンプの流量の比（5%未満）から、漂流物により通水面積の約95%以上が閉塞されない限り、取水機能が失われることはない。敷地周辺沿岸域の林木等が中長期的に漂流し輪谷湾に到達した場合を考慮しても、2号炉の取水口は深層取水方式であり、取水口呑口が水面から約9.5m低く、水面上を漂流する林木等は取水口に到達しないため、取水性に影響はない。

なお、津波襲来後、巡視点検等により取水口を設置する輪谷湾内に漂流物が確認される場合には、必要に応じて漂流物を撤去する方針であることから、非常用海水ポンプの取水は可能である。

以上より、漂流物による取水性への影響はなく、検討対象漂流物の漂流防止対策は不要である。

e. 防波壁等に対する漂流物の選定

漂流物による影響としては、取水性への影響の他に「津波防護施設、浸水防止設備に衝突することによる影響（波及的影響）」があり、2号炉における同影響を考慮すべき津波防護施設としては、基準津波が到達する範囲内に設置される防波壁、防波壁通路防波扉が挙げられる。

本設備に対して衝突による影響評価を行う対象漂流物及びその衝突速度は、「d. 通水性に与える影響の評価」における「取水口及び取水路の通水性に与える影響」の評価プロセス、津波の特性、施設・設備の設置位置を踏まえ、それぞれ次のとおり設定する。

・対象漂流物

「d. 通水性に与える影響の評価」における「取水口及び取水路の通水性に与える影響」の評価プロセスにおいて抽出された施設護岸又は輪谷湾に到達する可能性のある漂流物として、第2.5-13表に示す漂流物が挙げられる。基本とする設計条件として設定する対象漂流物のうち漁船については、第2.5-14表に示す通り、操業区域及び航行の不確かさがあり、津波防護施設

に対し不確かさを考慮した設計を行う（漁船の不確かさについては添付資料 43 参照）

漂流物衝突荷重については、詳細設計段階において漁船の位置や津波の流況等に応じて適切な漂流物衝突荷重の算定式を選定のうえ設定する。

・衝突速度

a. 日本海東縁部に想定される地震による津波

津波防護施設及び浸水防止設備の設置位置における津波流速に基づき、施設護岸（港湾外）では 9.0m/s、施設護岸（港湾内）では 9.0m/s であるため、10.0m/s とする。また、荷揚場周辺の遡上時に最大流速 11.9m/s が確認されたことから、遡上する津波の継続時間や流向等を考慮し、最大流速が発生する荷揚場周辺の津波防護施設においては 11.9m/s とする（添付資料 18 参照）。

b. 海域活断層から想定される地震による津波

津波防護施設及び浸水防止設備の設置位置における津波流速に基づき、施設護岸（港湾外）では 3.3m/s、施設護岸（港湾内）では 2.4m/s であるため、4.0m/s とする（添付資料 18 参照）。

第2.5-13表 基本とする設計条件として設定する対象漂流物

津波防護施設	対象漂流物	
	日本海東縁	海域活断層
輪谷湾内に面する津波防護施設	キャスク取扱収納庫 ^{※1} 及び漁船 ^{※2} (総トン数 3 トン)	作業船 (総トン数 10 トン) 及び漁船 ^{※2} (総トン数 3 トン)
外海に面する津波防護施設	漁船 ^{※3} (総トン数 10 トン)	作業船 (総トン数 10 トン) 及び漁船 ^{※3} (総トン数 10 トン)

※1 2基が隣接して設置されているため、2基分の衝突を考慮。

※2 輪谷湾内で操業する漁船（総トン数0.7トン）であるが、輪谷湾に面する津波防護施設から500m以内にかご漁船（総トン数3トン）の操業エリアがあることを踏まえ設定。

※3 施設護岸から 500m以内で操業する漁船（総トン数 3 トン）であるが、施設護岸から 500m 付近にイカ釣り漁船（総トン数 10 トン）の操業エリアがあることを踏まえ設定。

第2.5-14表 対象漂流物（漁船）の設計条件

津波防護施設	基本とする設計条件	対象漂流物の不確かさ	不確かさを考慮した設計条件
輪谷湾内に面する津波防護施設	総トン数3トンの漁船	<ul style="list-style-type: none"> ・漁船の操業区域の不確かさ： 発電所周辺において操業制限はないため、総トン数10トンのイカ釣り漁船が施設護岸から500m以内で操業する可能性は否定できない ・漁船の航行の不確かさ： 漁船の航行については制限がないため、周辺漁港の漁船の最大の総トン数19トンの漁船が施設護岸から500m以内を航行する可能性は否定できない 	総トン数19トンの漁船
外海に面する津波防護施設	総トン数10トンの漁船		

(4) 取水スクリーンの破損による通水性への影響

海水中の塵芥を除去するために設置されている除塵装置については、異物の混入を防止する効果が期待できるが、津波時に破損して、それ自体が漂流物となる可能性がある。この場合には、破損・分離し漂流物化した構成部材等が取水路を閉塞させることにより、取水路の通水性に影響を与えることが考えられるため、その可能性について確認を行った。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地震により破損した後に、津波により移動した場合、長尺化を実施した非常用海水ポンプへの波及的影響が考えられることから、これらの影響についても合わせて考察を行った。

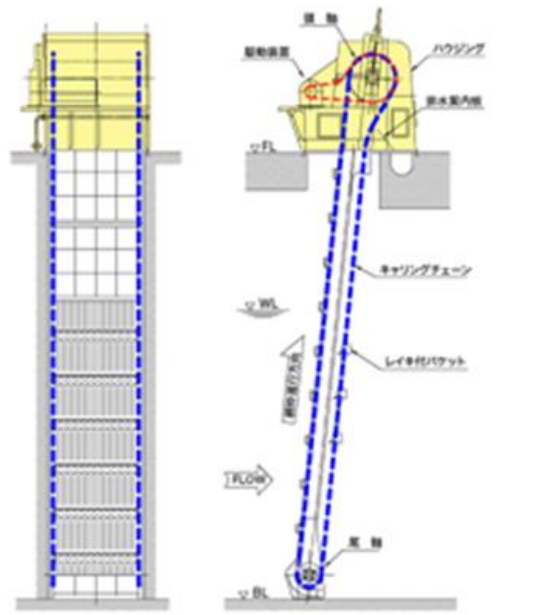
結果は以下に示すとおりであり、除塵装置はいずれの場合においても非常用海水冷却系の取水性に影響を与えるものではないことと評価する。

i. 津波による破損に対する評価

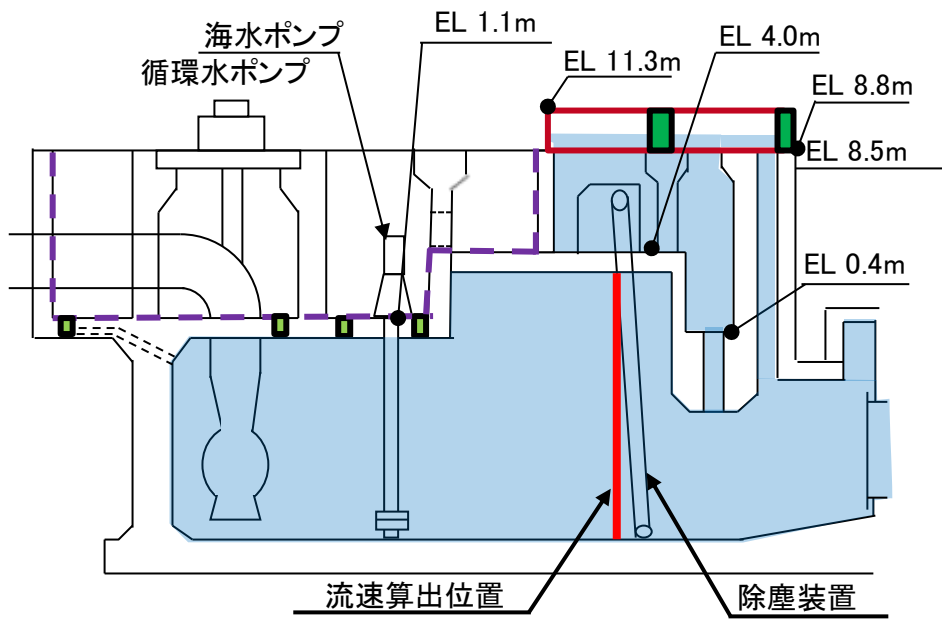
a. 確認方法

除塵装置の概要は第2.5-30図に示すとおりであり、除塵装置はいずれも多数のバケットがキャリングチェーンにより接合される構造となっている。このため、入力津波の流速により生じるスクリーン部の水位差（損失水頭）により、キャリングチェーン及びバケットが破損し、バケットが分離して漂流物化する可能性について確認する。

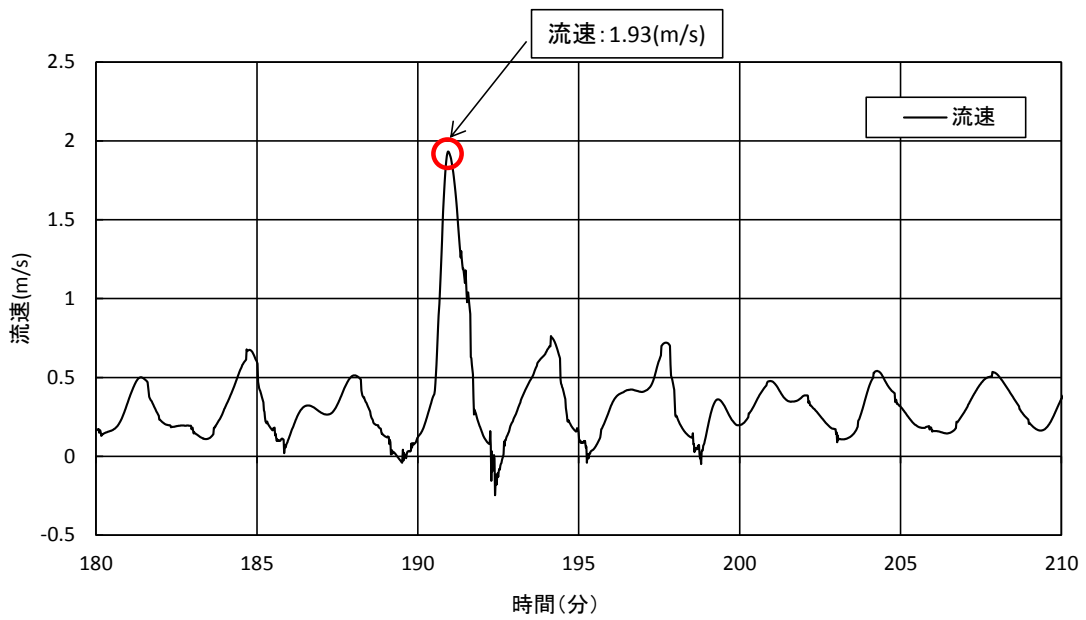
確認条件（津波流速）の算出位置を第2.5-31図、算出位置における流速評価結果を第2.5-32図に示す。算出位置における最大流速は1.93m/sとなるが、除塵装置が破損しないことは流速2.4m/sまで確認しており、ここでは、2.4m/sにおける確認結果を示す。



第 2.5-30 図 除塵装置の概要



第 2.5-31 図 流速算出位置



第 2.5-32 図 流速評価結果 (入力津波 6)

b. 確認結果

津波流速が作用した際の各部材における発生値と許容値の比較結果を第 2.5-15 表に示す。2.5-15 表より、2.4m/s 時の発生水位差における各部材に発生する最大応力が許容応力を下回っていることから、設備が漂流物化することはなく、取水性に影響を及ぼすものでないことを確認した。

第 2.5-15 表 津波流速が作用した際の各部材における発生値と許容値の比較

設備	部材	2.4m/s 時の 発生水位差	発生水位差における 発生値／許容値
除塵機	キャリング チェーン	5.8m	142739 (MPa) ／617000 (MPa) (最大応力／許容応力)
	バケット		225 (MPa) ／246 (MPa) (最大応力／許容応力)

ii. 地震による破損に対する評価

除塵装置（耐震 C クラス）は、基準地震動 Ss による地震力に対して、機器が破損し漂流しない設計とする。

4.3 津波監視設備の設計

【規制基準における要求事項等】

津波監視設備については、津波の影響（波力、漂流物の衝突等）に対して、影響を受けにくい位置への設置、影響の防止策・緩和策等を検討し、入力津波に対して津波監視機能が十分に保持できるよう設計すること。

【検討方針】

津波監視設備については、津波の影響（波力、漂流物の衝突等）に対して、影響を受けにくい位置への設置、影響の防止策・緩和策等を検討し、入力津波に対して津波監視機能が十分に保持できるよう設計する。

【検討結果】

津波監視設備としては、津波監視カメラと取水槽水位計を設置する。

津波監視カメラは、耐震性、耐津波性を有し、敷地前面における津波襲来状況の監視が可能な場所として、2号炉排気筒のEL64m、3号炉北側防波壁上部東側及び3号炉北側防波壁上部西側のEL15mに設置する。

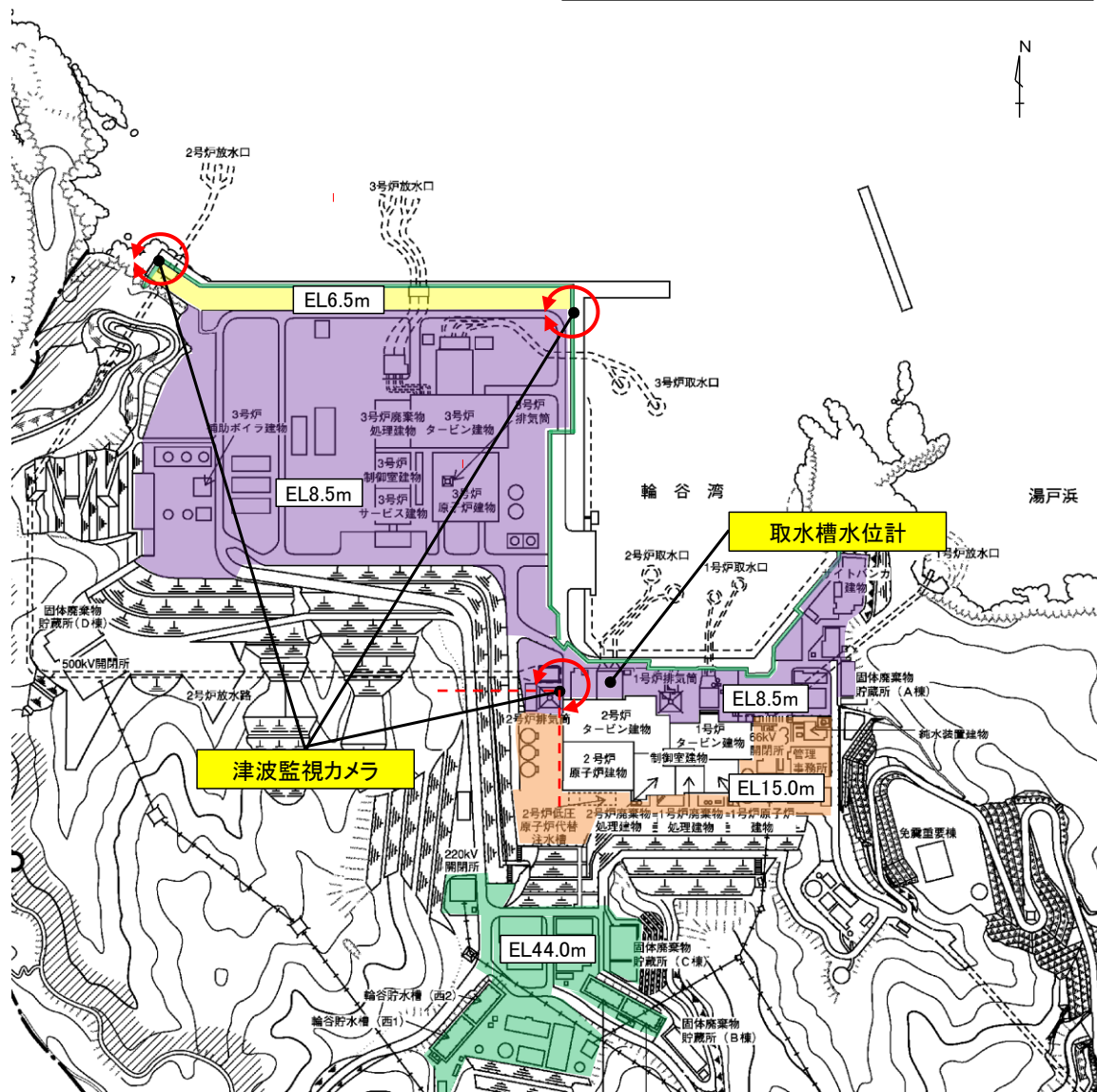
一方、取水槽水位計は2号炉の取水槽床面EL-9.3mに設置するものであり当該部における入力津波高さよりも低位への設置となるが、「2. 設計基準対象施設の津波防護方針」に示したとおり、当該設置エリアは外郭防護と内郭防護により浸水の防止及び津波による影響からの隔離を図っている。このため、取水槽水位計についても津波の影響を受けることはない。

以上のとおり、津波監視設備は入力津波に対して津波監視機能が保持できる設計としている。

津波監視設備の設置の概要を第4.3-1図に、また、設備ごとの設計方針の詳細を以下に示す。

津波監視カメラ
 設置位置：2号炉排気筒 EL64m, 3号炉北側防波壁上部
 東側 EL15m, 3号炉北側防波壁上部西側 EL15m
 視野角:360°, 垂直±90° (排気筒による死角を除く)
 (※) 図中矢印はカメラの監視範囲を示す

取水槽水位計
 設置位置：2号炉取水槽
 測定範囲：EL10.7m~EL-9.3m



第4.3-1図 津波監視設備の配置

※ 設計中であり、詳細設計段階にて変更する可能性がある。

(1) 津波監視カメラ

a. 仕様

津波監視カメラは、耐震性、耐津波性を有し、敷地前面における津波襲来状況の監視が可能な場所として、2号炉排気筒EL64m、3号炉北側防波壁上

部東側及び3号炉北側防波壁上部西側EL15mに設置する。なお、排気筒に設置する津波監視カメラの設置位置は高所であるが、本設のグレーチングフロア上であり、かつ同じフロアへは本設の階段が敷設されているため、施工や保守の作業、アクセスに当たり支障はない。

敷地内の状況及び敷地前面における津波襲来状況をリアルタイムかつ継続的に把握するため、視野角が広く（水平360°，垂直±90°旋回可能）、光学及び赤外線撮像機能を有するカメラを選定する。撮影した映像は2号炉の中央制御室に設置した監視設備に表示可能とし、本体及び監視設備は非常用電源設備及び代替交流電源設備から受電可能な設計とする。

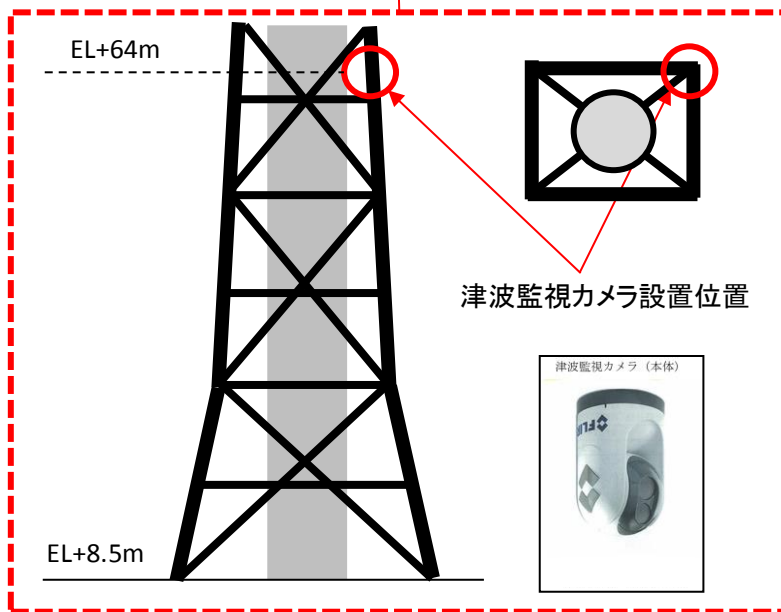
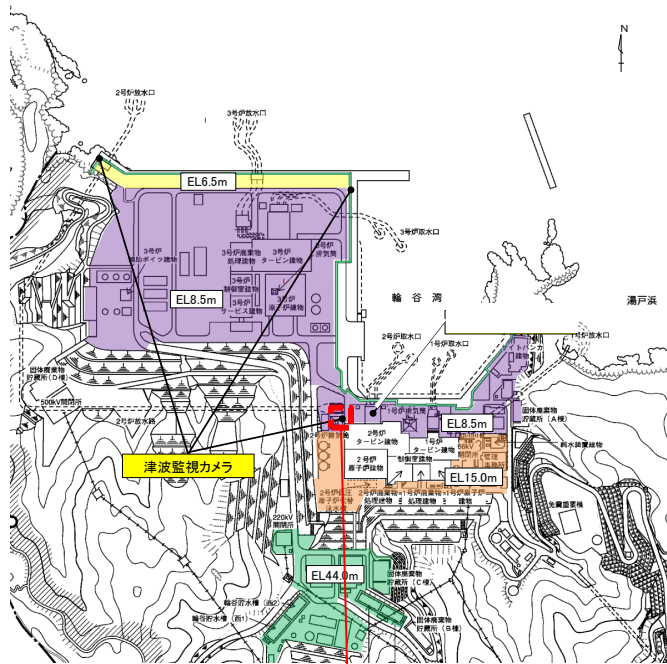
津波監視カメラの仕様を第4.3-1表に、設置位置を第4.3-2図に、監視カメラの映像イメージを第4.3-3図に、監視カメラの視野範囲を第4.3-4図に示す。第4.3-4図に示すとおり、発電所敷地内に設置した3台の津波監視カメラにより、津波防護施設及び浸水防止設備の状態、並びに敷地前面の津波の襲来の状況を確認するための視野範囲は確保される。

なお、津波監視カメラは基準地震動S_sによる地震力に対して機能を保持する設計とするため、地震時に津波監視カメラが機能喪失することはないが、万一、竜巻等の自然現象や機器の単一故障により機能喪失した場合においても、残り2台の津波監視カメラにより主要位置における津波襲来時の状況を継続的に把握することが可能である。

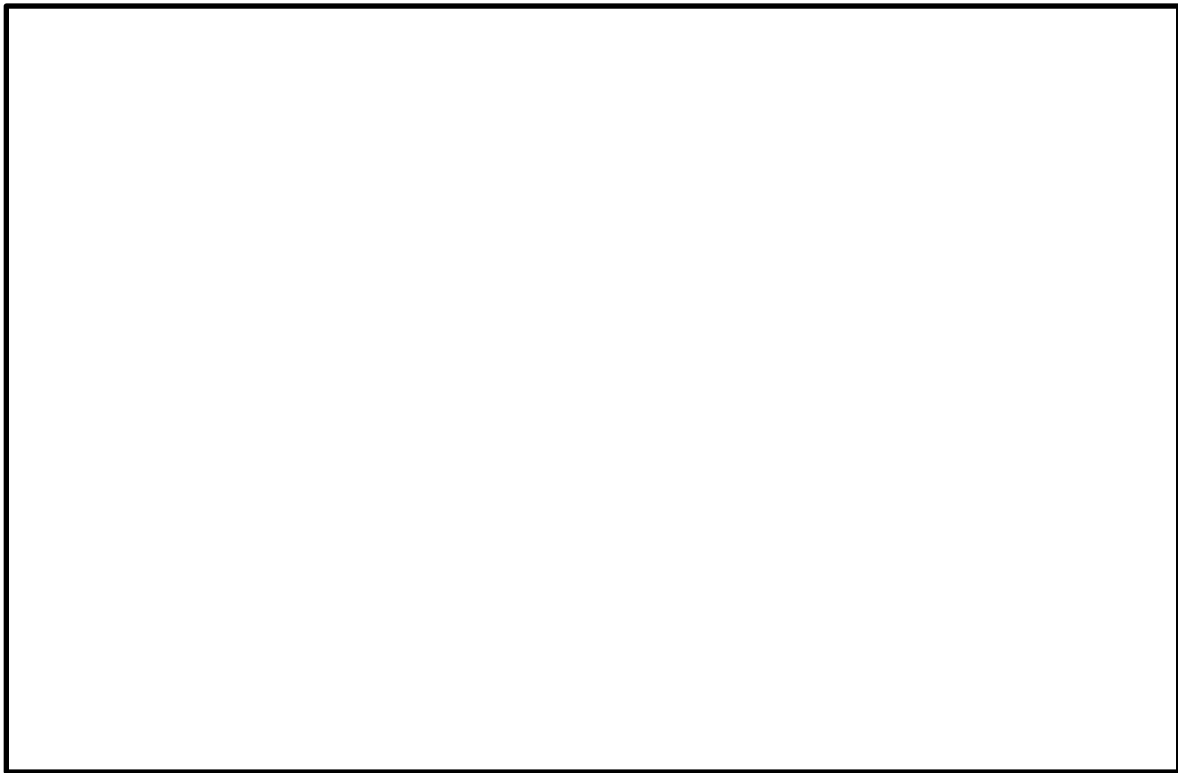
また、津波監視カメラは予備品を有しており、速やかに復旧（1日程度）することも可能である。

第4.3-1表 津波監視カメラの仕様

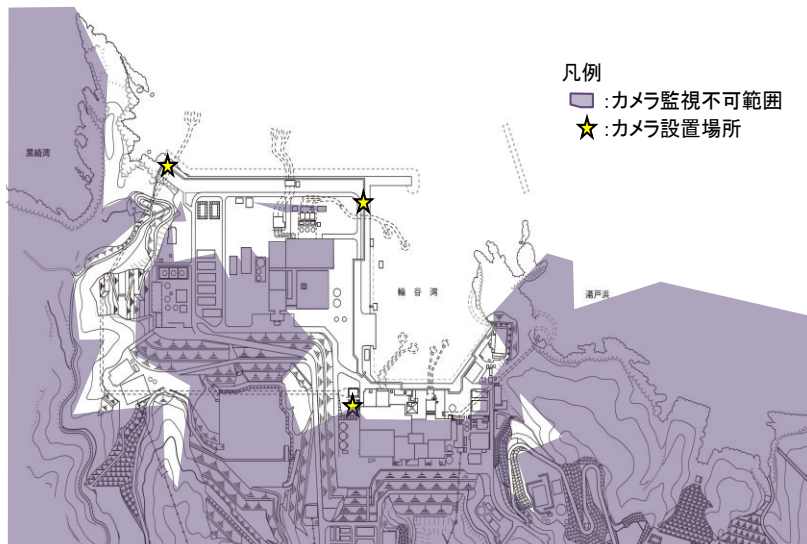
津波監視カメラ	
外観 (イメージ)	
カメラ構成	可視光と赤外線デュアルカメラ
ズーム	赤外線カメラ：デジタルズーム2, 4倍
遠隔可動	水平可動：360° 上下可動：±90°
暗視機能	可能（赤外線カメラ）
耐震設計	Sクラス
供給電源	非常用電源（無停電交流電源） 代替交流電源設備
風荷重	風速（30m/s）による荷重を考慮
積雪荷重	積雪（100cm）による荷重を考慮
台数	2号炉排気筒 1台 3号炉北側防波壁上部（東） 1台 3号炉北側防波壁上部（西） 1台



第4.3-2図 津波監視カメラ設置位置



第4.3-3図 津波監視カメラ映像イメージ（排気筒EL64m）

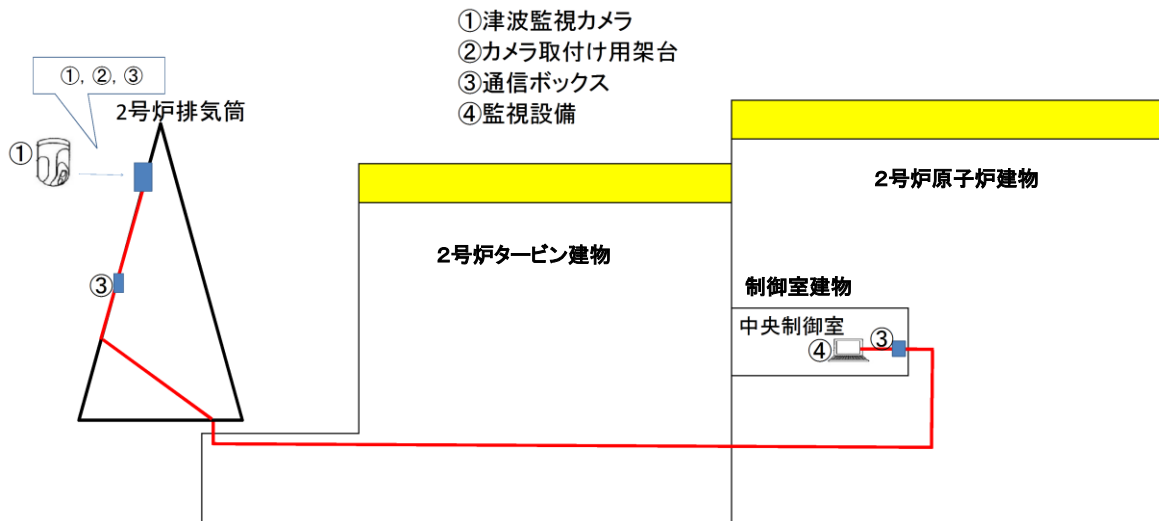


第4.3-4図 津波監視カメラの視野範囲

b. 設備構成

津波監視カメラは、カメラ本体、カメラ取付用架台、通信ボックス、監視設備、電線管から構成されている。設備構成の概要を第4.3-5図に示す。

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。



第4.3-5図 津波監視カメラ設備構成

c. 構造・強度評価及び機能維持評価

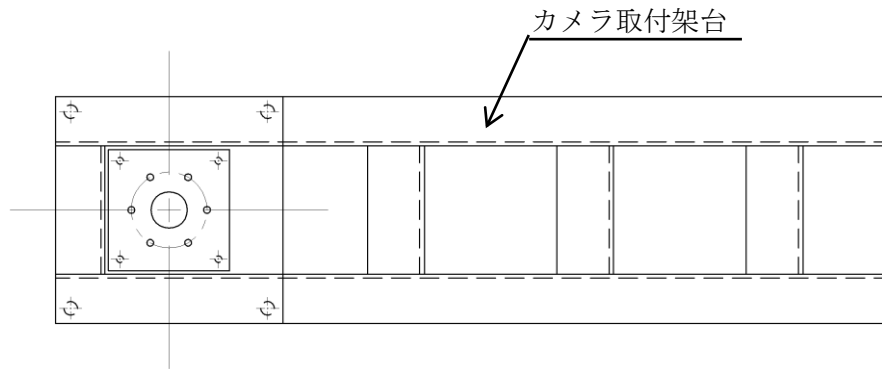
津波監視カメラが使用条件及び想定される自然条件下において要求される機能を喪失しないことを確認する。

当該設備は排気筒、3号炉北側防波壁上部東側及び3号炉北側防波壁上部西側に設置されるものであることから、想定される自然条件のうち設備に与える影響が大きいものとして地震と竜巻が考えられる。このうち、竜巻については「第6条 外部からの衝撃による損傷の防止」において説明するものとし、ここでは使用条件及び地震に対する評価方針を示す。

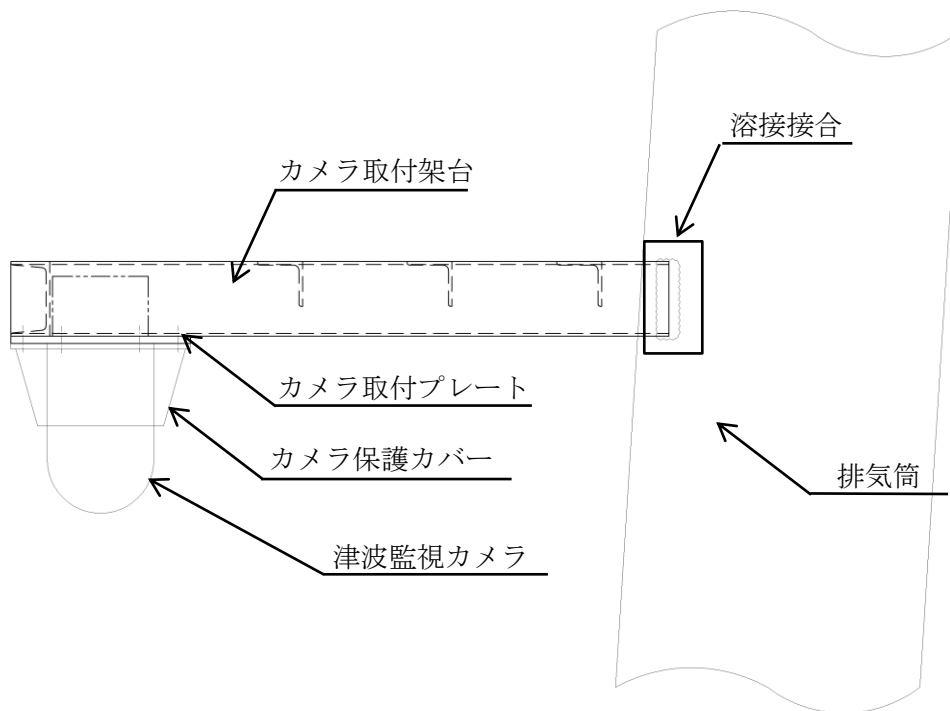
なお、自然現象のうち津波については、前述のとおり、その影響を受けることのない設計としているため、荷重組合せ等での考慮は要しない。

(a) 評価方針

津波監視カメラが基準地震動 S_s に対して要求される機能を喪失しないことを確認するため、カメラ取付用架台及び電線管に対する構造強度評価を実施する。また、カメラ本体、通信ボックス、監視設備の機能維持評価を実施する。カメラ取付用架台の構造概略図を第4.3-6図に示す。



(平面図)



(断面図)

第4.3-6図 カメラ取付用架台の構造概略図（排気筒の例）※

※ 設計中であり，詳細設計段階にて変更する可能性がある。

(b) 荷重組合せ

津波監視カメラの設計においては以下のとおり，常時荷重，地震荷重の組合せを考慮する（添付資料20参照）。

- ・常時荷重＋地震荷重

また，設計に当たっては，その他自然現象との組合せを適切に考慮する。（添付資料20参照）

(c) 荷重の設定

津波監視カメラの設計において考慮する荷重は、以下のように設定する。

i 常時荷重

自重を考慮する。

ii 地震荷重

基準地震動 S_s による地震力を考慮する。

iii 積雪荷重

屋外に設置される津波監視カメラ取付用架台及び電線管に対しては、堆積量35cmを考慮する。

iv 降雨荷重

降雨に対しては、津波監視カメラは防水性能IP66(あらゆる方向からのノズルによるジェット噴流水によっても有害な影響を及ぼしてはならない)に適合する設計とする。

v 風荷重

基準風速30m/s相当の風荷重を受けた場合においても、津波監視カメラ設置用架台及び電線管は継続監視可能であることを確認する。

なお、竜巻については発生頻度が小さいことから他の自然現象による荷重との組合せの観点では考慮せず、竜巻に対する評価は上記のとおり「第六条外部からの衝撃による損傷の防止」において説明する。

d. 許容限界

津波監視機能に対する機能保持限界として、津波監視カメラが基準地震動 S_s に対して機能維持することを確認する。

また、津波監視カメラを支持する2号炉排気筒、防波壁及びカメラ取付用架台については、それらを構成する部材が(b)にて考慮する荷重の組合せに対して、津波監視カメラの支持機能を維持することを確認する。

e. 防塵性能・防水性能

上記の荷重に関する評価に加えて、防塵性能および防水性能についても考慮する。

津波監視カメラは、保護等級「IP66」(日本工業規格JISC0920)相当のものを設置することで、防塵性能と防水性能(防塵性能については、粉塵が内部に入らない程度。防水性能については、あらゆる方向からの強い噴流水によっても、有害な影響がない程度。)が保証される。

(2) 取水槽水位計

a. 仕様

取水槽水位計は、地震発生後に津波が発生した場合、津波の襲来を想定し、特にその水位変動の兆候を早期に把握するため、2号炉の取水槽に設置する。

基準津波襲来時の取水槽水位（入力津波高さ）に関しては、第4.3-2表のとおり評価している。

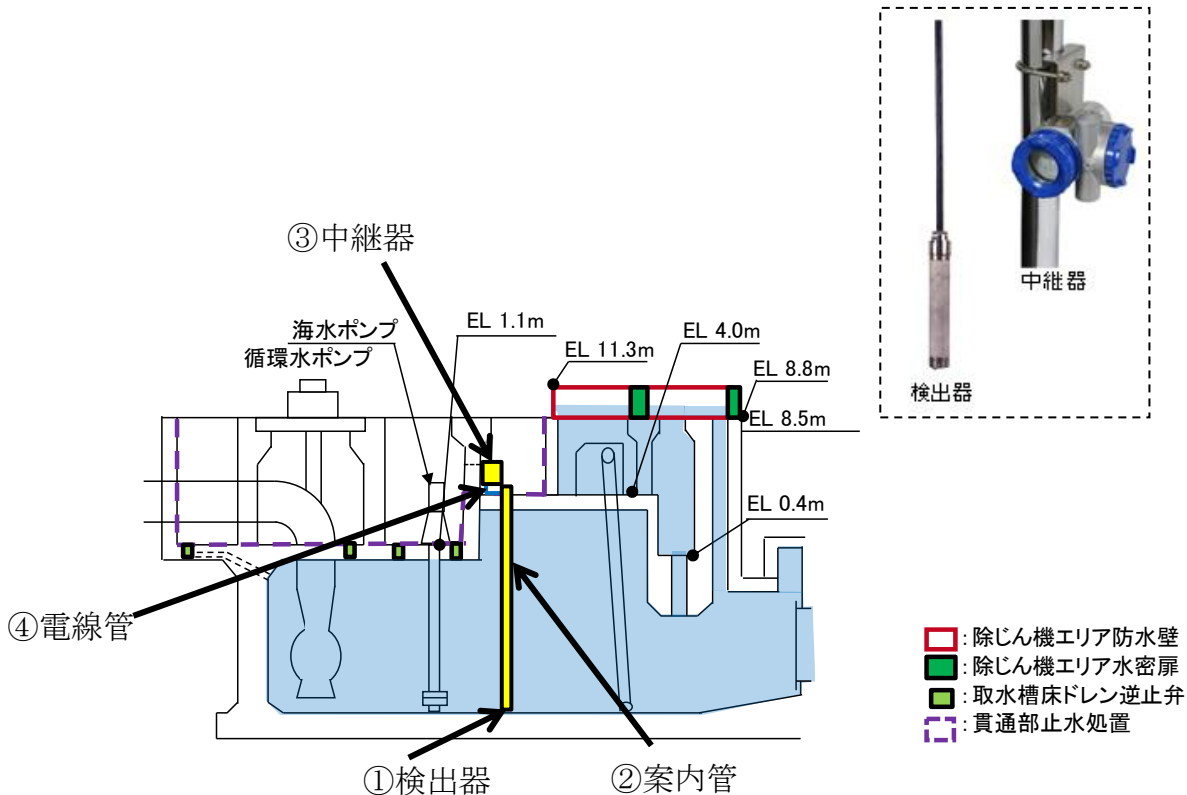
第4.3-2表 取水槽の入力津波高さ

		2号炉
		取水槽
水位上昇側	入力津波高さEL(m)	+10.6
水位下降側	入力津波高さEL(m)	-6.5

上記の取水槽水位を考慮し、測定範囲をEL10.7m～EL-9.3mとした設計としている。また、取水槽水位計は非常用交流電源設備及び非常用直流電源設備から受電可能な設計とする。

b. 設備構成

取水槽水位計は、検出器、案内管、中継器、電線管及び中央制御室に設置された監視設備から構成されている。第4.3-7図に取水槽水位計の設置位置及び設備構成を示す。



第4.3-7図 取水槽水位計の設置位置及び設備構成

c. 構造・強度評価及び機能維持評価

取水槽水位計が使用条件及び想定される自然条件下において要求される機能を喪失しないことを確認する。

当該設備は屋外に設置されるものであり想定される自然条件のうち設備に与える影響が大きいものとしては、地震と竜巻が考えられる。このうち、竜巻については、「第6条 外部からの衝撃による損傷の防止」において説明するものとし、ここでは使用条件及び地震に対する評価方針を示す。

(a) 評価方針

取水槽水位計が基準地震動 S_s に対して要求される機能を喪失しないことを確認するため、水位計本体（案内管）に対する構造強度評価、検出器、中継器の機能維持評価、さらに監視設備については、構造強度評価及び機能維持評価の両者を実施する。

(b) 荷重組合せ

取水槽水位計の設計においては以下のとおり、常時荷重、地震荷重、津波荷重、余震荷重を考慮する。

また、取水槽水位計は、漂流物が衝突する恐れのない位置に設置することから、漂流物衝突荷重は考慮しない。

- ・ 常時荷重＋地震荷重
- ・ 常時荷重＋津波荷重
- ・ 常時荷重＋津波荷重＋余震荷重

また、設計においては、その他自然現象との組合せを適切に考慮する（添付資料20参照）。

(c) 荷重の設定

取水槽水位計の設計において考慮する荷重は、以下のように設定する。

i 常時荷重

自重等を考慮する。

ii 地震荷重

基準地震動 S_s を考慮する。

iii 津波荷重

潮位のばらつきを考慮した取水槽における入力津波高さEL10.6mに参照する裕度である+0.64mも含めても、保守的な値である津波荷重水位EL+11.3m（許容津波高さ）を考慮する。

iv 余震荷重

余震による地震動について検討し、余震荷重を設定する。具体的には余震による地震動として弾性設計用地震動 S_d を適用し、これによる荷重を余震荷重として設定する。適用に当たっての考え方を添付資料22に示す。

d. 許容限界

津波監視機能に対する機能保持限界として、検出器、中継器、監視設備が基準地震動 S_s に対して機能維持することを確認する。

また、地震後、津波後の再使用性や、津波の繰り返し作用を想定し、水位計本体（案内管）、監視設備を構成する部材が弾性域内に収まることを確認する。

津波漂流物の調査要領について

1. はじめに

「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則（平成25年7月8日施行）」の第五条において，基準津波に対して設計基準対象施設が安全機能を損なわれるおそれがないことが求められており，同解釈の別記3において，基準津波による漂流物に対して取水口及び取水路の通水性が確保できる設計であることが要求されている。

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

2. 調査要領

(1) 調査範囲

調査範囲は，発電所構内については，防波壁外側の荷揚場とし，発電所構外については，基準津波の流向及び流速により発電所周辺5km圏内の海岸線に沿った範囲とする。調査範囲の概要を別紙1に示す。

(2) 調査方法

調査は上記の調査範囲を発電所構内・構外，海域・陸域の四つに分類し実施する。分類毎の調査対象，調査方法を表1に示す。

(3) 記録方法

調査結果の記録は，「(2) 調査方法」で示した各調査対象について定義や考え方に基づき，具体的に記録する。調査方法を別紙2に示す。また，人工構造物等の状況を考慮した継続的な調査方針を別紙3に示す。

表1 漂流物となる可能性がある施設・設備等の調査方法

調査範囲		調査対象	調査方法	
発電所 構内・構外	海域・陸域			
発電所 構内	海域	船舶等	資料調査	船舶証明書を調査し、港湾内に定例業務により来航する船舶を抽出
			聞き取り調査	社内関係者への聞き取り調査により対象を抽出
	陸域	人工構造物 可動・可搬 物品等	聞き取り調査	社内関係者への聞き取り調査により対象を抽出
			現場調査	現場調査（海上，陸上）により対象を抽出
発電所 構外	海域	船舶等	聞き取り調査	漁港，自治体関係者への聞き取り調査
			現場調査	現場調査（海上，陸上）により調査対象を抽出
	陸域	人工構造物 可動・可搬 物品等	聞き取り調査	自治体関係者への聞き取り調査
			現場調査	現場調査（海上，陸上）により対象を抽出

3. 別紙

別紙1：調査範囲の概要

別紙2：調査時の記録方法

別紙3：人工構造物等の状況を考慮した継続的な調査方針

調査範囲の概要



図1 漂流物調査範囲概要（発電所構外）

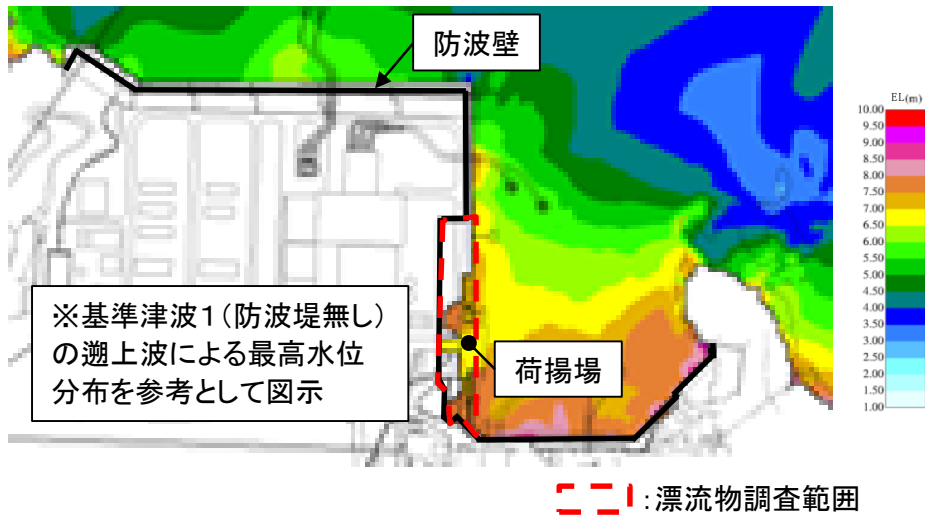


図2 漂流物調査範囲概要 (発電所構内)

調査時の記録方法

調査範囲		調査対象		調査方法	記録方法
発電所 構内/ 構外	海域/ 陸域	項目	具体的な定義, 考え方, 例		
発電所 構内	海域	船舶	—	1)以下の資料を調査し, 港 湾内に定例業務により来航 する船舶を抽出 ・「船舶証明書」 2)社内関係者への聞き取り 調査により上記以外の対象 を抽出	入溝頻度, 船舶名, 総トン数, 寸法, 状 態(係留方法, 位置)
	域陸	建物	土地に定着している建物	1)社内関係者への聞き取り 調査により上記以外の 対象を抽出 2)現場調査により上記以外 の対象を抽出	名称, 仕様(寸法 等), 数量を記録
		機器類	基礎等に据え付けられた本 設の機器 <例> ・クレーン ・タンク ・配電盤, 分電盤, 制御盤		
		その他漂流 物になり得 る物	人工構築物等	現場調査により調査対象を 抽出	名称を記載, 仕様 (寸法等), 数量を 記載
発電所 構外	海域	船舶	—	1)現場調査(海上, 陸上) により調査対象を抽出 2)漁協, 自治体関係者への 聞き取り調査により上記以 外の対象を抽出	船舶名, 状態(停泊 有無, 停泊場所), 数量, 属性(重量) 操業目的, 操業エリ ア**を記録
		海上設置物	人工構築物 <例> ・定置網 ・浮筏 ・浮棧橋		名称等を記載
	陸域	家屋類	—	1)現場調査(海上, 陸上) により対象を抽出 2)自治体関係者への聞き取 り調査により対象を抽出	名称等を記載
車両		乗用車, 大型車, 二輪車等			
		その他一般 構築物	人工構築物, 植生 <例> ・フェンス ・電柱		

※ 操業目的, 操業エリアについては, 発電所沿岸で操業する漁船及び発電所沖合で操業する漁船(総トン数10トン以上)に対して調査を実施

人工構造物等の状況を考慮した継続的な調査方針

漂流物調査範囲内の人工構造物（漁船を含む）の位置、形状等に変更が生じた場合は、津波防護施設の健全性又は取水機能を有する安全設備の取水性に影響を及ぼす可能性がある。このため、漂流物調査範囲内の人工構造物（漁船を含む）については、基準適合状態維持の観点から、設置状況を定期的（1回／定期事業者検査）に確認するとともに、「2.5.2(3)基準津波に伴う取水口付近の漂流物に対する取水性確保」の第2.5-18図に示す漂流物の選定・影響確認フローに基づき評価を実施し、津波防護施設等の健全性又は取水機能を有する安全設備等の取水性を確認し、必要に応じて、対策を実施する。

また、発電所の施設・設備の設置・改造等を行う場合においても、都度、津波防護施設の健全性又は取水機能を有する安全設備の取水性への影響評価を実施し、必要に応じて、対策を実施する。

これらの調査・評価方針については、QMS文書に定め管理する。

漂流物の評価において考慮する津波の流速・流向について

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

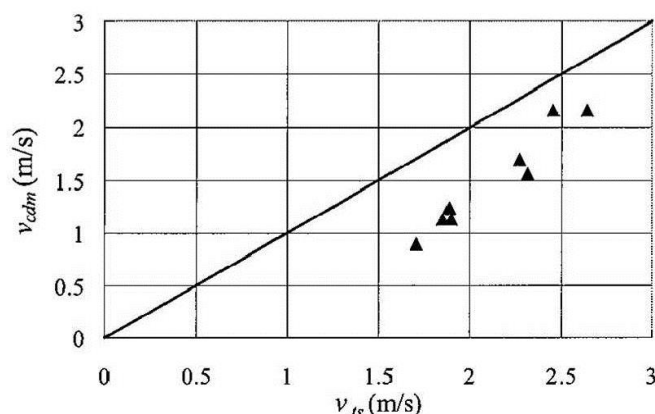


図1 浸水流速 v_{ts} と最大漂流速度 v_{cdm} の関係

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

漂流物の衝突速度は、評価対象施設周辺の流速に依存すると考えられるため、評価対象施設周辺の流速により、漂流物の衝突速度を設定する。漂流物が各施設に衝突する際の荷重の大きさは、評価対象施設に対して直交方向の流速に依存すると考えられるため、評価対象施設に対して直交方向の最大流速を抽出し、これに不確かさを考慮して、安全側の評価を実施する。また、防波壁等、広範囲にわたる施設は地点により流速が異なるが、設計に用いる漂流物の衝突荷重として、安全側に評価対象施設全体の最大流速を用いる。

評価対象施設における最大流速分布を図2～10に示す。

結果としては、日本海東縁部に想定される地震による津波における最大流速は施設護岸港湾外及び港湾内で9.0m/sが抽出されたことから、安全側に施設護岸港湾外及び港湾内で10.0m/sを、日本海東縁部に想定される地震による津波における津波防護施設及び浸水防止設備の衝突荷重評価に用いる漂流速度として設定する。また、荷揚場周辺の遡上時に最大流速11.9m/sが確認されたことから、遡上する津波の継続時間や流向等を考慮し、最大流速が発生する荷揚場周辺の津波防護施設における漂流物衝突荷重の評価には、流速11.9m/sを用いる。

また、海域活断層から想定される地震による津波における最大流速は施設護岸港湾外で3.3m/s、施設護岸港湾内で2.4m/sが抽出されたことから、安全側に施設護岸港湾外及び港湾内で4.0m/sを、海域活断層から想定される地震による津波における津波防護施設及び浸水防止設備の衝突荷重評価に用いる漂流速度として設定する。

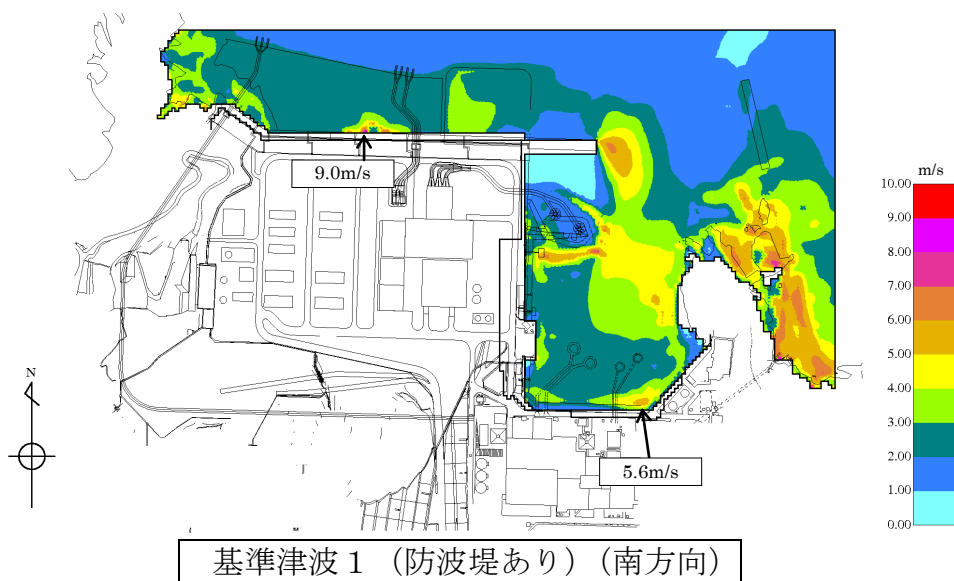
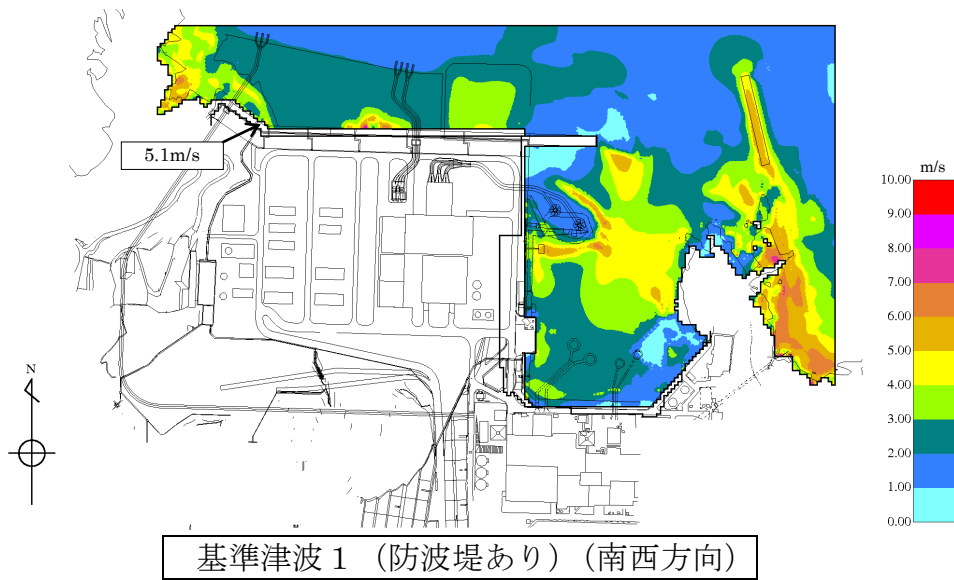
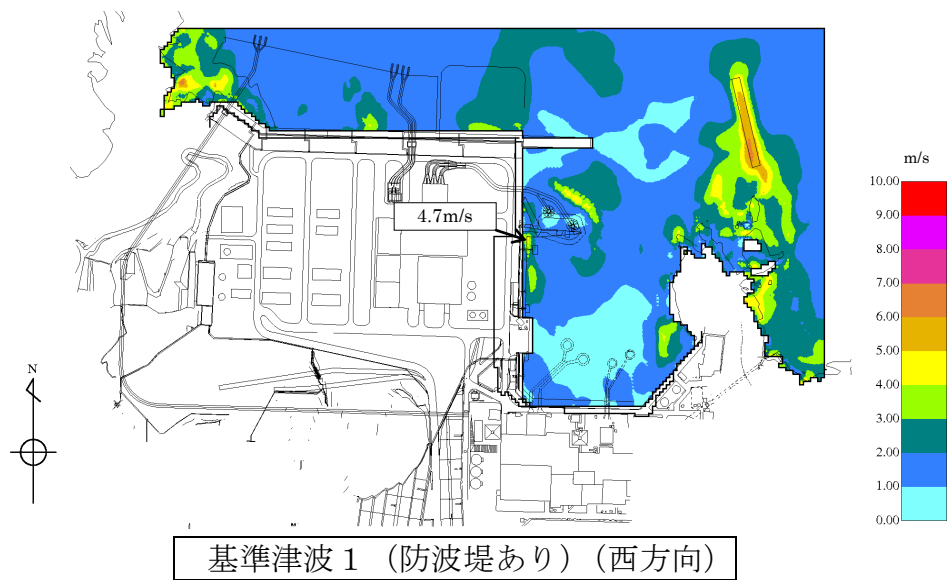


図2 基準津波 1 (防波堤あり) 最大流速分布 (1 / 2)

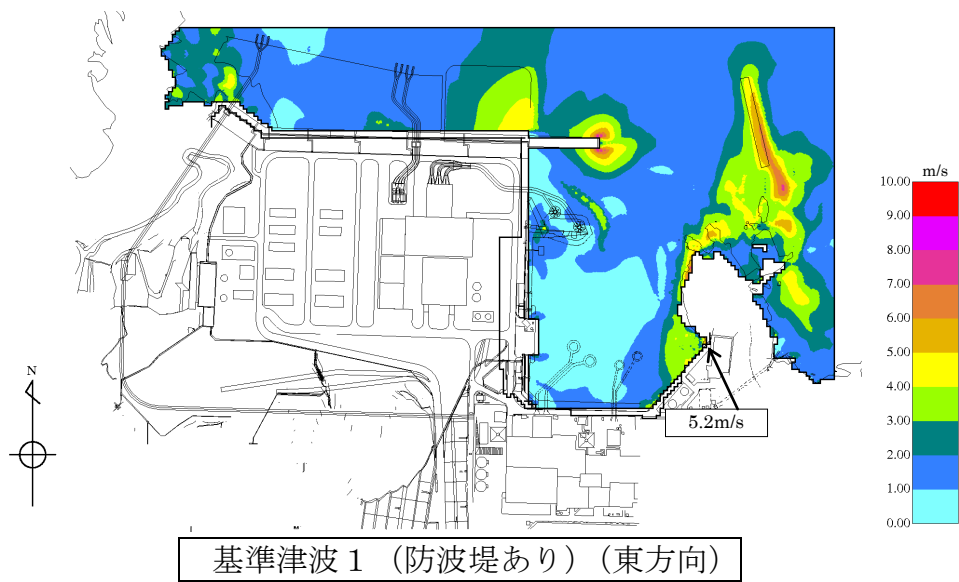
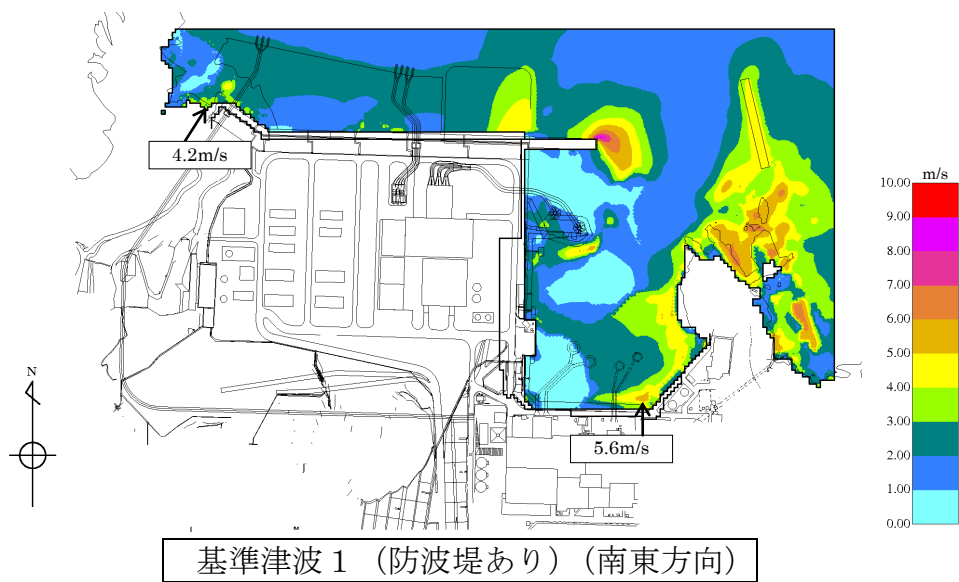


図2 基準津波 1 (防波堤あり) 最大流速分布 (2 / 2)

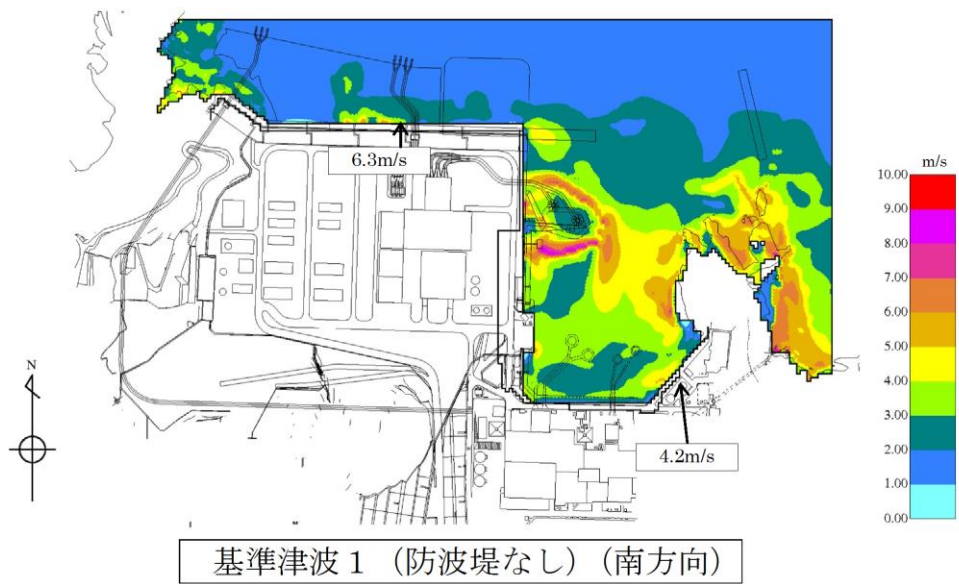
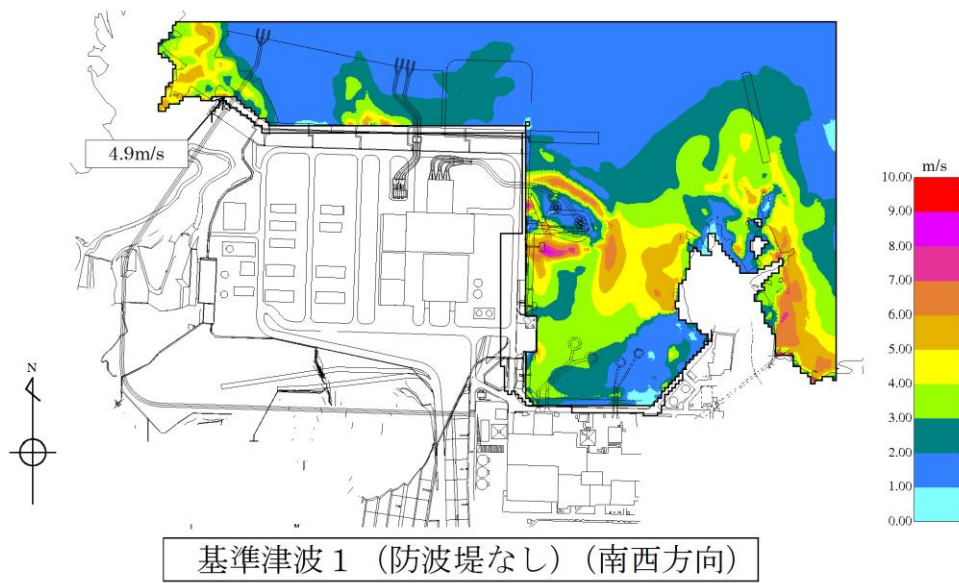
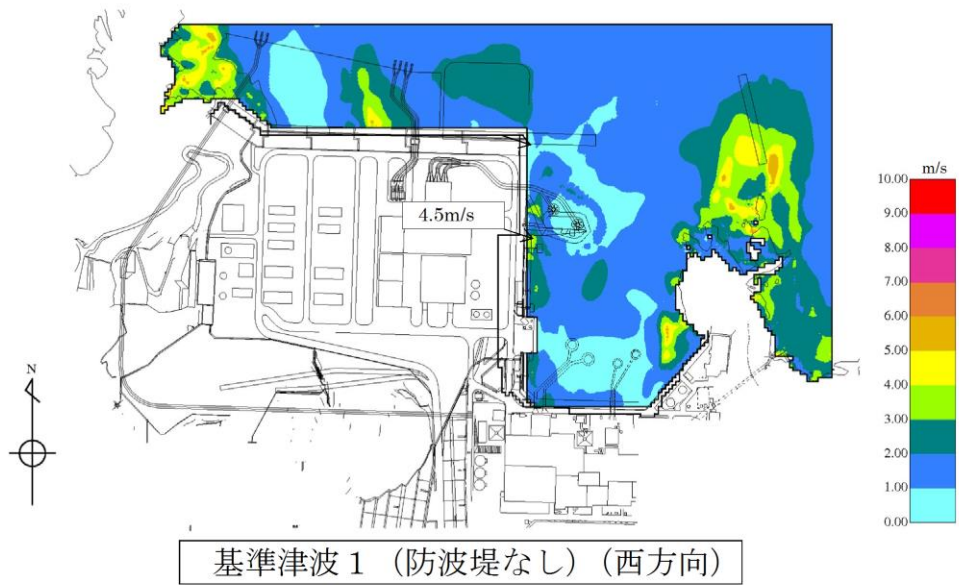


図 3 基準津波 1 (防波堤なし) 最大流速分布 (1 / 2)

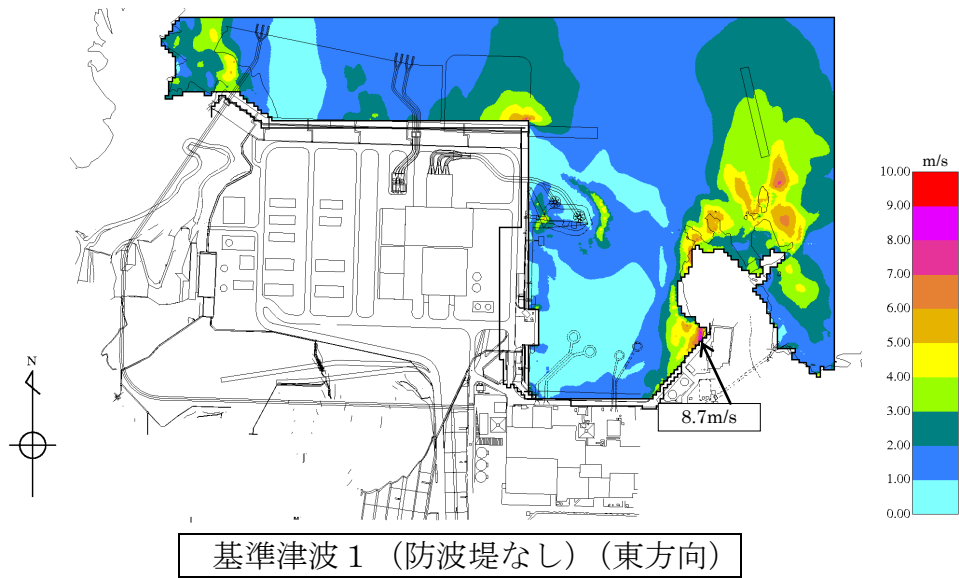
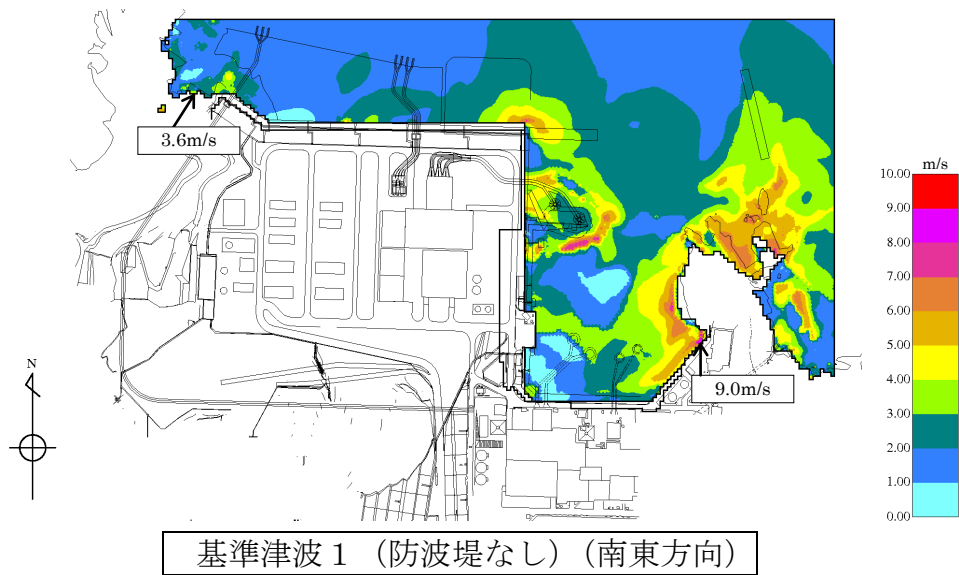


図 3 基準津波 1 (防波堤なし) 最大流速分布 (2 / 2)

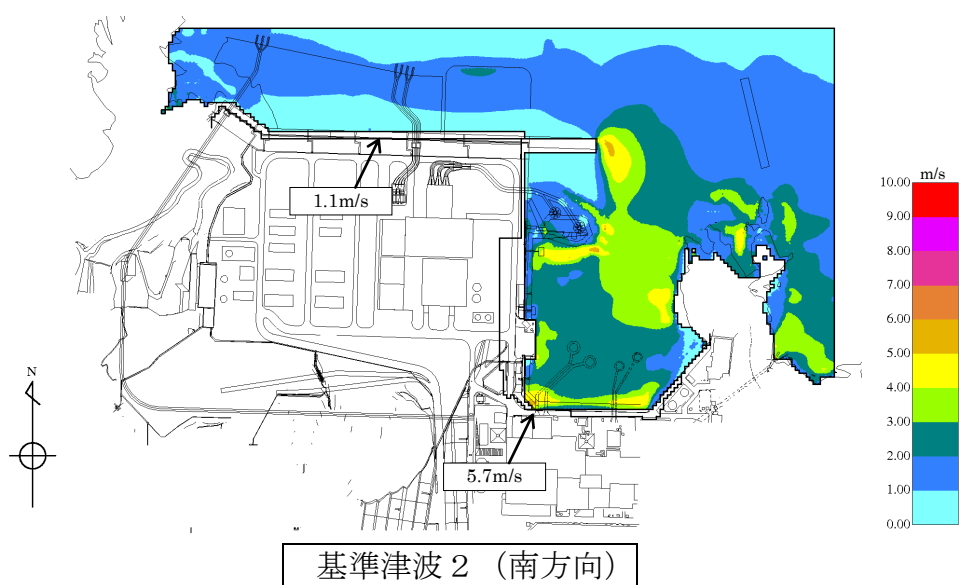
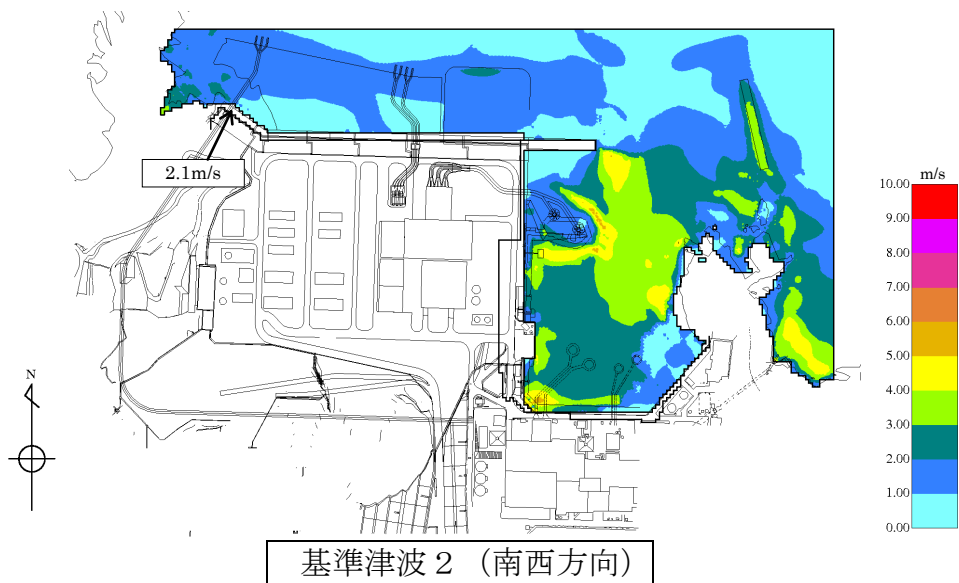
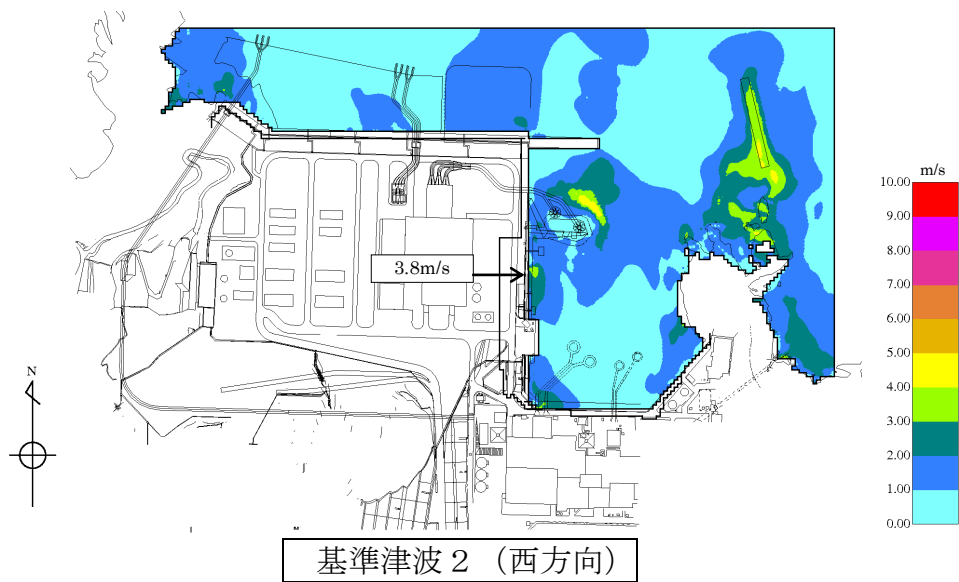


図4 基準津波 2 最大流速分布 (1 / 2)

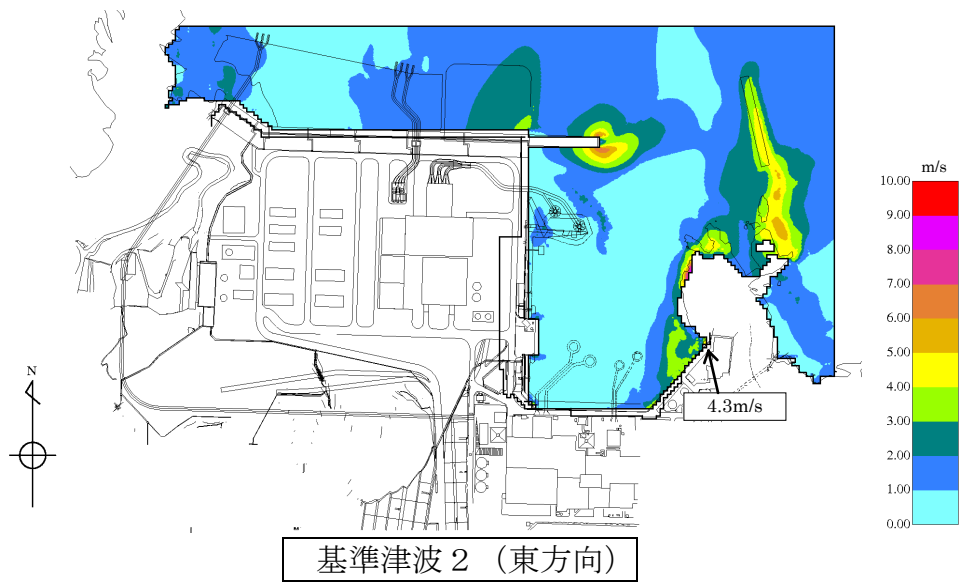
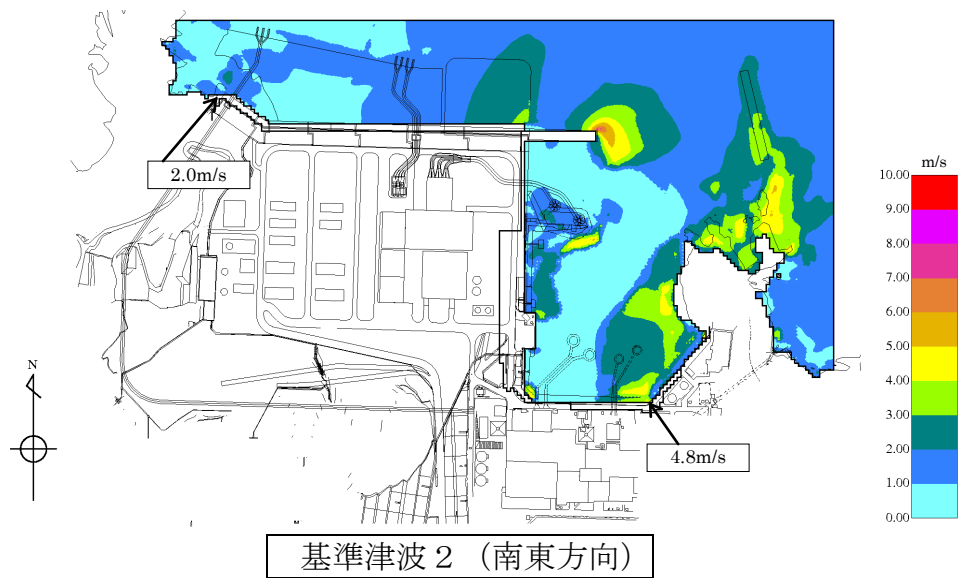


図4 基準津波 2 最大流速分布 (2 / 2)

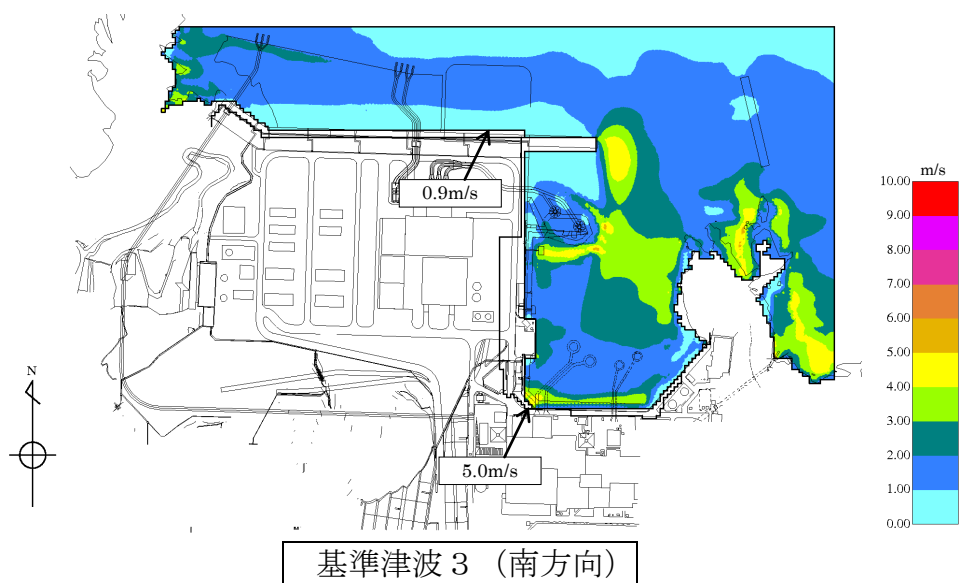
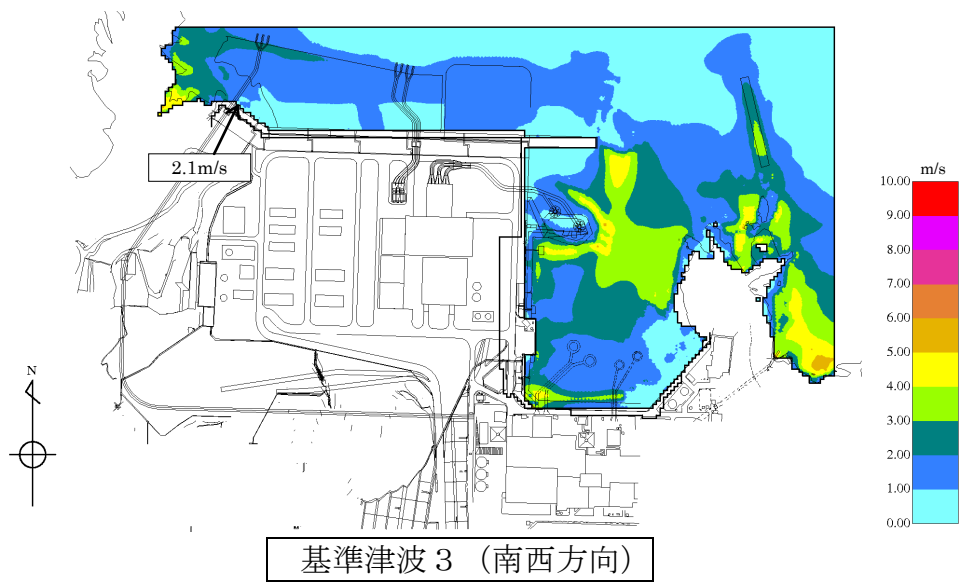
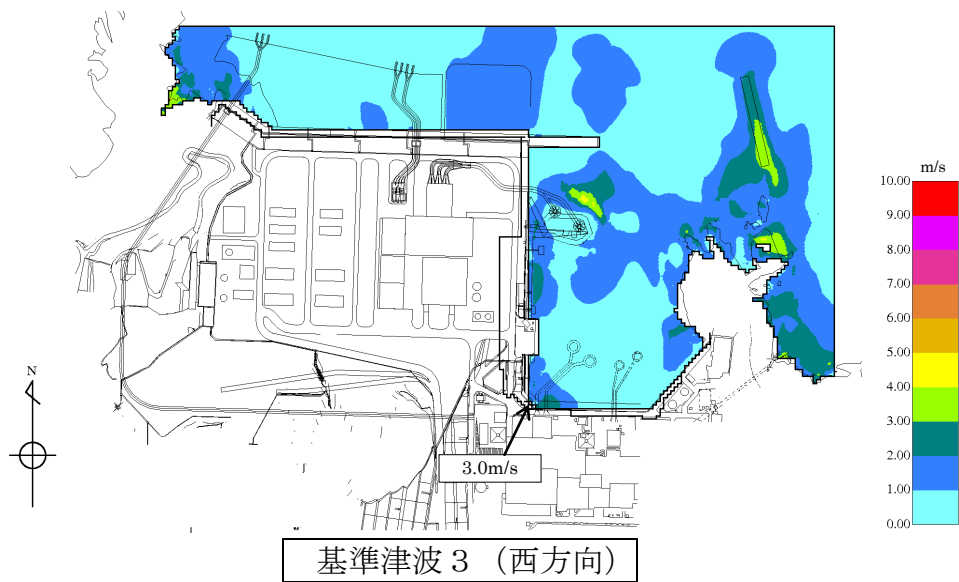


図5 基準津波 3 最大流速分布 (1 / 2)

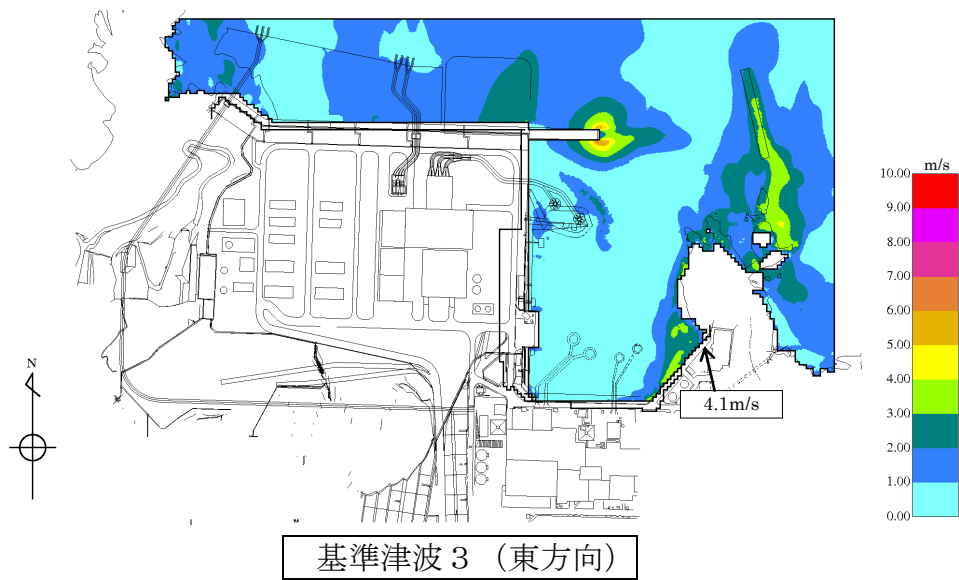
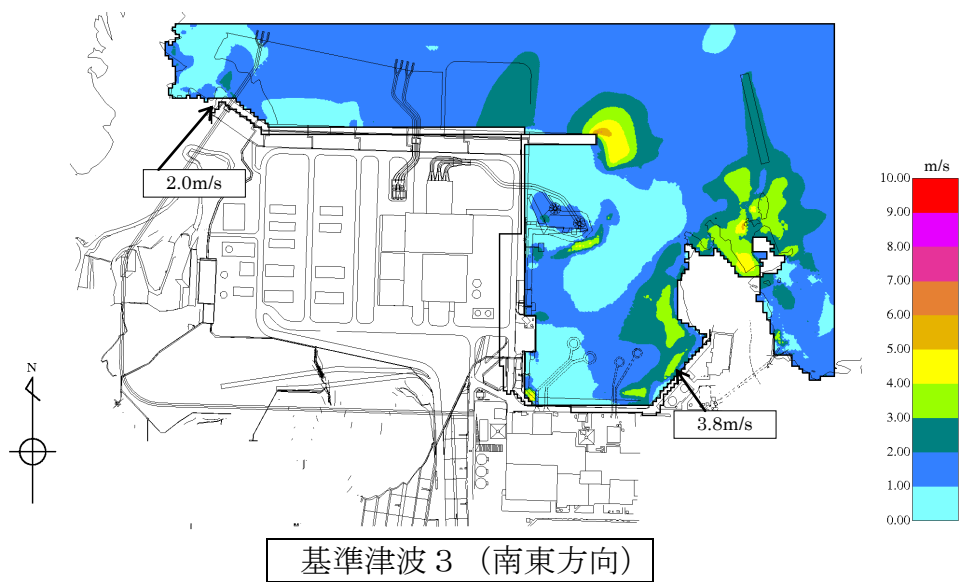


図5 基準津波3 最大流速分布 (2 / 2)

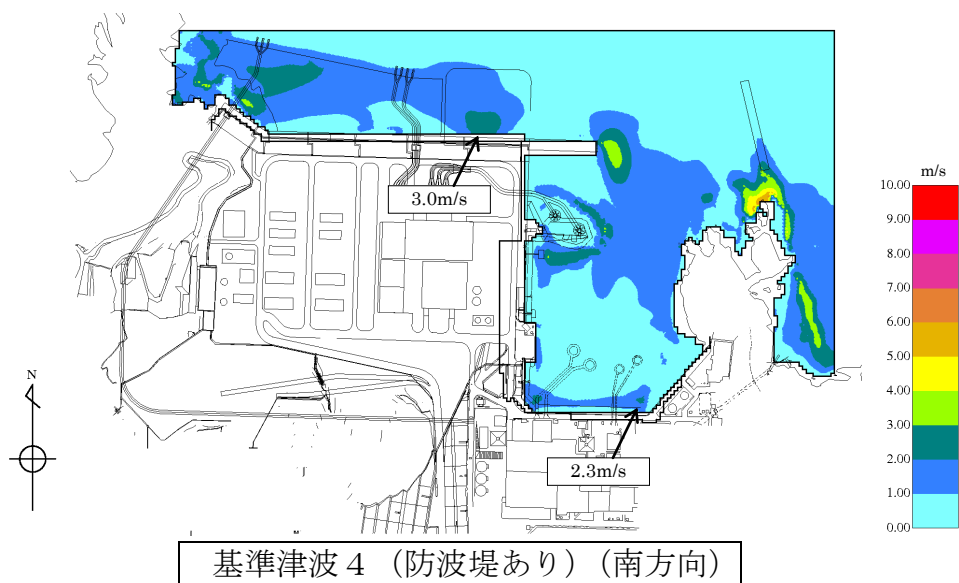
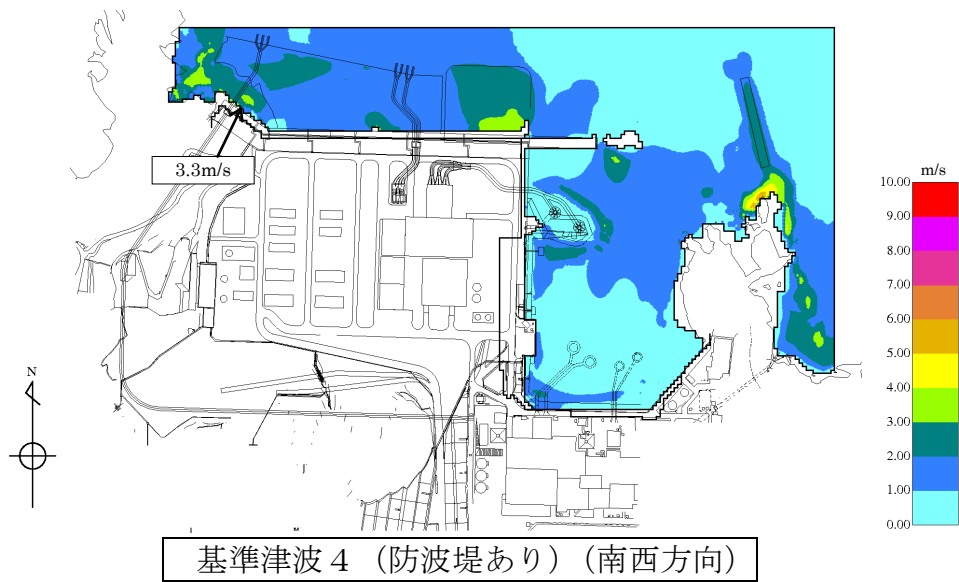
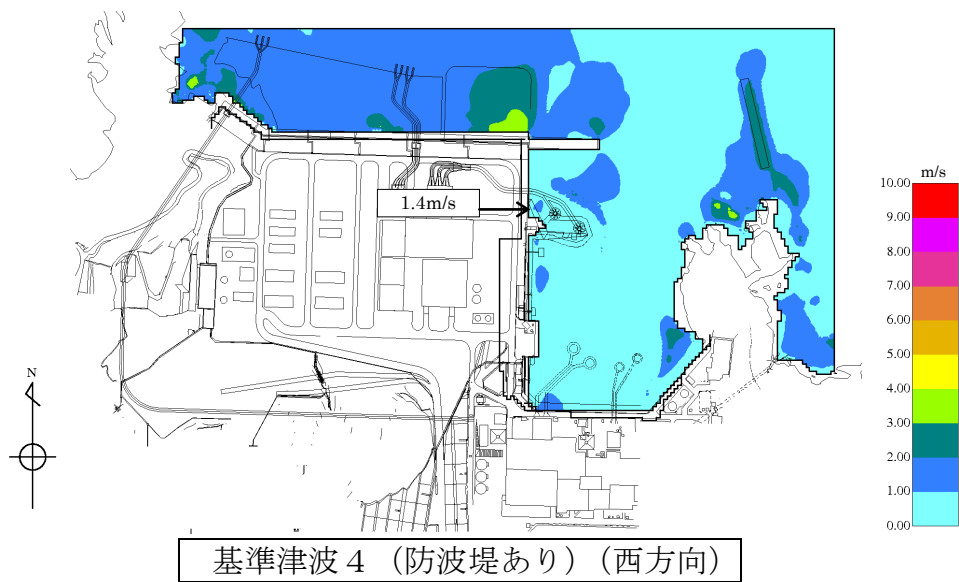


図6 基準津波 4 (防波堤あり) 最大流速分布 (1 / 2)

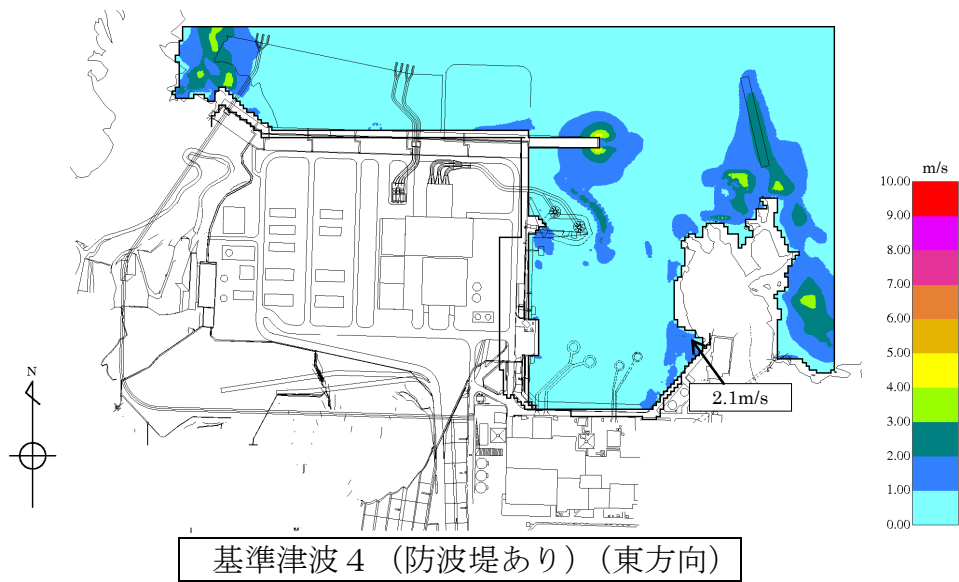
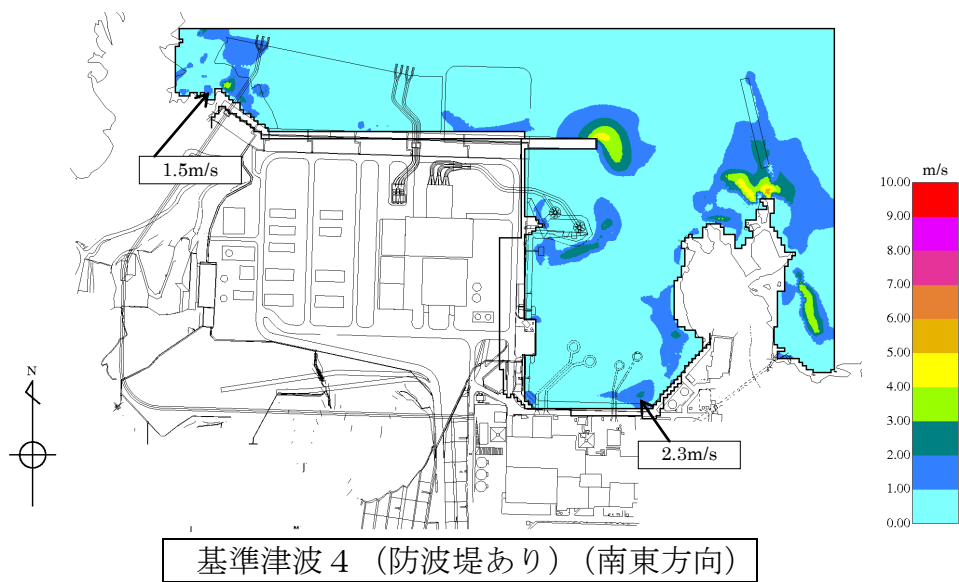


図6 基準津波4 (防波堤あり) 最大流速分布 (2 / 2)

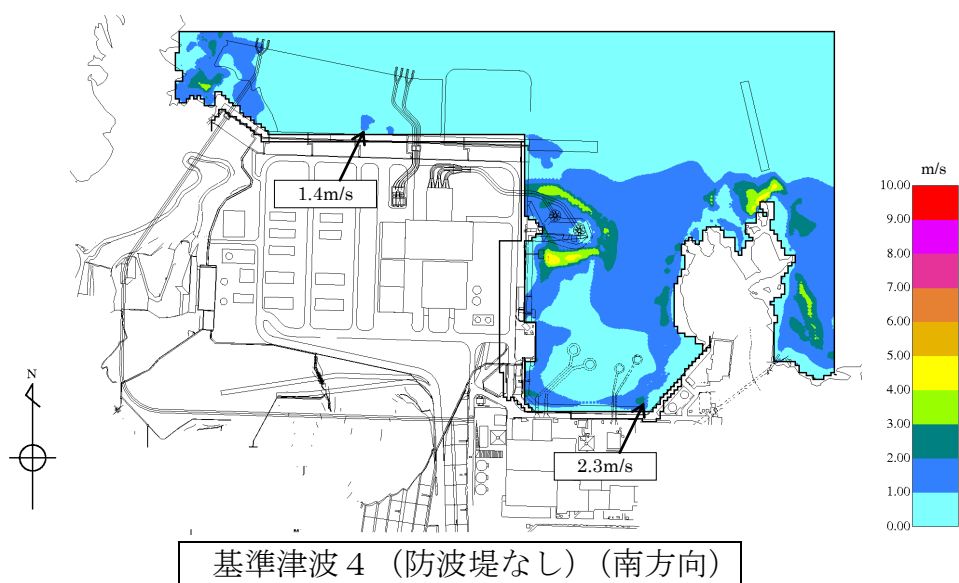
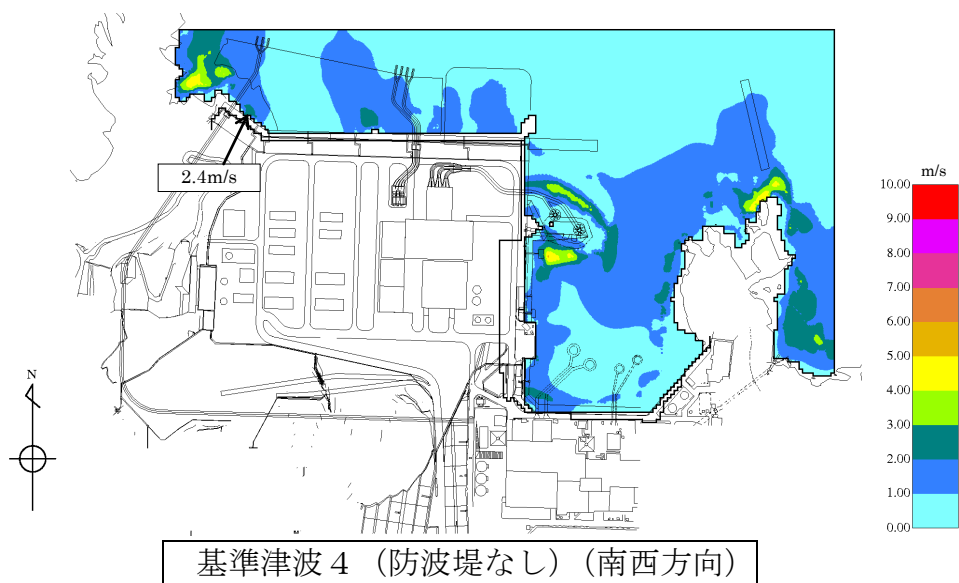
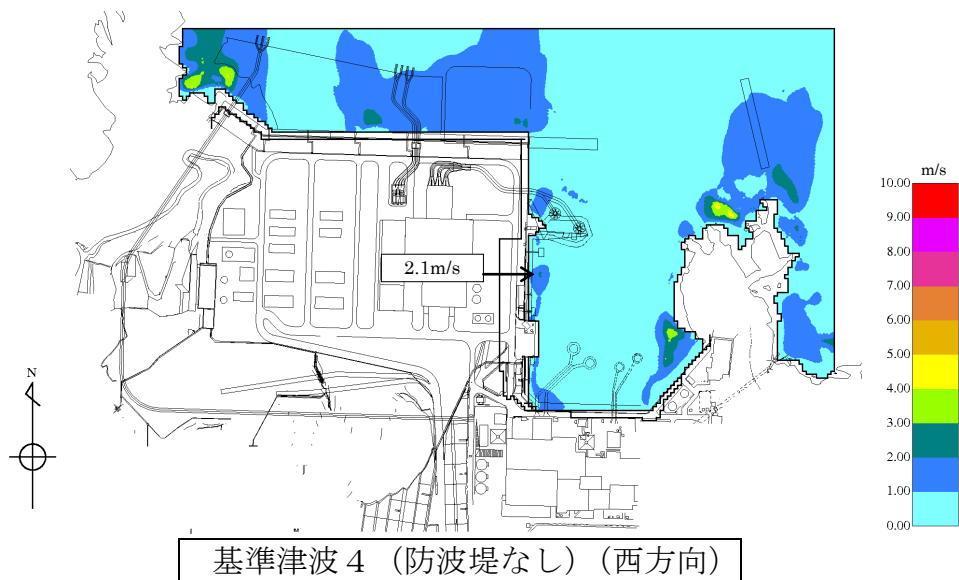


図 7 基準津波 4 (防波堤なし) 最大流速分布 (1 / 2)

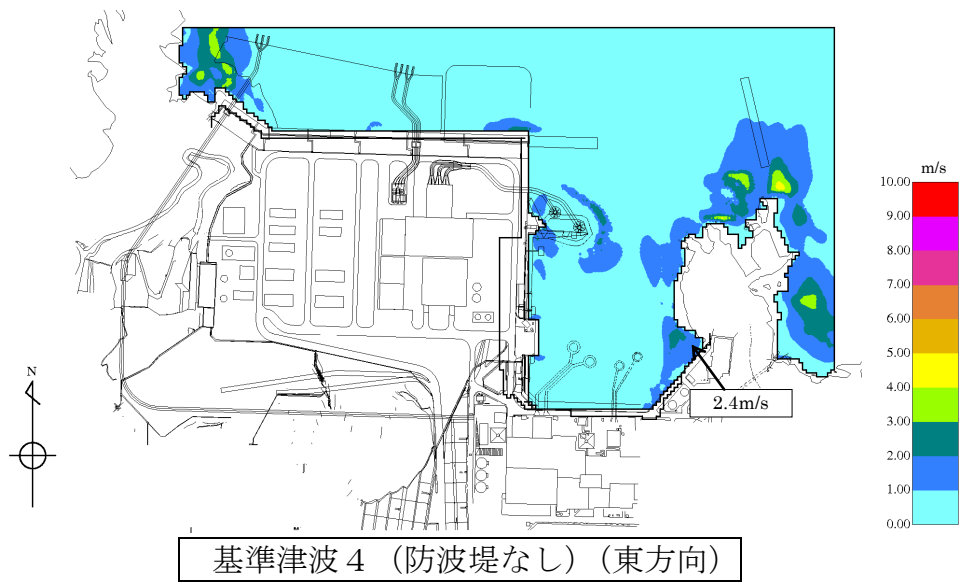
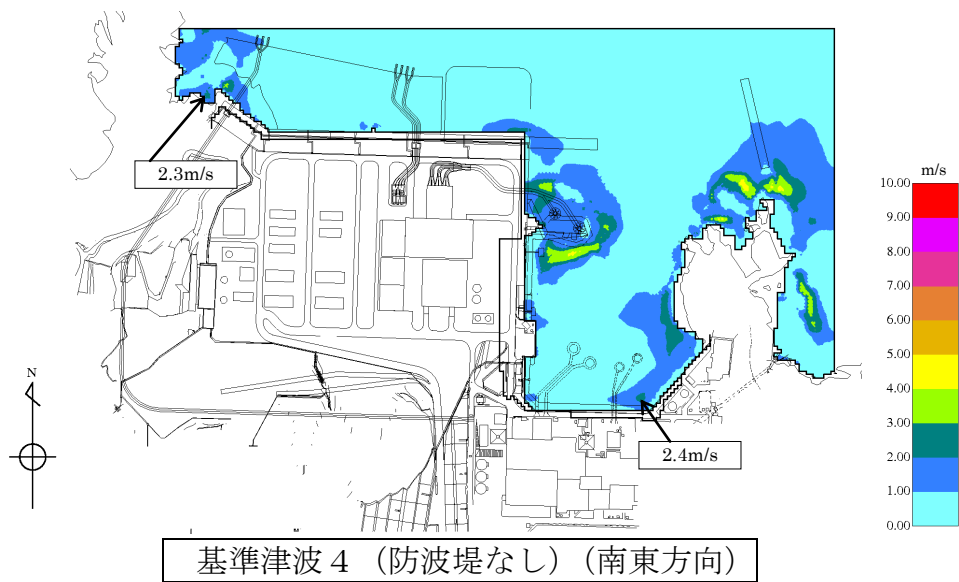


図 7 基準津波 4 (防波堤なし) 最大流速分布 (2 / 2)

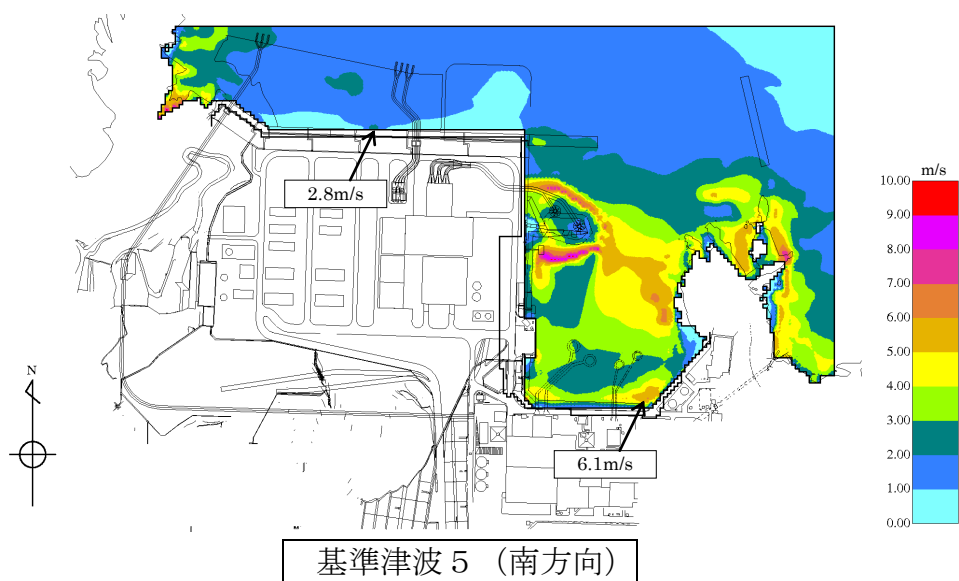
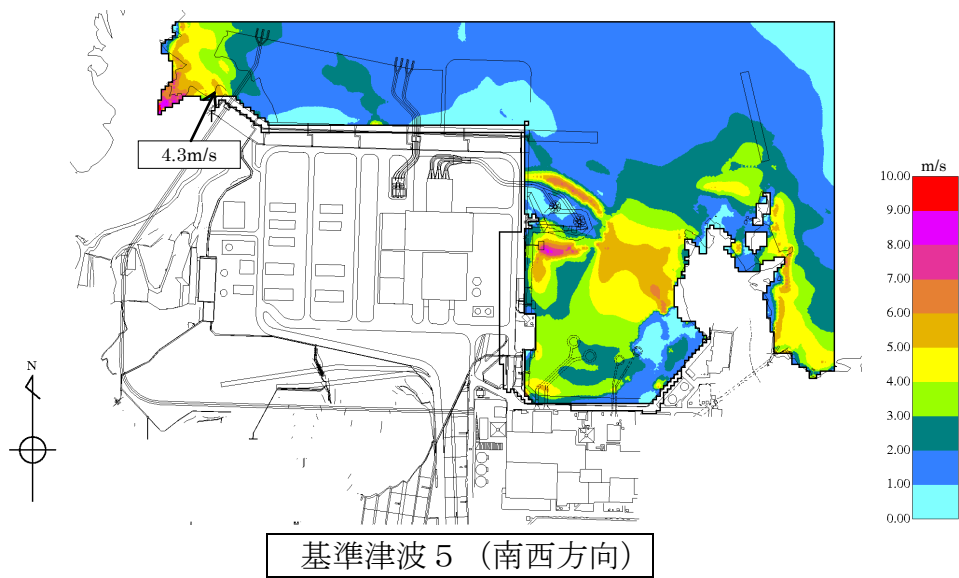
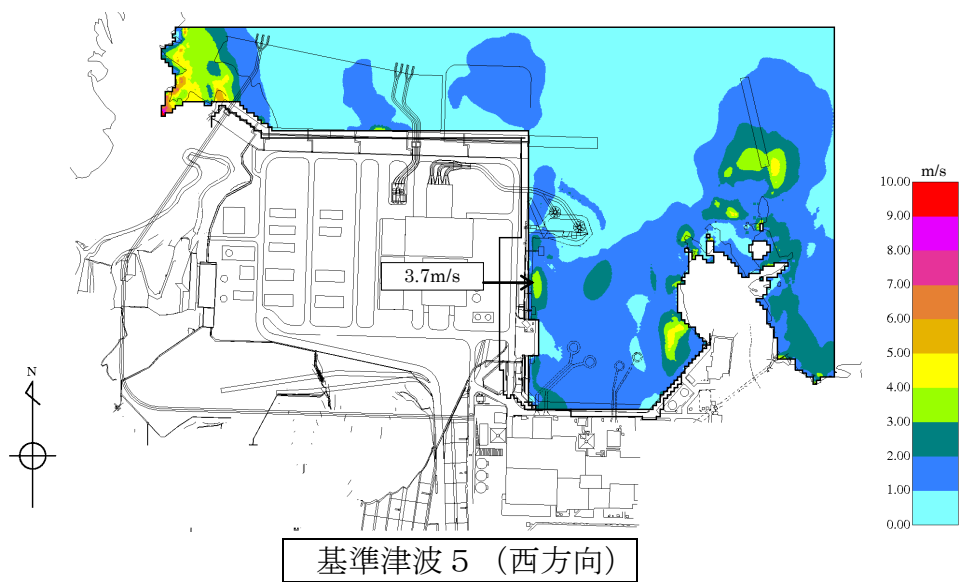


図8 基準津波 5 最大流速分布 (1 / 2)

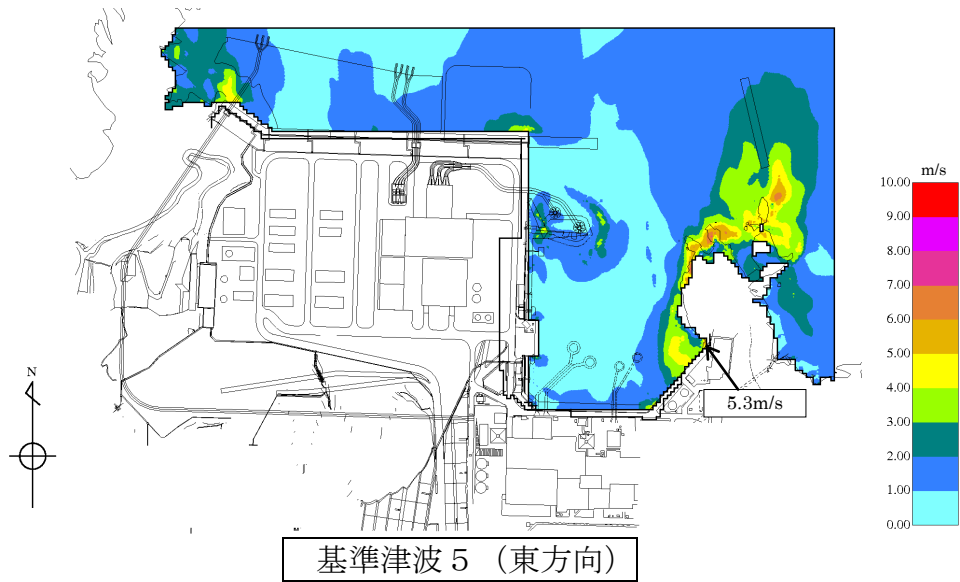
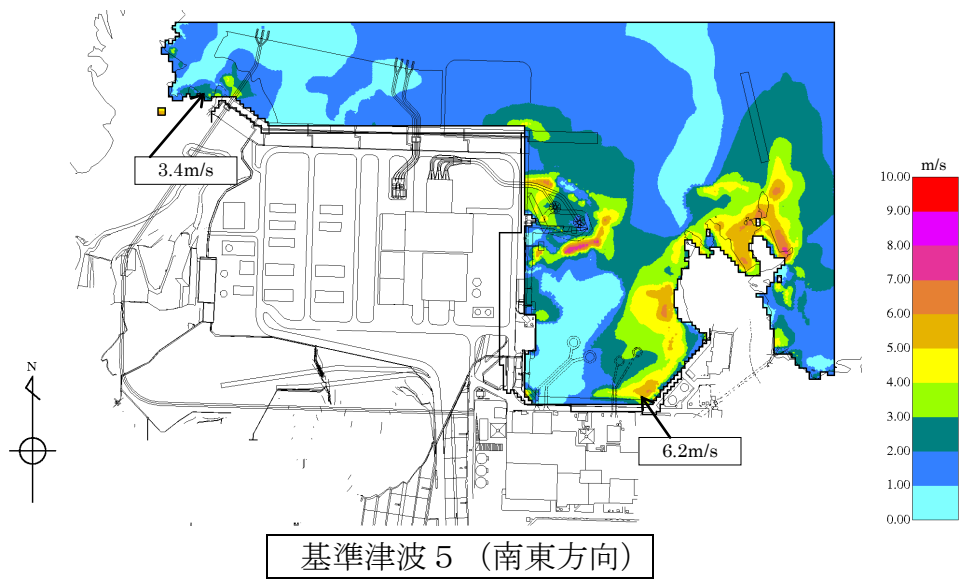


図8 基準津波 5 最大流速分布 (2 / 2)

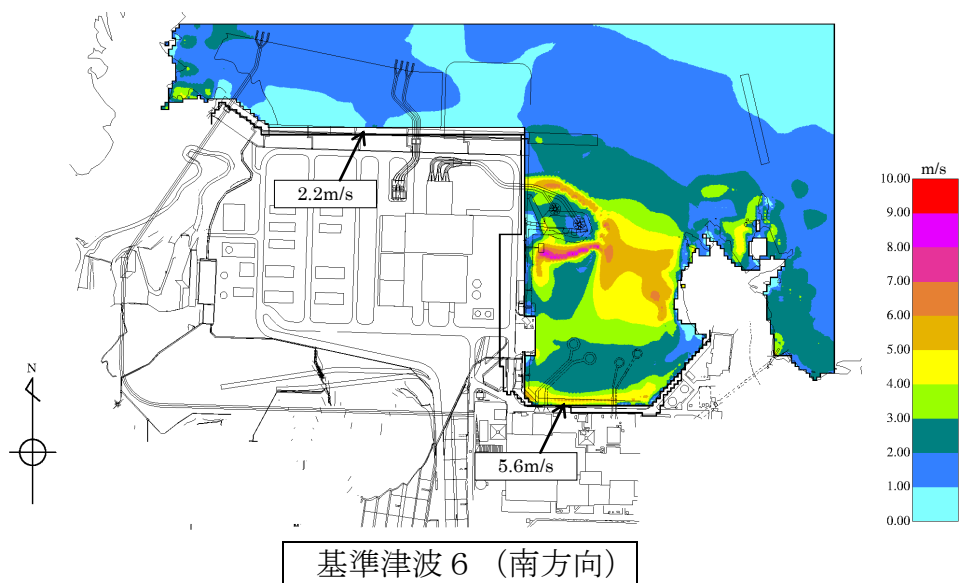
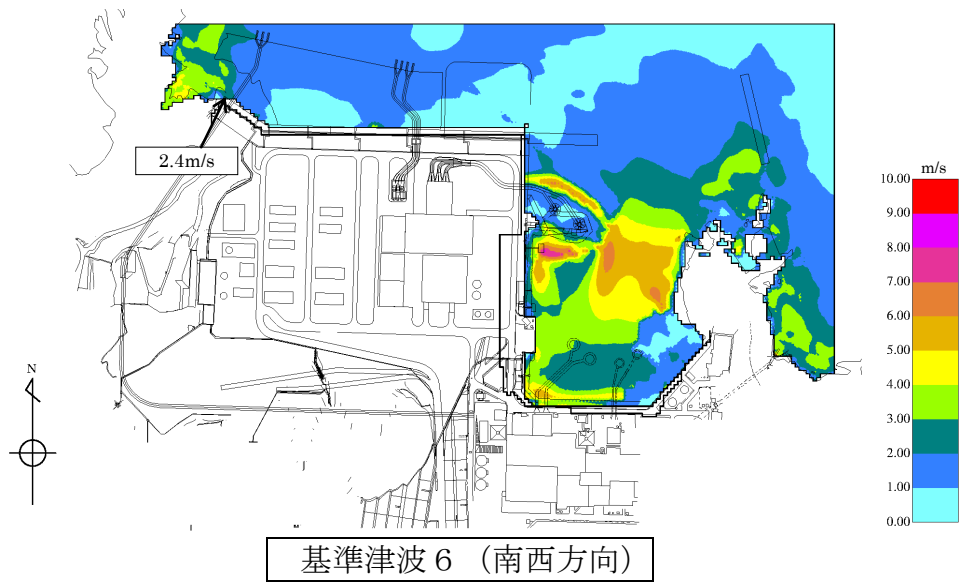
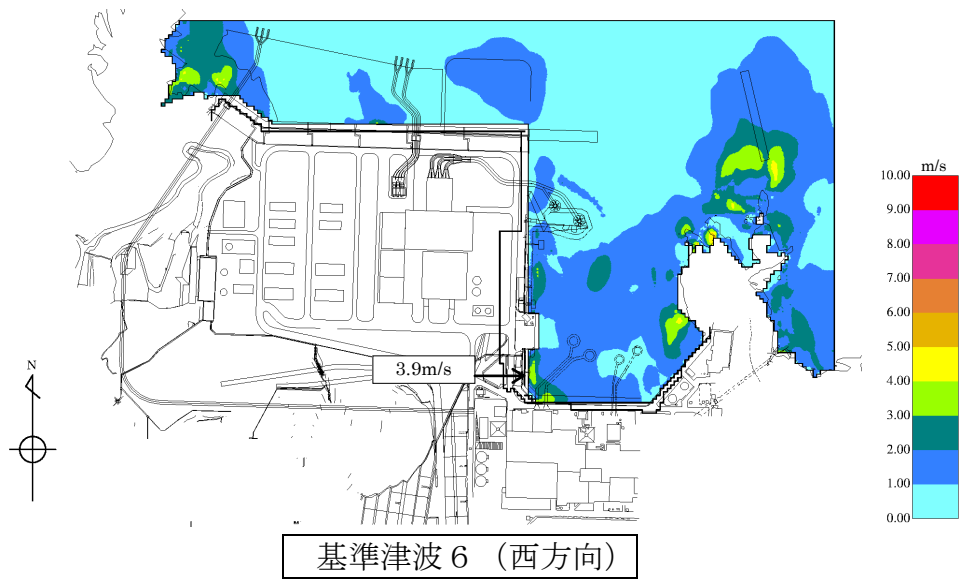


図9 基準津波6 最大流速分布 (1 / 2)

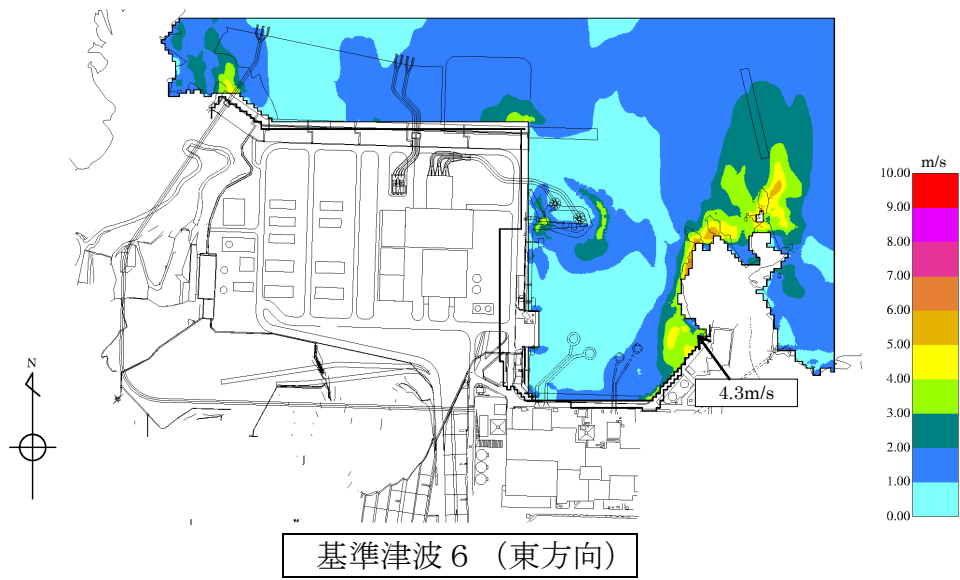
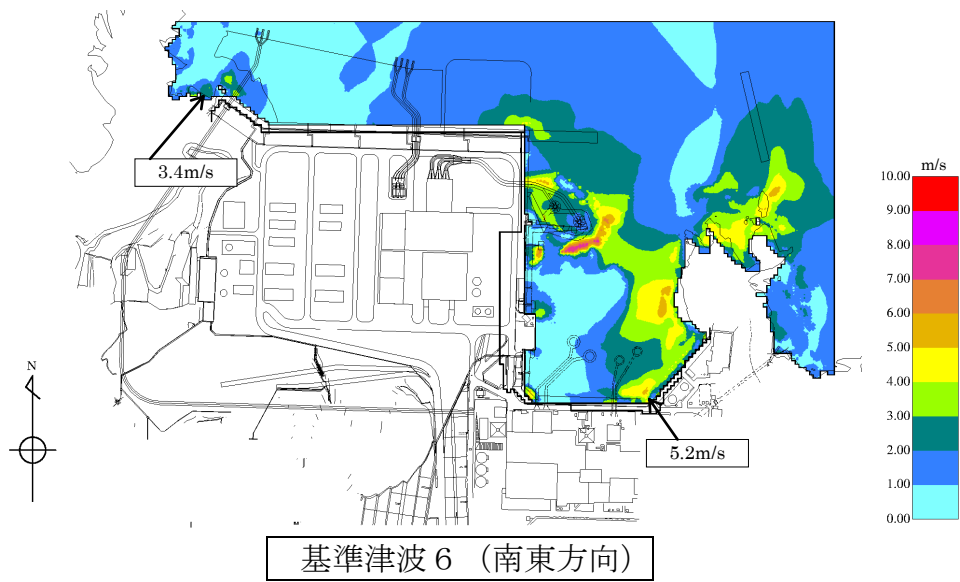
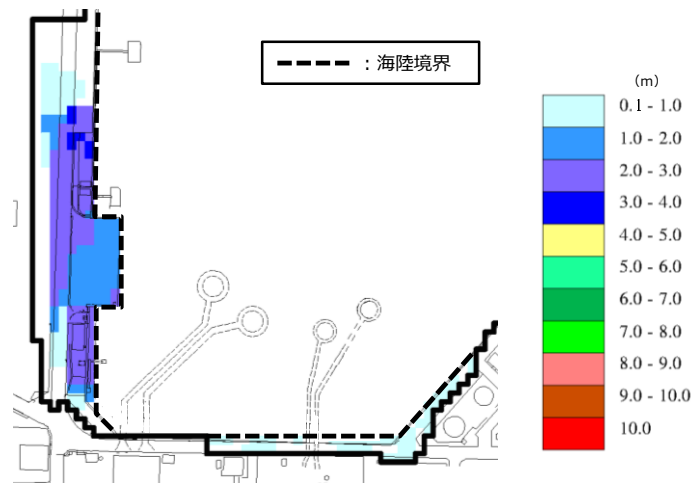


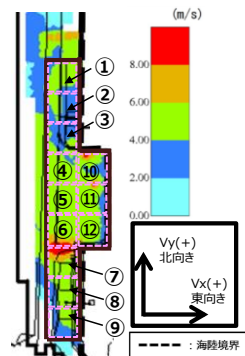
図9 基準津波 6 最大流速分布 (2 / 2)



基準津波 1 (防波堤無し)

各地点の流速評価結果

地点	Vx方向 最大流速 (m/s)	Vy方向 最大流速 (m/s)	全方向最大流速(m/s)		
			Vx方向 流速	Vy方向 流速	全方向流速 ($\sqrt{Vx^2+Vy^2}$)
1	-4.2	2.1	-4.2	1.9	4.6
2	-4.0	2.5	-4.0	1.4	4.2
3	-6.7	2.1	-6.7	-0.8	6.8
4	-3.6	3.7	-3.2	3.4	4.6
5	-3.6	3.8	-3.6	3.7	5.1
6	-5.5	4.1	-5.5	2.7	6.1
7	-11.8	3.4	-11.8	1.1	11.9
8	-5.3	1.5	-5.3	1.3	5.4
9	-5.9	1.9	-5.9	1.6	6.1
10	4.8	-7.6	4.8	-7.6	9.0
11	-8.9	2.5	-8.9	-1.2	9.0
12	-2.7	5.1	-1.4	5.1	5.3



(切上げの関係で値があわない場合がある)

図 10 基準津波 1 (防波堤無し) における荷揚場周辺の最大浸水深分布及び流速

基準類における衝突荷重算定式及び衝突荷重について

1. はじめに

島根原子力発電所において考慮する漂流物の衝突荷重の算定に当たり、島根原子力発電所における基準津波の津波特性を平面二次元津波シミュレーションより確認し、「2.5.2 (3) 基準津波に伴う取水口付近の漂流物に対する取水性確保」に示す取水口に対する漂流物の影響の評価プロセスより、漂流物衝突荷重の設定に考慮する漂流物を抽出するとともに、既往の衝突荷重の算定式とその根拠について整理した。

2. 基準類における衝突荷重算定式について

耐津波設計に係る工認審査ガイドにおいて挙げられている参考規格・基準類のうち、漂流物の衝突荷重又は衝突エネルギーについて記載されているものは、「道路橋示方書・同解説 I 共通編（平成 14 年 3 月）」と「津波漂流物対策施設設計ガイドライン（平成 26 年）」であり、それぞれ以下のように適用範囲・考え方、算定式を示している。

①道路橋示方書・同解説 I 共通編（(社) 日本道路協会，平成 14 年 3 月）

○適用範囲・考え方：

橋（橋脚）に自動車，流木あるいは船舶等が衝突する場合の衝突荷重を算定する式である。

○算定式：

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

ここに，P：衝突力（kN）

W：流送物の重量（kN）

v：表面流速（m/s）

②津波漂流物対策施設設計ガイドライン（沿岸技術研究センター，寒地研究センター，平成 26 年）

○適用範囲・考え方：

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

○算定式：

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

(船の回転により衝突エネルギーが消費される (1/4 点衝突) 場合

$$E = E' = W \times V^2 / (4g)$$

ここに、 $W = W_0 + W' = W_0 + (\pi / 4) \times (D^2 L \gamma_w)$

W：仮想重量 (kN)

W_0 ：排水トン数 (kN)

W' ：付加重量 (kN)

D：喫水 (m)

L：横付けの場合は船の長さ，縦付けの場合は船の幅 (m)

γ_w ：海水の単位体積重量 (kN/m³)

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

3. 漂流物の衝突荷重算定式の適用事例

安藤ら(2006)^{*1}によれば，南海地震津波による被害を想定して高知港を対象に，平面二次元津波数値シミュレーション結果に基づいた被害予測手法の検討を行い，特に漂流物の衝突による構造物の被害，道路交通網等アクセス手段の途絶について検討を行い，港湾全体における脆弱性評価手法を検討している。この中で荷役設備・海岸施設の漂流物による被害を検討するに当たって，漂流物の衝突力を算定しており，船舶に対しては道路橋示方書を採用している。

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

表－1 各施設の許容漂流速度

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

4. 漂流物による衝突力評価式に関する既往の研究論文

道路橋示方書等の基準類以外でも、漂流物による衝突力評価に対する研究が複数存在している。以下に、これらの研究概要を例示するが、木材やコンテナ等を対象とした事例が多く、船舶の衝突を考慮した事例は少ない。

○適用範囲・考え方：

「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」（東京大学生産技術研究所(2011)）では、「漂流物の衝突による建築物への影響の評価については、研究途上の段階であり、また、被害調査においても、被害をもたらした漂流物の詳細な情報を得ることは難しいため、既往の知見の検証は困難であった」としている。また、津波による漂流物が建築物に衝突する際の衝突力に関する研究を以下に示しているが、「対象としている漂流物は (a), (b), (d), (e)」が流木, (c), (d), (e) がコンテナである ((e) は任意の漂流物を対象としているものの実質流木とコンテナしか算定できない。)としている。

島根原子力発電所における漂流物としては、船舶を想定していることから評価式(a)～(e)については、その他の衝突荷重の算定式の適用性も踏まえて今後検討する。

○算定式(a) :

(a) 松富の評価式^{※2}

津波による円柱形上の流木が縦向きに衝突する場合の衝突力を次式のとおり提案している。

$$F_m = 1.6 \cdot C_{MA} \cdot \{ v_{A0} / (gD)^{0.5} \}^{1.2} \cdot (\sigma_f / \gamma L)^{0.4} \cdot (\gamma D^2 L)$$

ここに, F_m : 衝突力

C_{MA} : 見かけの質量係数

(段波・サージでは 1.7, 定常流では 1.9)

v_{A0} : 流木の衝突速度

D : 流木の直径

L : 流木の長さ

σ_f : 流木の降伏応力

γ : 流木の単位体積重量

g : 重力加速度

※2 松富英夫(1999) 流木衝突力の実用的な評価式と変化特性, 土木学会論文集, No621, pp. 111-127

○算定式(b) :

(b) 池野らの評価式^{※3}

円柱以外にも角柱, 球の形状をした木材による衝突力を次式のとおり提案している。

$$F_H = S \cdot C_{MA} \cdot \{ (V_H / (g^{0.5} D^{0.25} L^{0.25})) \}^{2.5} \cdot (gM)$$

ここに, F_H : 漂流物の衝突力 (kN)

S : 係数 (5.0)

C_{MA} : 見かけの質量係数

(円柱横向き : 2.0 (2次元), 1.5 (3次元),

角柱横向き : 2.0~4.0 (2次元), 1.5 (3次元),

円柱縦向き : 2.0程度, 球 : 0.8程度)

V_H : 段波速度 (m/s)

D : 漂流物の代表高さ (m)

L : 漂流物の代表長さ (m)

M : 漂流物の質量 (t)

g : 重力加速度

※3 池野正明・田中寛好(2003) 陸上遡上波と漂流物の衝突力に関する実験的研究, 海岸工学論文集, 第50巻, pp. 721-725

○算定式(c) :

(c) 水谷らの評価式^{※4}

津波により漂流するコンテナの衝突力を次式のとおり提案している。

$$F_m = 2 \rho_w \eta_m B_c V_x^2 + (WV_x / gdt)$$

ここに, F_m : 漂流衝突力 (kN)

dt : 衝突時間 (s)

η_m : 最大遡上水位 (m)

ρ_w : 水の密度 (t/m^3)

B_c : コンテナ幅 (m)

V_x : コンテナの漂流速度 (m/s)

W : コンテナ重量 (kN)

g : 重力加速度

※4 水谷法美・高木祐介・白石和睦・宮島正悟・富田孝史 (2005) エプロン上のコンテナに作用する津波波力と漂流衝突力に関する研究, 海岸工学論文集, 第 52 巻, pp. 741-745

○算定式(d) :

(d) 有川らの評価式^{※5}

コンクリート構造物に鋼構造物 (コンテナ等) が漂流衝突する際の衝突力を次式のとおり提案している。

$$F = \gamma_p \chi^{2/5} \{(5/4)m\}^{3/5} v^{6/5}$$

$$\chi = \{4\sqrt{a/3\pi}\} \{1/(k_1+k_2)\}$$

$$k = (1-\nu^2)/(\pi E)$$

$$m = (m_1 m_2) / (m_1 + m_2)$$

ここに, F : 衝突力

a : 衝突面半径の 1/2 (コンテナ衝突面の縦横長さの平均の 1/4)

E : ヤング率 (コンクリート板)

ν : ポアソン比

m : 質量

v : 衝突速度

γ_p : 塑性によるエネルギー減衰効果 (0.25)

m や k の添え字は衝突体と被衝突体を示す。

※5 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, pp. 846-850

○算定式(e)：

(e) FEMA の評価式^{※6}

漂流物による衝突力を正確に評価するのは困難としながら、以下の式を一例として示している。

$$F_i = 1.3u_{\max}\sqrt{\{km(1+c)\}}$$

ここに、 F_i ：衝突力(kN)

u_{\max} ：最大流速(m/s)

m ：漂流物の質量

c ：付加質量係数

k ：漂流物の有効剛性(kN/m²)

※6 FEMA (2012) Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis Second Edition, FEMA P-646.

5. 基準津波の特性(流向・流速)

漂流物の衝突荷重算定に用いる流速は、津波の流速に支配されることから、漂流物の漂流速度として津波の流速を用いる。

平面二次元津波シミュレーション結果より、島根原子力発電所の津波防護施設に対して、日本海東縁部に想定される地震による津波（基準津波1）及び海域活断層から想定される地震による津波（基準津波4）における津波高さ及び流況（流向・流速）を確認した。

日本海東縁部に想定される地震による津波（基準津波1）に対して入力津波高さはE L. +11.9m、海域活断層から想定される地震による津波（海域活断層上昇側最大ケース[※]）に対して入力津波高さはE L. +4.2mである。

ここで、施設護岸港湾内及び港湾外の防波壁前面における、最大流速発生時の流況確認結果を表-2に示す。

※海域活断層上昇側最大ケースの津波は、基準津波4が水位下降側の津波として策定したものであることを踏まえ、津波の到達有無を評価したうえで、津波荷重と余震荷重の組合せの要否を判断するために設定したものであり、施設護岸又は防波壁において海域活断層から想定される地震による津波の最大水位を示す。

表-2 最大流速発生時の流況

	対象箇所 ^{※1}	基準津波 ^{※1}	流向 ^{※1}	最大流速 ^{※1}	発生時刻
日本海東縁部に想定される地震による津波（基準津波1）	施設護岸港湾外防波壁前面	基準津波1（防波堤あり）	南	9.0m/s	181分27.10秒
	施設護岸港湾内防波壁前面	基準津波1（防波堤なし）	南東	9.0m/s	192分40.85秒
海域活断層から想定される地震による津波（基準津波4）	施設護岸港湾外防波壁前面	基準津波4（防波堤あり）	南西	3.3m/s	5分47.25秒
	施設護岸港湾内防波壁前面	基準津波4（防波堤なし）	東・南東 ^{※2}	2.4m/s	7分22.30秒

※1 5条-別添1-添付18「漂流物の評価において考慮する津波の流速・流向について」参照

※2 代表として流向が東のケースについて、水位分布と流向・流速ベクトル図及び流速分布図を示す。

表-2に示す各対象箇所の最大流速発生時刻近傍（最大時刻，最大時刻前後30秒）における水位分布と流向・流速ベクトル図，及び最大流速発生時刻における流速分布図を図-1～16に示す。

【基準津波1（防波堤あり）_施設護岸港湾外防波堤前面】

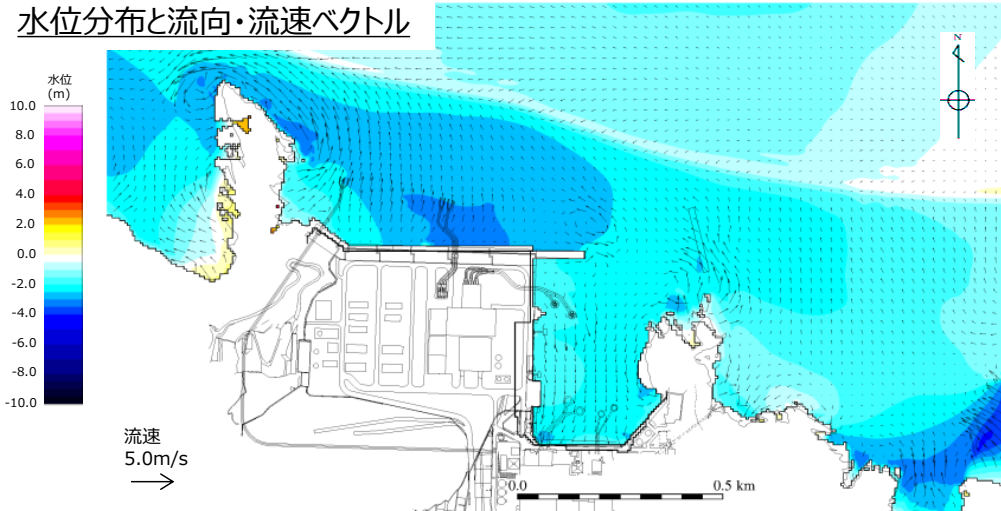


図-1 水位分布と流向・流速ベクトル(180分57.10秒：最大流速発生時刻-30秒)

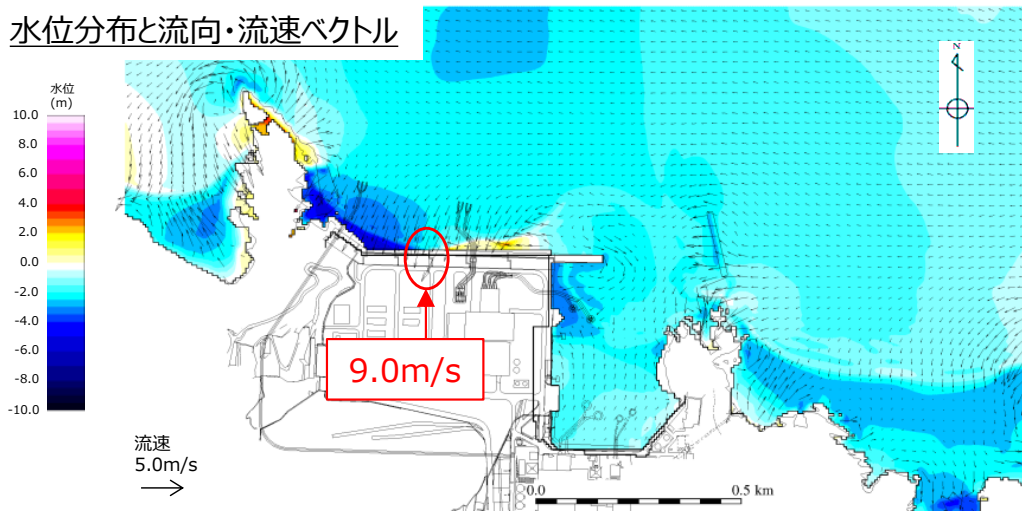


図-2 水位分布と流向・流速ベクトル(181分27.10秒：最大流速発生時刻)

水位分布と流向・流速ベクトル

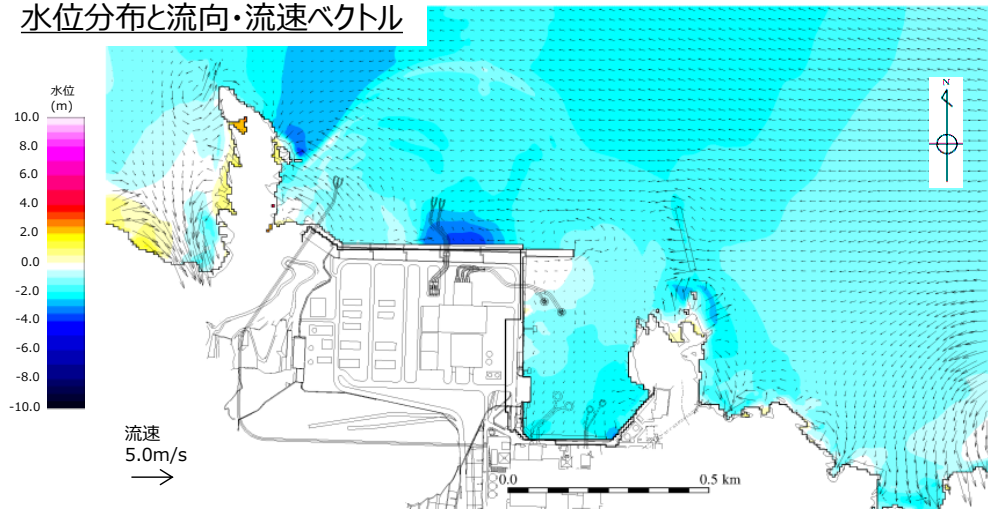


図-3 水位分布と流向・流速ベクトル(181分57.10秒：最大流速発生時刻+30秒)

流速分布

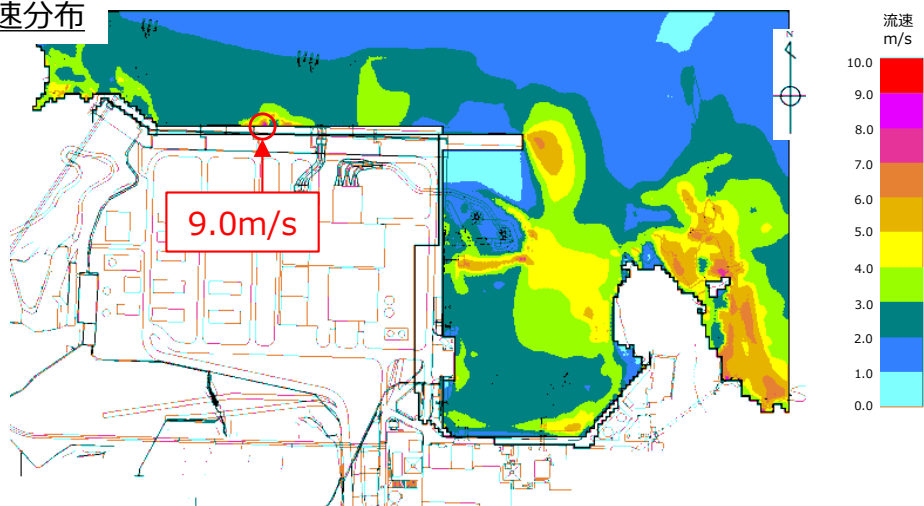


図-4 流速分布_南方向(181分27.10秒：最大流速発生時刻)

【基準津波1(防波堤なし)_施設護岸港湾内防波壁前面】

水位分布と流向・流速ベクトル

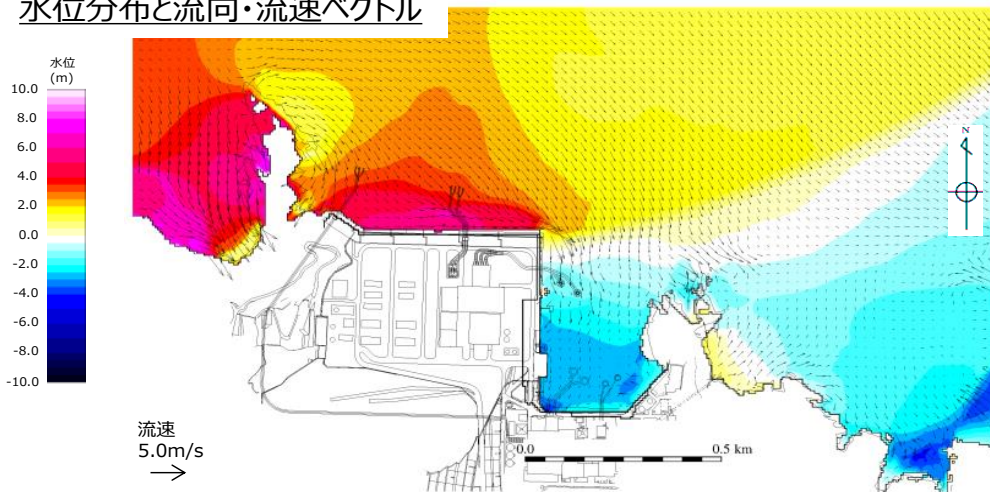


図-5 水位分布と流向・流速ベクトル(192分10.85秒：最大流速発生時刻-30秒)

水位分布と流向・流速ベクトル

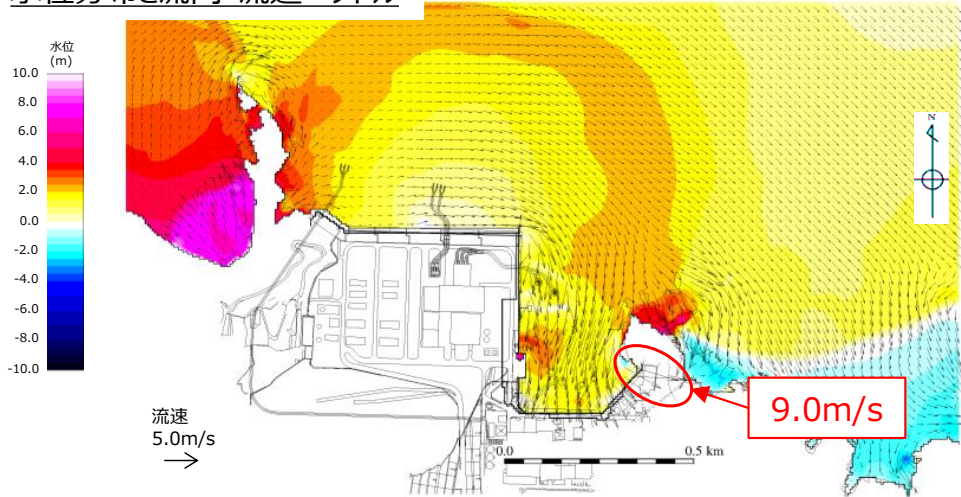


図-6 水位分布と流向・流速ベクトル(192分 40.85秒：最大流速発生時刻)

水位分布と流向・流速ベクトル

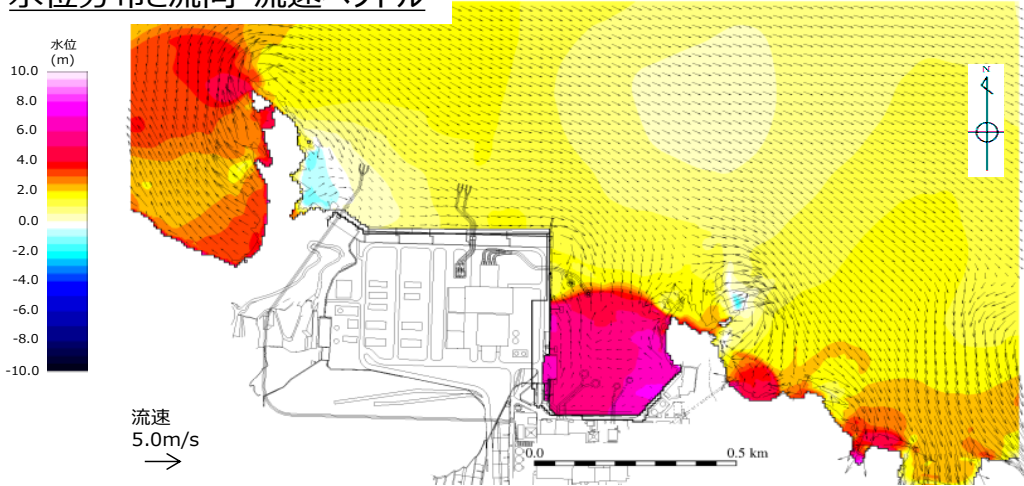


図-7 水位分布と流向・流速ベクトル(193分 10.85秒：最大流速発生時刻+30秒)

流速分布

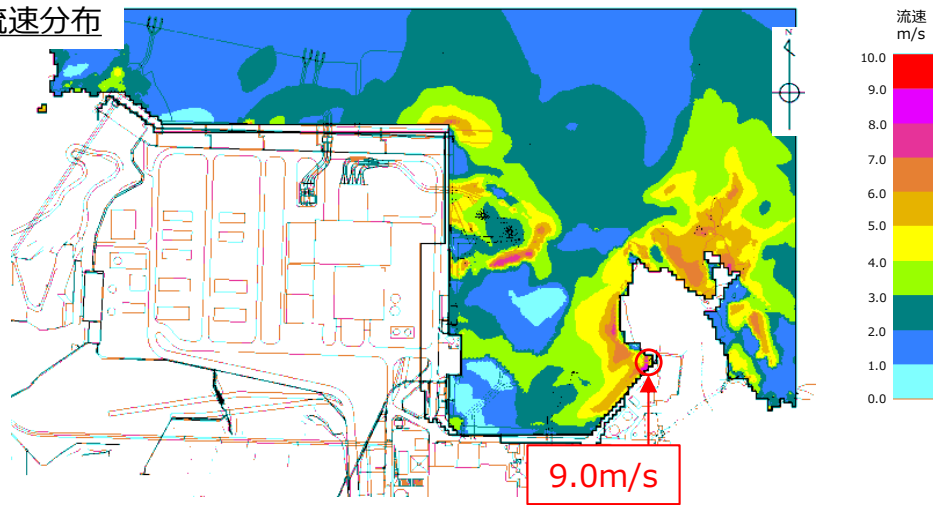


図-8 流速分布_南東方向(192分 40.85秒：最大流速発生時刻)

【基準津波 4(防波堤あり)_施設護岸港湾外防波壁前面】

水位分布と流向・流速ベクトル

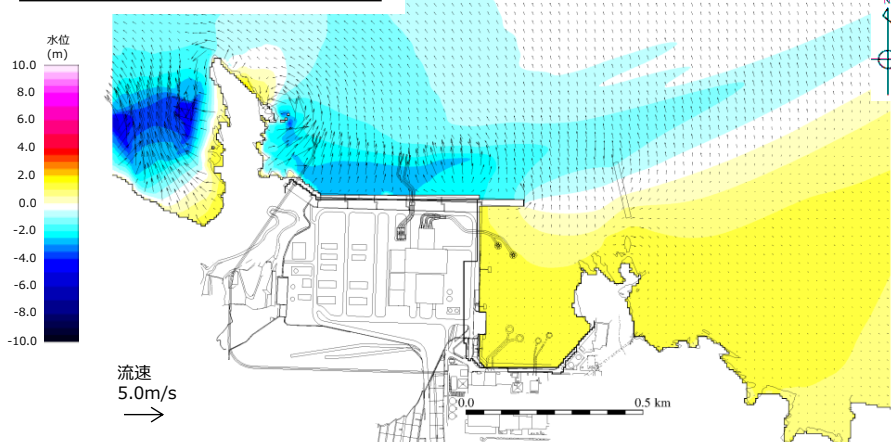


図-9 水位分布と流向・流速ベクトル(5分 17.25 秒：最大流速発生時刻-30 秒)

水位分布と流向・流速ベクトル

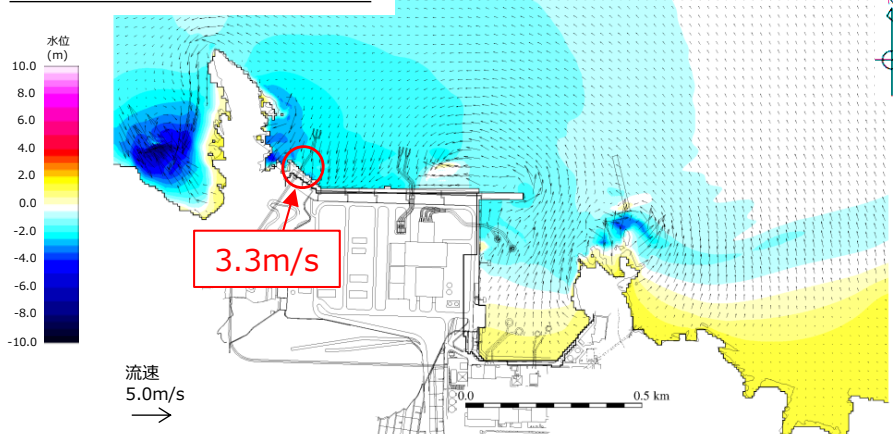


図-10 水位分布と流向・流速ベクトル(5分 47.25 秒：最大流速発生時刻)

水位分布と流向・流速ベクトル

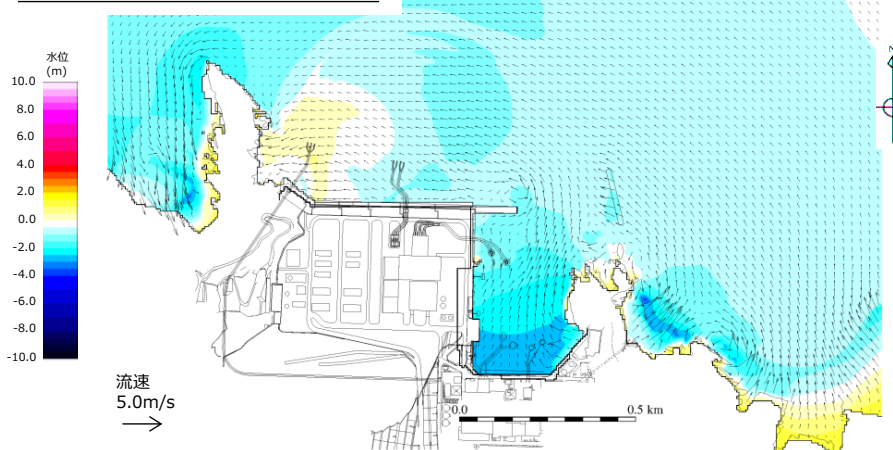
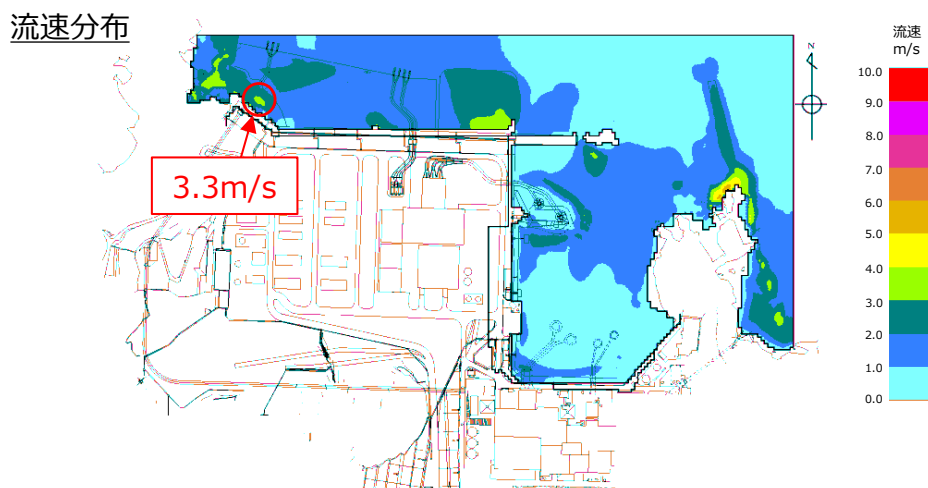
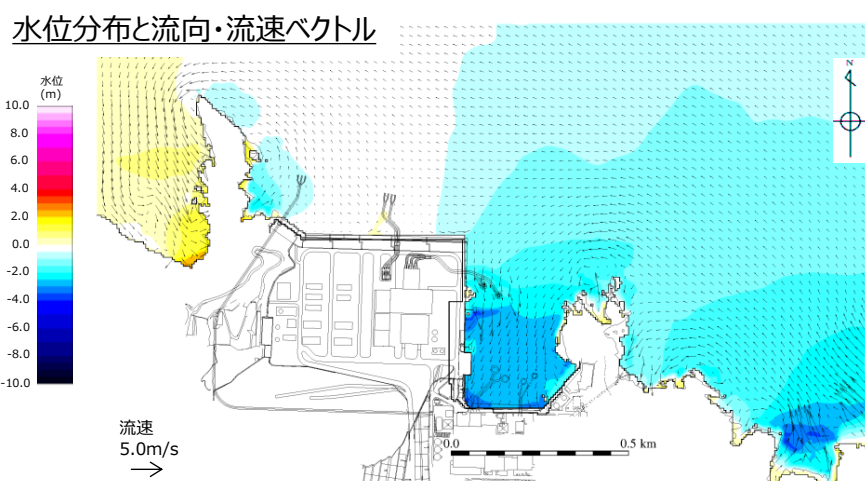


図-11 水位分布と流向・流速ベクトル(6分 17.25 秒：最大流速発生時刻+30 秒)

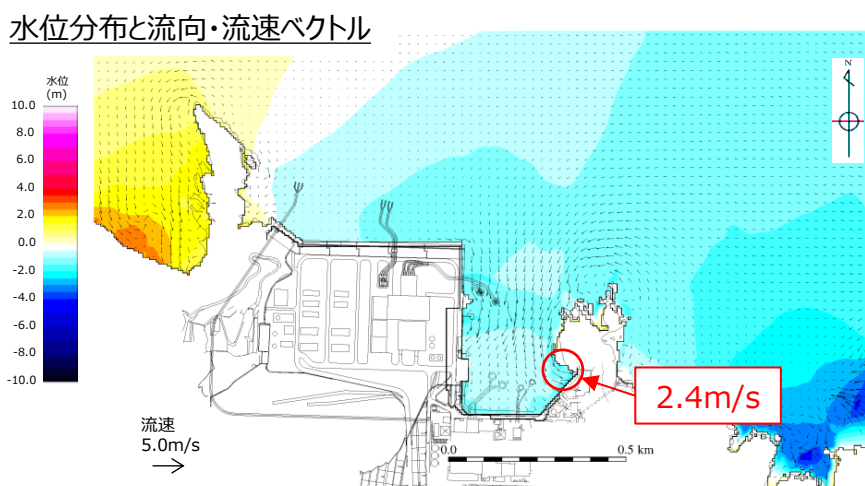


図一 1 2 流速分布_南西方向(5分 47.25秒 : 最大流速発生時刻)

【基準津波 4(防波堤なし)_施設護岸港湾内防波壁前面】

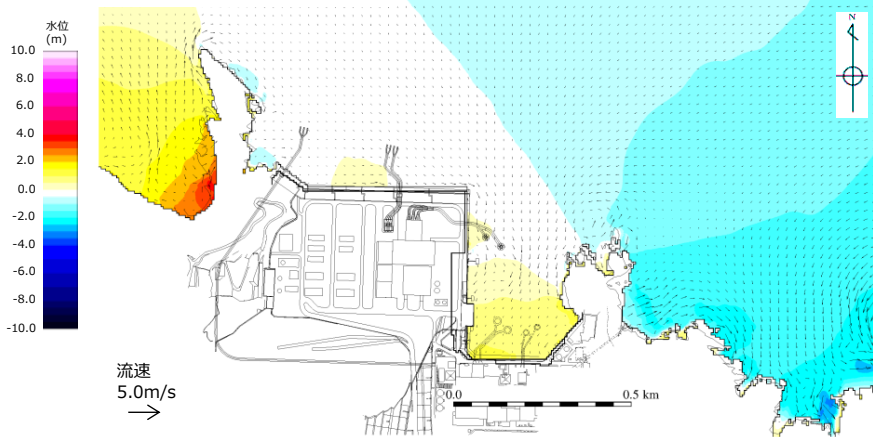


図一 1 3 水位分布と流向・流速ベクトル(6分 52.30秒 : 最大流速発生時刻-30秒)



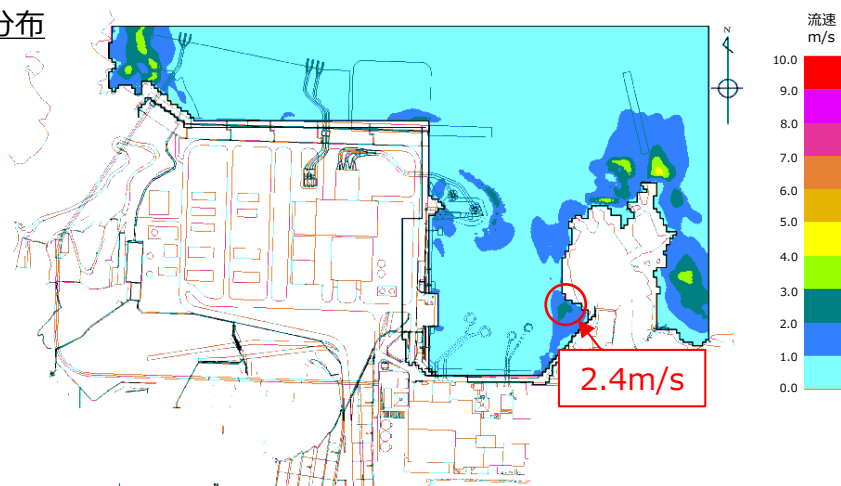
図一 1 4 水位分布と流向・流速ベクトル(7分 22.30秒 : 最大流速発生時刻)

水位分布と流向・流速ベクトル



図一 1 5 水位分布と流向・流速ベクトル(7分 52.30 秒 : 最大流速発生時刻+30 秒)

流速分布

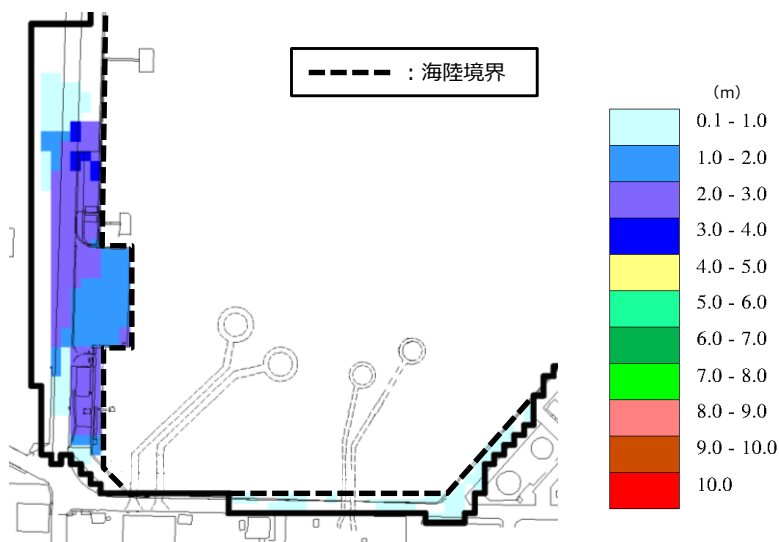


図一 1 6 流速分布_東方向(7分 22.30 秒 : 最大流速発生時刻)

また、日本海東縁部に想定される地震による津波（基準津波1）に対して、保守的に荷揚場周辺を沈下（防波壁前面を一律1 m沈下させる）させた場合の荷揚場付近の最大浸水深分布*を図-17に示す。

荷揚場周辺における流速評価結果を表-3に示しており、遡上域における最大流速を示す地点における8.0m/sを超える時間は極めて短い（1秒以下である）が、最大流速は11.9m/s*が確認された。

※5条-別添1-添付31「施設護岸の漂流物評価における遡上域の範囲及び流速について」参照

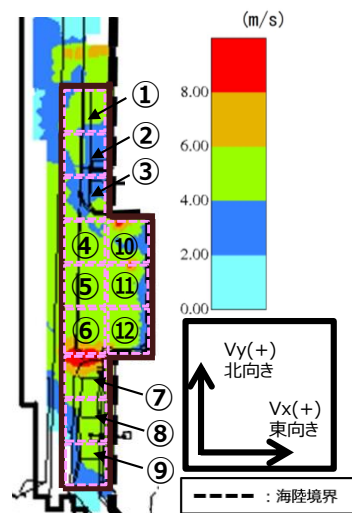


基準津波1（防波堤無し）

図-17 荷揚場付近の最大浸水深分布

表-3 荷揚場周辺における流速評価結果

地点	Vx方向 最大流速 (m/s)	Vy方向 最大流速 (m/s)	全方向最大流速(m/s)		
			Vx方向 流速	Vy方向 流速	全方向流速 ($\sqrt{Vx^2+Vy^2}$)
1	-4.2	2.1	-4.2	1.9	4.6
2	-4.0	2.5	-4.0	1.4	4.2
3	-6.7	2.1	-6.7	-0.8	6.8
4	-3.6	3.7	-3.2	3.4	4.6
5	-3.6	3.8	-3.6	3.7	5.1
6	-5.5	4.1	-5.5	2.7	6.1
7	-11.8	3.4	-11.8	1.1	11.9
8	-5.3	1.5	-5.3	1.3	5.4
9	-5.9	1.9	-5.9	1.6	6.1
10	4.8	-7.6	4.8	-7.6	9.0
11	-8.9	2.5	-8.9	-1.2	9.0
12	-2.7	5.1	-1.4	5.1	5.3



（切上げの関係で値があわない場合がある）

6. 対象漂流物の配置位置及び種類等

日本海東縁部に想定される地震による津波及び海域活断層から想定される地震による津波に対する津波防護施設の評価において、基本とする設計条件として設定する対象漂流物とその配置及び船舶の操業エリアを表-4、表-5、図-18及び図-19に示す。また、津波防護施設における漂流物配置を図-20に示す。

対象漂流物のうち漁船については、基本とする設計条件に加え、島根原子力発電所周辺海域で操業する漁船の漁業法の制限等を踏まえて漁船の総トン数、操業区域及び航行の不確かさを考慮し、津波防護施設の評価に総トン数19トンの漁船を対象とする。

漂流物の津波防護施設への到達可能性については、「2.5.2 (3) 基準津波に伴う取水口付近の漂流物に対する取水性確保」参照。

表-4 津波防護施設に考慮する漂流物について

津波防護施設	基本とする設計条件として設定する対象漂流物		不確かさを考慮した設計条件として設定する対象漂流物(漁船)	
	日本海東縁部に想定される地震による津波	海域活断層から想定される地震による津波	日本海東縁部に想定される地震による津波	海域活断層から想定される地震による津波
輪谷湾内に面する津波防護施設 対象：波返重力擁壁（輪谷部） 逆T擁壁 多重鋼管杭式擁壁 防波壁通路防波扉	対象：キャスク取扱収納庫 ^{※1,2} 3トン漁船 種類：鋼製構造物（鋼製） 船舶（FRP製） 質量：約4.3t×2基, 約9t	対象：10トン作業船 ^{※1} 3トン漁船 種類：船舶（FRP製） 質量：約30t, 約9t	対象：19トン漁船 種類：船舶（FRP製） 質量：約57t	
外海に面する津波防護施設 対象：波返重力擁壁（北側）	対象：10トン漁船 種類：船舶（FRP製） 質量：約30t	対象：10トン作業船 ^{※1} 10トン漁船 種類：船舶（FRP製） 質量：約30t		

※1：詳細設計段階において、キャスク取扱収納庫の撤去や作業船の変更等の対策を踏まえ、対象漂流物を選定
 ※2：2基が隣接して設置されているため、2基分の衝突を考慮

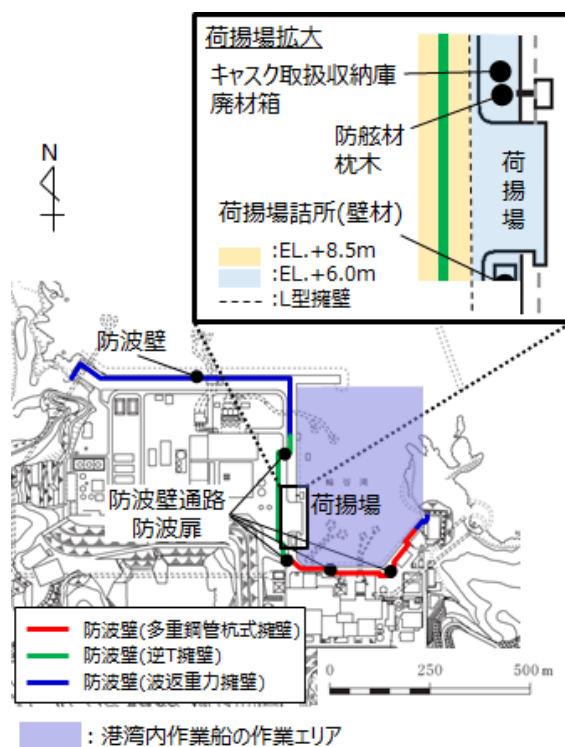


図-18 漂流物の配置（港湾内に面する津波防護施設に考慮する）

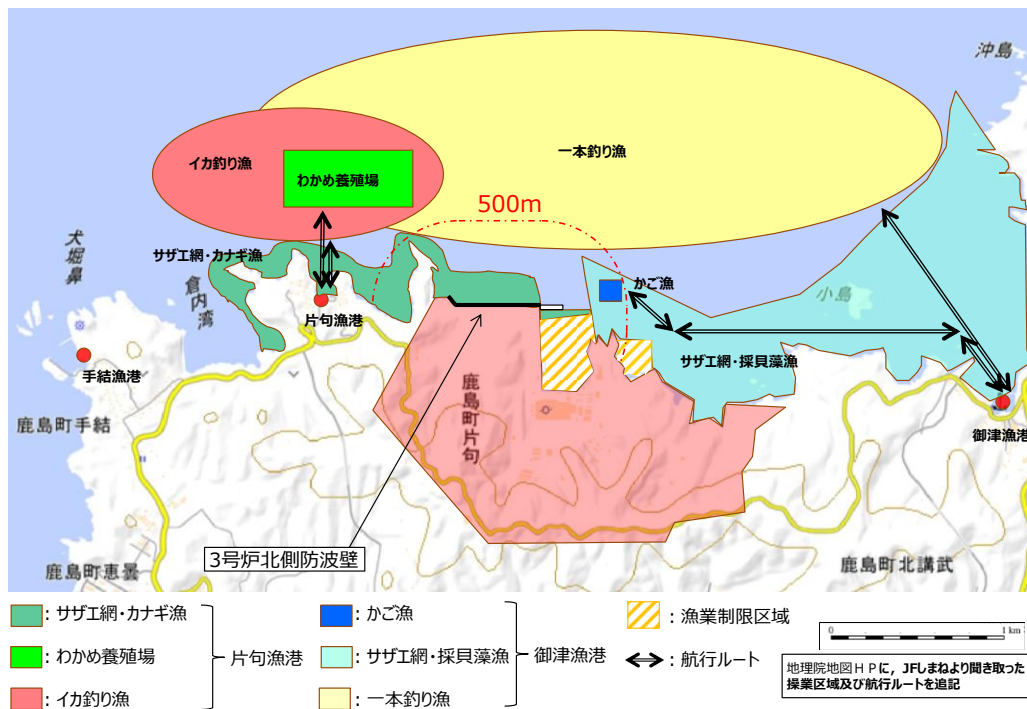
表－5（1） 発電所沿岸で操業する漁船※¹

名称	施設護岸からの距離	目的	漁港	総トン数(質量)	数量(隻)
漁船	約500m以内※ ³	サザエ網・カナギ漁※ ²	片句漁港	1トン未満(3t未満)	13
		サザエ網・採貝藻漁	御津漁港	1トン未満(3t未満)	18
				2トン未満(6t未満)	6
		一本釣り漁	片句漁港	1トン未満(3t未満)	13
	かご漁	片句漁港	3トン未満(9t未満)	1	
	約500m以遠※ ³	わかめ養殖	片句漁港	1トン未満(3t未満)	7
		イカ釣り漁	片句漁港	5トン未満(15t未満)	7
				8トン未満(24t未満)	3
				10トン未満(30t未満)	3

※¹ 漂流物調査は、まとめ資料別添1 添付資料15「津波漂流物の調査要領について」に基づき実施。

※² 輪谷湾内で総トン数0.4～0.7トンの漁船が年5回程度操業する。

※³ 施設護岸から500m程度離れた位置では流速が1m/s程度と小さいことを踏まえ、施設護岸から約500m以内と以遠の2つに区分した。



図－19（1） 発電所沿岸で操業する漁船の操業エリア

表－5（2） 発電所沖合で操業する漁船（総トン数10トン以上）※¹

名称	目的	漁港	総トン数(質量)	数(隻)
漁船	イカ釣り漁※ ²	恵曇漁港	約19トン(約57t)	2
	底引き網漁	恵曇漁港	約15トン(約45t)	2
	一本釣り漁	片句漁港	約10トン(約30t)	3
	定置網漁①	恵曇漁港	約10トン(約30t)	1
			約19トン(約57t)	1
定置網漁②	御津漁港	約12トン(約36t)	1	

※¹ 漂流物調査は、まとめ資料別添1 添付資料15「津波漂流物の調査要領について」に基づき実施。

※² 島根県漁業調整規則に基づき、島根県知事が総トン数10トン以上の漁船によるイカ釣り漁業の操業禁止区域（最大高潮時海岸線から10海里(約18km)内における操業を禁止）を定めている。（漁業調整規則：漁業法等に基づき、各都道府県知事が定める規則）

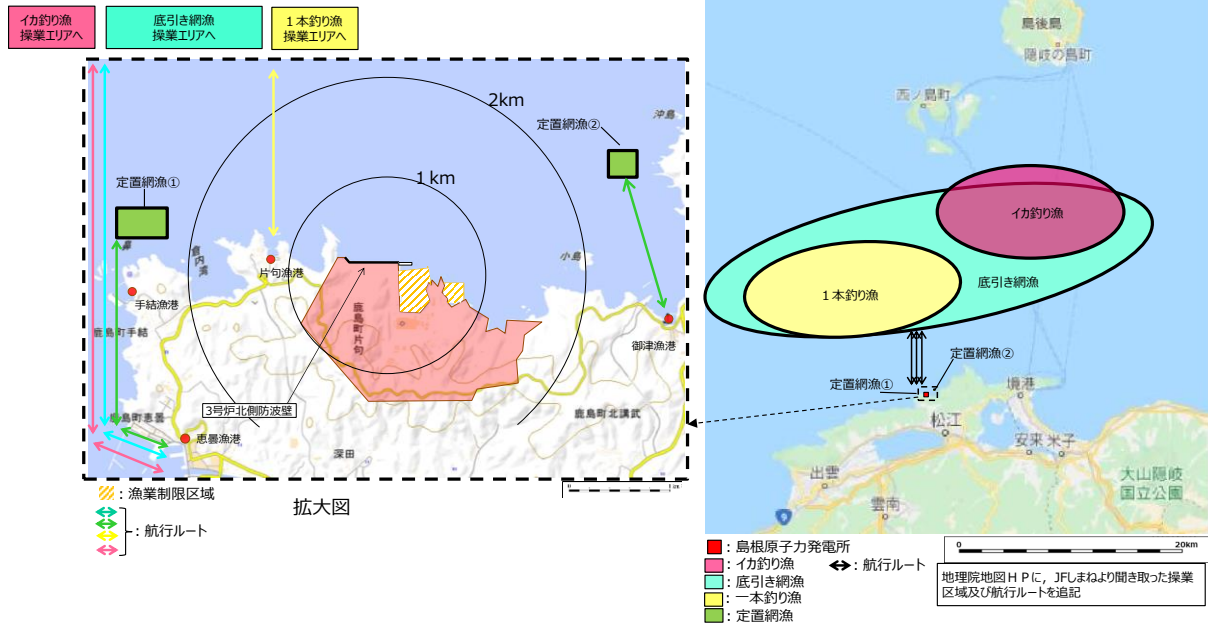
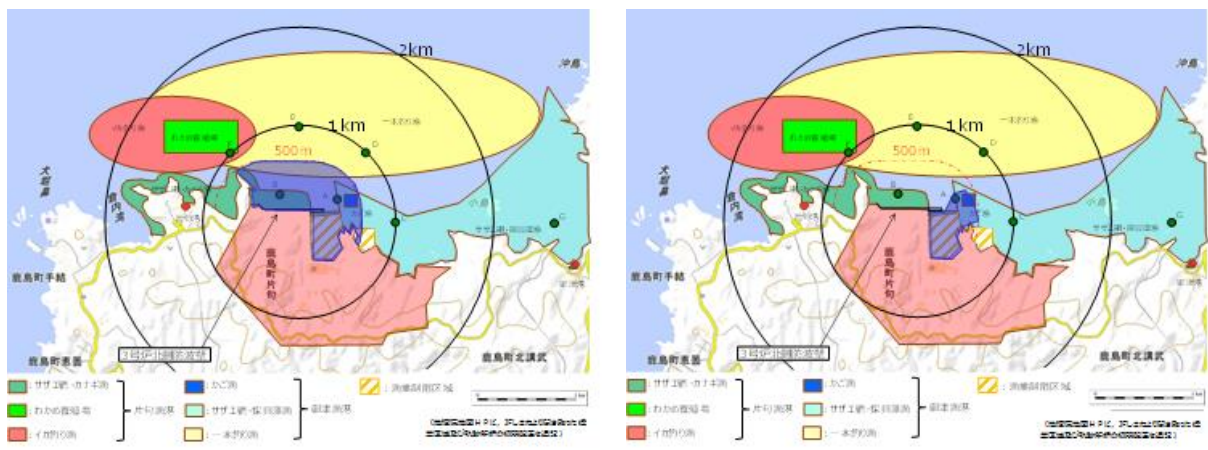
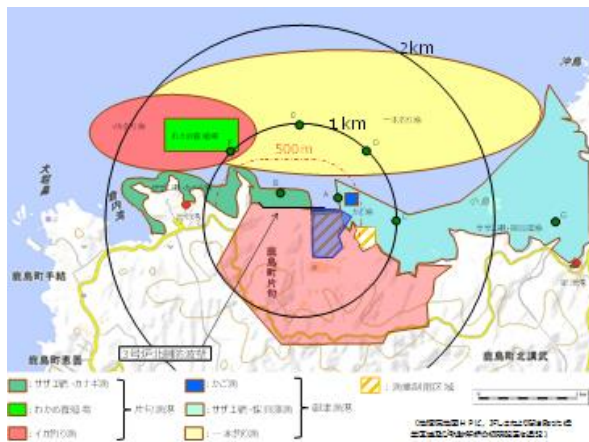


図-19 (2) 発電所沖合で操業する漁船（総トン数10トン以上）の操業エリア



防波壁（波返重力擁壁）

防波壁（逆T擁壁）



防波壁（多重鋼管杭式擁壁）

■：津波防護施設から500mの範囲

図-20 津波防護施設における漂流物配置

7. 既往の漂流物荷重算定式の整理

漂流物荷重算定式は、運動量理論に基づく推定式や実験に基づく推定式等があり、対象漂流物の種類や仕様により適用性が異なるため、既往の荷重算定式を整理した。ここで、表－6に算定式のまとめ一覧を示す。

表－6 漂流物荷重算定式のまとめ

	出典	種類	概要	算定式の根拠（実験条件）
①	松富ほか(1999)	流木	津波による流木の衝突力を提案している。本式は円柱形状の流木が縦向きに衝突する場合の衝突力評価式である。	「実験に基づく推定式」 ・見かけの質量係数に関する水路実験 ・衝突荷重に関する空中での実験 水理模型実験及び空中衝突実験において、流木(植生林ではない丸太)を被衝突体の前面(2.5m以内)に設置した状態で衝突させている。
②	池野・田中(2003)	流木	円柱以外にも角柱、球の形状をした木材による衝突力を提案している。	「実験に基づく推定式」(縮尺1/100の模型実験)受圧板を陸上構造物と想定し、衝突体を受圧板前面80cm(現地換算80m)離れた位置に設置した状態で衝突させた実験である。模型縮尺(1/100)を考慮した場合、現地換算で直径2.6～8mの仮定となる。
③	道路橋示方書(2002)	流木等	橋(橋脚)に自動車、流木あるいは船舶等が衝突する場合の衝突力を定めている。	漂流物が流下(漂流)してきた場合に、表面流速(津波流速)を与えることで漂流流速に対する荷重を算定できる。
④	津波漂流物対策施設設計ガイドライン(2014)	漁船等	漁船の仮想重量と漂流物流速から衝突エネルギーを提案している。	「漁港・漁場の施設の設計の手引」(2003)に記載されている、接岸エネルギーの算定式に対し、接岸速度を漂流物速度とすることで、衝突エネルギーを算定。
⑤	FEMA(2012)	流木・コンテナ	漂流物による衝突力を正確に評価するのは困難としながら、一例として評価式を示している。	「運動方程式に基づく衝突力方程式」非減衰系の振動方程式に基づいており、衝突体及び被衝突体の両方とも完全弾性体としている。
⑥	水谷ほか(2005)	コンテナ	津波により漂流するコンテナの衝突力を提案している。	「実験に基づく推定式」(縮尺1/75の模型実験)使用コンテナ:長さを20ftと40ft,コンテナ重量:0.2N～1.3N程度遡上流速:1.0m/s以下,材質:アクリル
⑦	有川ほか(2007)	流木・コンテナ	コンクリート構造物に鋼製構造物(コンテナ等)が漂流衝突する際の衝突力を提案している。	「接触理論に基づく推定式」(縮尺1/5の模型実験)使用コンテナ:長さ1.21m,高さ0.52m,幅0.49m衝突速度:1.0～2.5m/s程度,材質:鋼製

8. 詳細設計段階における漂流物衝突荷重の設定方針

漂流物衝突荷重（以下、衝突荷重）については、漂流物が津波と遭遇する位置や漂流物の種類・仕様が衝突荷重の大きさに関係することから、詳細設計段階において以下のとおり検討する。

- 津波防護施設の評価において、基本とする設計条件として設定する対象漂流物は、漂流物評価結果及び対策等を踏まえて決定する。
- 衝突荷重の算定に当たっては、漂流物の位置、種類、仕様、ソリトン分裂波・砕波の発生の有無等に応じて、既往の衝突荷重の算定式や非線形構造解析を適切に選定する。
- 衝突荷重の主な影響因子として、「対象漂流物、衝突速度、衝突位置、荷重組合せ」を抽出した。衝突荷重の評価に当たっては、表－7のとおり設計上の考慮を行う。
- 衝突荷重の影響を踏まえ、津波防護施設の各部位の照査の結果、津波防護施設本体の性能目標を維持することを確認し、維持できない場合は漂流物対策を講じる。

表－7 詳細設計段階における設計上の考慮

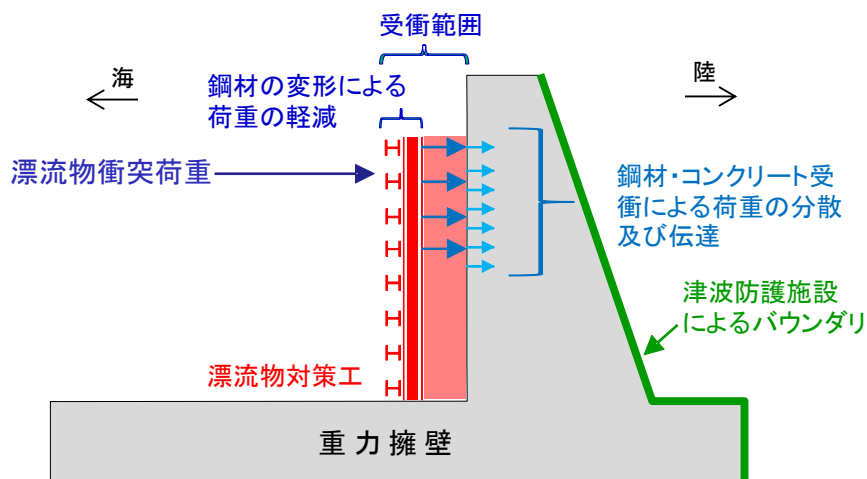
影響因子	詳細設計段階における設計上の考慮
対象漂流物	・対象漂流物のうち漁船については、基本とする設計条件に加え、島根原子力発電所周辺海域で操業する漁船の漁業法の制限等を踏まえた漁船の総トン数、操業区域及び航行の不確かさを考慮して、総トン数19トンの漁船を対象とする（表－4参照）。
衝突速度	・衝突荷重算定に用いる衝突速度は、津波防護施設に対する直交方向の最大流速より設定する。日本海東縁部に想定される地震による津波では、最大流速（0.4m/s～9.0m/s）から最大値9.0m/sを抽出し、全線にわたり安全側に10.0m/sとする。なお、荷揚場周辺においては、遡上する津波の継続時間や流向等を考慮して11.9m/sを用いる。また、海域活断層から想定される地震による津波では、最大流速（0.1m/s～3.3m/s）から最大値3.3m/sを抽出し、全線にわたり安全側に4.0m/sとする（表－2,3参照参照）。
衝突位置（標高）	・衝突荷重が作用する位置は、津波防護施設全線において安全側に最大津波高さ（入力津波高さに高潮ハザードの裕度を加えた高さ含む）を用いる。なお、海域活断層から想定される地震による津波においては、入力津波高さより深の防波壁の部位においても漂流物が衝突するものとして照査する。
荷重組合せ	・不確かさを考慮した漂流物についても、最大津波流速と津波高さを組合せて衝突荷重を算定する。 ・衝突荷重と津波荷重の最大荷重が同時に作用する組合せとする。

漂流物対策工を設置する場合は、漂流物衝突荷重を受け持つこと、又は漂流物衝突荷重を軽減・分散させること等が可能な構造とする。

漂流物対策工に期待する効果及び効果を発揮するためのメカニズムを表－8、図－21に示しており、漂流物対策工は、漂流物衝突荷重を踏まえて、各部材を適切に組み合わせて漂流物対策工の仕様を決定する。

表－8 漂流物対策工に期待する効果及び効果を発揮するためのメカニズム

期待する効果	効果を発揮するためのメカニズム	部材（材質）
・漂流物の衝突荷重を軽減する。	・漂流物が衝突した際に、変形することにより衝突エネルギーを吸収する。	鋼材
・漂流物衝突荷重を受け持つ、又は分散して伝達する。	・漂流物対策工を構成する部材が、漂流物の衝突荷重を受撃することで、漂流物対策工のみで衝突荷重を受け持つ、又は漂流物対策工の構成部材により分散した荷重を背後の津波防護施設本体に伝達する。	鋼材 コンクリート
・漂流物衝突による津波防護施設の局所的な損傷を防止する。	・漂流物を漂流物対策工が受撃することで、津波防護施設まで到達・貫入しない。	鋼材 コンクリート



図－２１ 防波壁（波返重力擁壁）の漂流物対策工における荷重図（例）

漂流物対策工の役割及び設計方針概要を以下に示す。

- ・津波防護施設本体の性能目標である「概ね弾性状態に留まること」を確保するため、漂流物対策工に表－８に記載の効果を期待することとし、漂流物対策工を津波防護施設の一部として位置づける。
- ・鋼材の性能目標として鋼材が破断しないこと、またコンクリートの性能目標としてコンクリート全体がせん断破壊しないこととする。
- ・検討ケースは、荷重の組合せを考慮し、表－９のとおり実施する。

表－９ 漂流物対策工の検討ケース

検討ケース	荷重の組合せ※
地震時	常時荷重＋地震荷重
津波時	常時荷重＋津波荷重＋漂流物衝突荷重 (海域活断層から想定される地震による津波においては入力津波高さ以上の防波壁の部位においても漂流物が衝突するものとして照査を実施する。)
重畳時 (津波＋余震時)	常時荷重＋津波荷重＋余震荷重 (海域活断層から想定される地震による津波が到達する防波壁（波返重力擁壁）のケーソン等については、海域活断層から想定される地震による津波に対する評価を実施する)

※自然現象による荷重（風荷重及び積雪荷重）は設備の設置状況、構造（形状）等の条件を含めて適切に組み合わせを考慮する

- ・詳細設計段階において、津波防護施設本体の性能目標を維持できるよう、漂流物衝突荷重を踏まえて漂流物対策工の仕様を決定する。

漂流物衝突時の漂流物対策工の非線形性を考慮するために、3次元FEMモデルによる非線形構造解析等を実施する。

3次元FEMモデルによる漂流物衝突評価の適用性について、審査実績を有する先行サイト（伊方3号炉、美浜3号炉）における衝突評価との比較を行った結果、表-10に示すとおり、解析手法及び衝突物の質量等に有意な差異はないことから、適用性があると判断する。

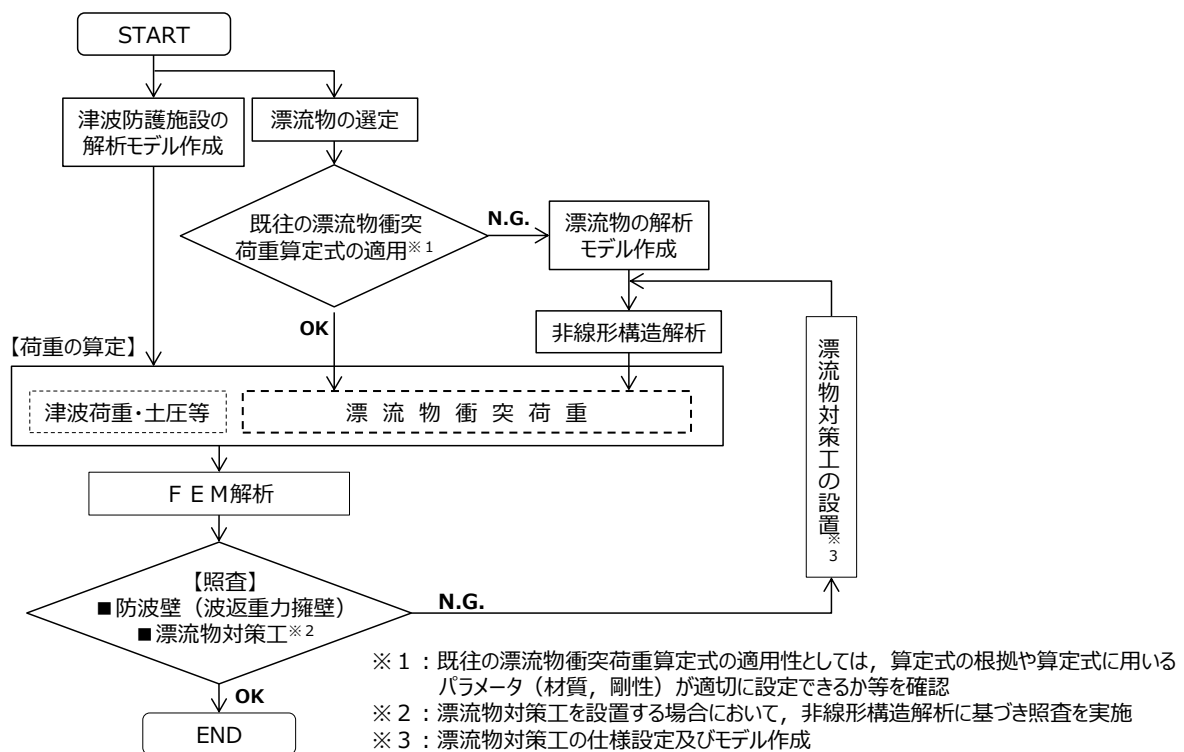
表-10 先行サイトとの比較結果

項目	島根2号炉 漂流物対策工	伊方3号炉 重油タンク	美浜3号炉 海水ポンプエリア 止水壁	先行サイトと島根2号炉との差異 及び島根2号炉への適用性	
				先行サイトと島根2号炉との差異	適用性
対象とする事象	津波時における 漂流物衝突検討	竜巻時における飛来 物衝突検討	地震時における移動 式クレーンブーム折損 による衝突検討	事象は異なるものの、衝突荷重による影響検討のため、差異はない。	○
解析手法	非線形構造解析	非線形構造解析 (LS-DYNA)	非線形構造解析 (LS-DYNA)	同様な解析手法を用いるため、差異はない。	○
被衝突物	津波防護施設 及び漂流物対策工 (鋼製及びコンクリート)	重油タンク (鋼製)	止水壁架構 (鋼製)	被衝突物の材質が一部異なるものの、使用する解析手法は、鋼材だけでなくコンクリートにも適用性があることから、島根2号炉への適用性はあると判断する。	○
衝突物	船舶 (FRP)	鋼製材 (SS400)	クレーンブーム (WEL- TEN950RE)	衝突物の材質は異なるものの、使用する解析手法は、鋼材だけでなく樹脂にも適用性があることから、島根2号炉への適用性はあると判断する。	○
衝突物の質量	約30t	135kg	36.2t	審査実績を有する衝突物の質量の範囲内に収まっており、島根2号炉への適用性はあると判断する。	○
衝突物の速度	10m/s	57m/s,38m/s	約30m/s	審査実績を有する衝突物の速度の範囲内に収まっており、島根2号炉への適用性はあると判断する。	○

※先行サイトの情報に係る記載内容については、会合資料等をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。

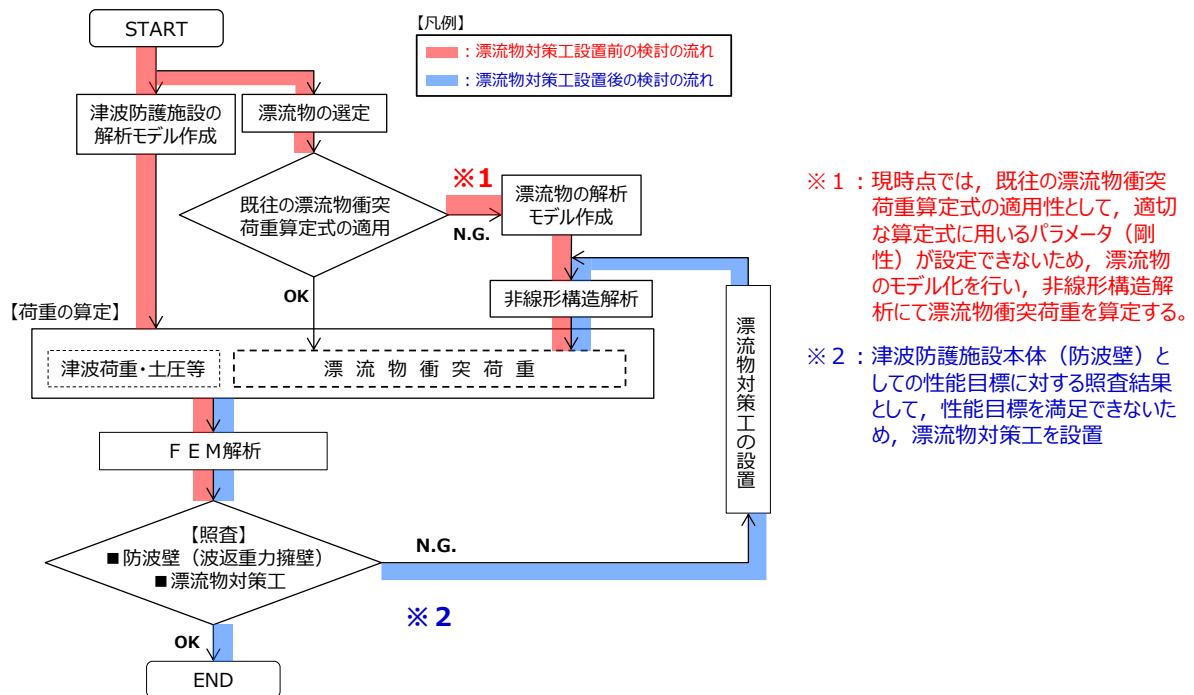
漂流物衝突荷重は、対象となる漂流物の位置・仕様及び必要に応じ対策等を踏まえて、既往の漂流物衝突荷重の算定式、又は非線形構造解析を適切に選定して算出し、津波時における静的解析により津波防護施設の照査を実施する。津波防護施設（防波壁：波返重力擁壁）における津波時の検討フロー（例）を図－22に示す。

なお、漂流物対策工は、基準地震動 S_s に対して、構造強度を有することを確認する。



図－22 津波防護施設（防波壁：波返重力擁壁）における津波時の検討フロー（例）

津波防護施設（防波壁：波返重力擁壁）における漂流物対策工の設計例として、不確かさを考慮した総トン数 19 トンの漁船に対しては、漂流物対策工が必要となると考えており、検討の流れを図－23に示す。



図－23 （例）津波防護施設（防波壁:波返重力擁壁）における漂流物対策工に係る検討の流れ

9. 漂流物衝突荷重の設定方針のまとめ

津波防護施設の評価において、外海に面する津波防護施設に対しては作業船（総トン数10トン）及び漁船（総トン数10トン）を、輪谷湾内に面する津波防護施設に対しては、入力津波高さを考慮し、荷揚場設備（キャスク取扱収納庫約4.3t×2基）、作業船（総トン数10トン）及び漁船（総トン数3トン）を基本とする設計条件として設定する対象漂流物とする。

なお、対象漂流物のうち漁船については、基本とする設計条件に加え、島根原子力発電所周辺海域で操業する漁船の漁業法の制限等を踏まえて漁船の総トン数、操業区域及び航行の不確かさを考慮し、総トン数19トンの漁船を対象とする。

日本海東縁部に想定される地震による津波の津波特性として、施設護岸港湾内及び港湾外の防波壁前面で最大流速9.0m/s（流向：南東・南）が確認されたことから、津波防護施設における津波による漂流物衝突荷重の評価には、安全側に流速10.0m/sを用いる。また、荷揚場周辺の遡上時に最大流速11.9m/sが確認されたことから、遡上する津波の継続時間や流向等を考慮し、最大流速が発生する荷揚場周辺の津波防護施設における漂流物衝突荷重の評価には、流速11.9m/sを用いる。

海域活断層から想定される地震による津波の津波特性として、施設護岸港湾内の防波壁前面で最大流速2.4m/s（流向：東・南東）、港湾外の防波壁前面で最大流速3.3m/s（流向：南西）となることを確認した。以上より、津波防護施設における津波による漂流物衝突荷重の評価には、安全側に流速4.0m/sを用いる。

漂流物衝突荷重について、道路橋示方書を含む既往の算定式とその根拠について整理した。漂流物衝突荷重は、詳細設計段階において、対象となる漂流物の位置・仕様及び必要に応じ対策等を踏まえて、既往の漂流物衝突荷重の算定式、又は非線形構造解析（漂流物衝突評価）にて算定し、津波時における静的解析により津波防護施設の照査を実施する。

漂流物衝突荷重の影響を踏まえ、津波防護施設の各部位の照査の結果、津波防護施設本体の性能目標を維持することを確認し、津波防護施設本体の性能目標を維持できない場合は漂流物対策を講じる。

津波防護施設における詳細設計段階では、漂流物衝突荷重の算定に当たり、漂流物衝突荷重の主な影響因子（対象漂流物、衝突速度、衝突位置、荷重組合せ）に対して、設計上の考慮を行う。

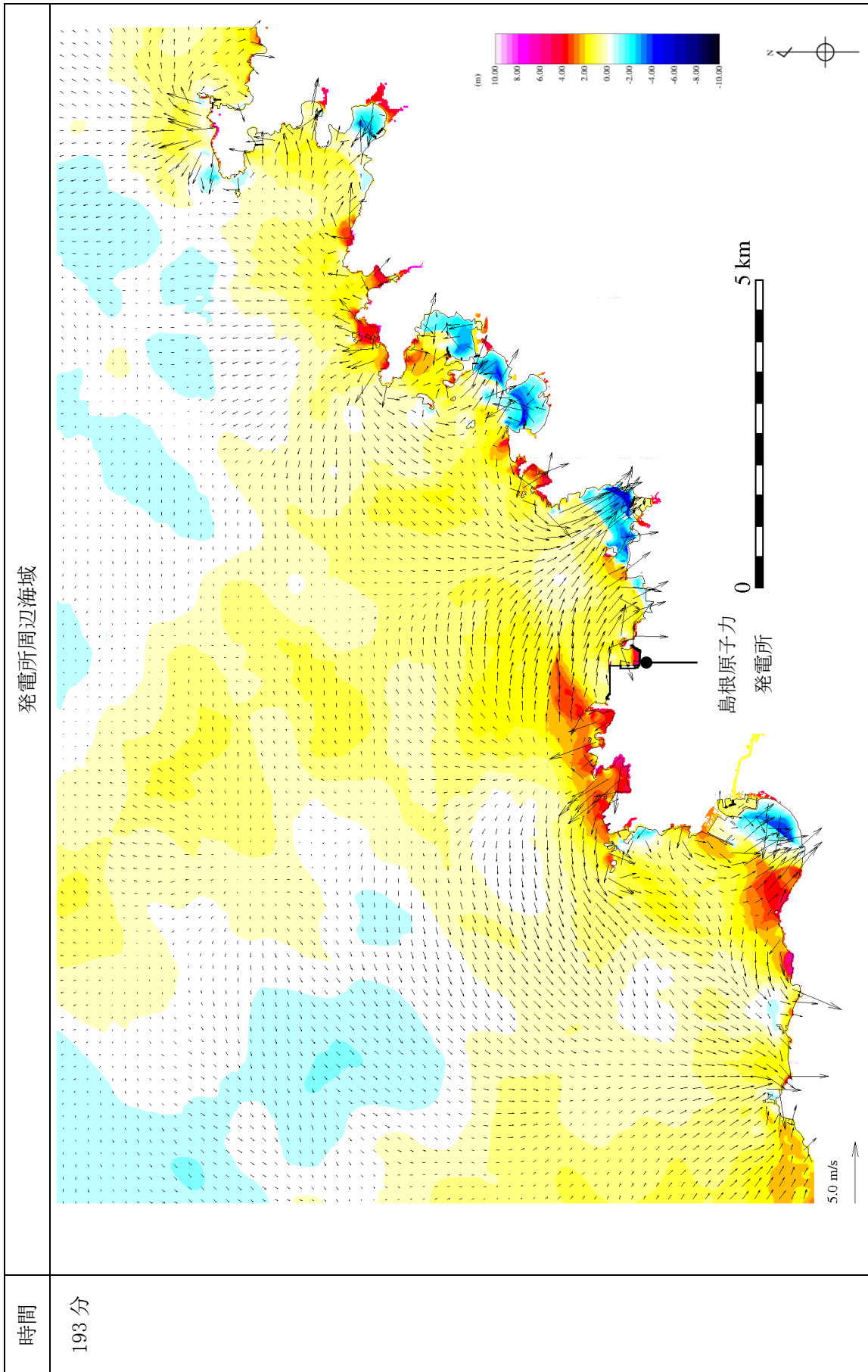
漂流物調査範囲内の人工構造物（漁船を含む）については、基準適合性維持の観点から漂流物調査を定期的（1回／定期事業者検査）に実施するとともに、津波防護施設への影響評価を実施し、必要に応じて対策を実施する。

水位変動・流向ベクトルについて

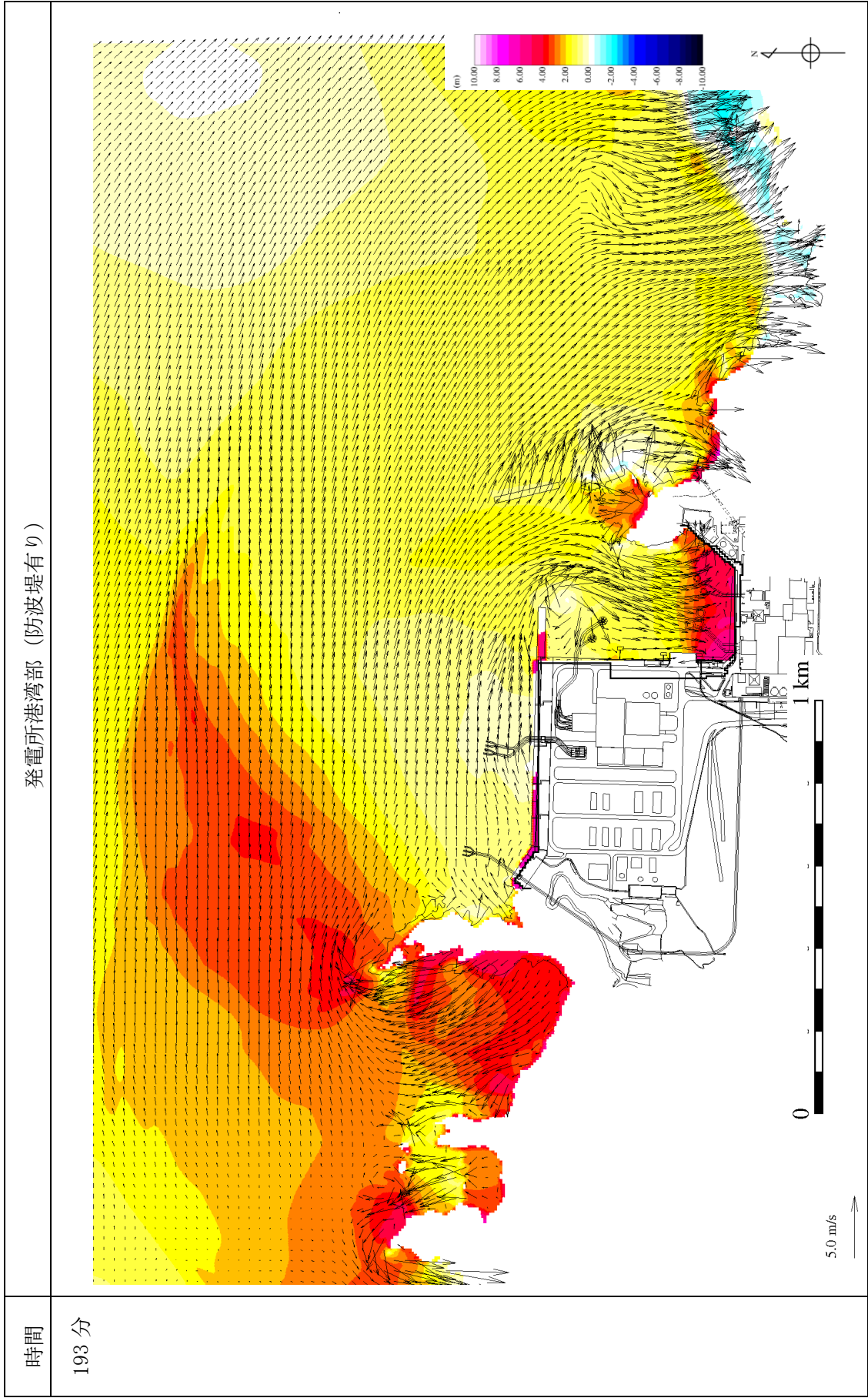
1. 概要

島根原子力発電所の基準津波 1～6 による水位変動・流向ベクトル図について、第 1 図～第 6 図に示す。

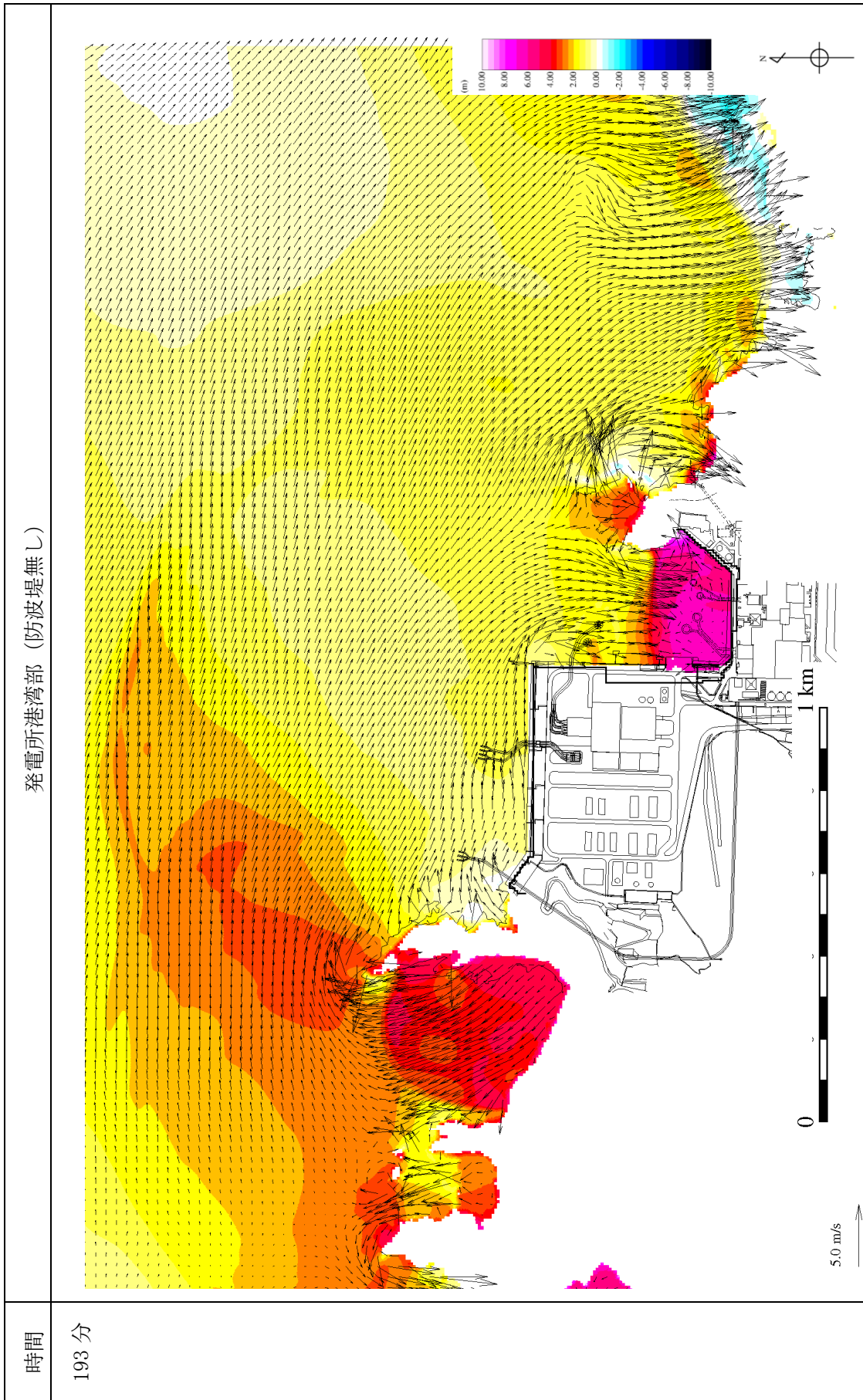
また、水位変動・流向ベクトルの拡大図を参考図【第 1 図(187) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル】の例に示す。



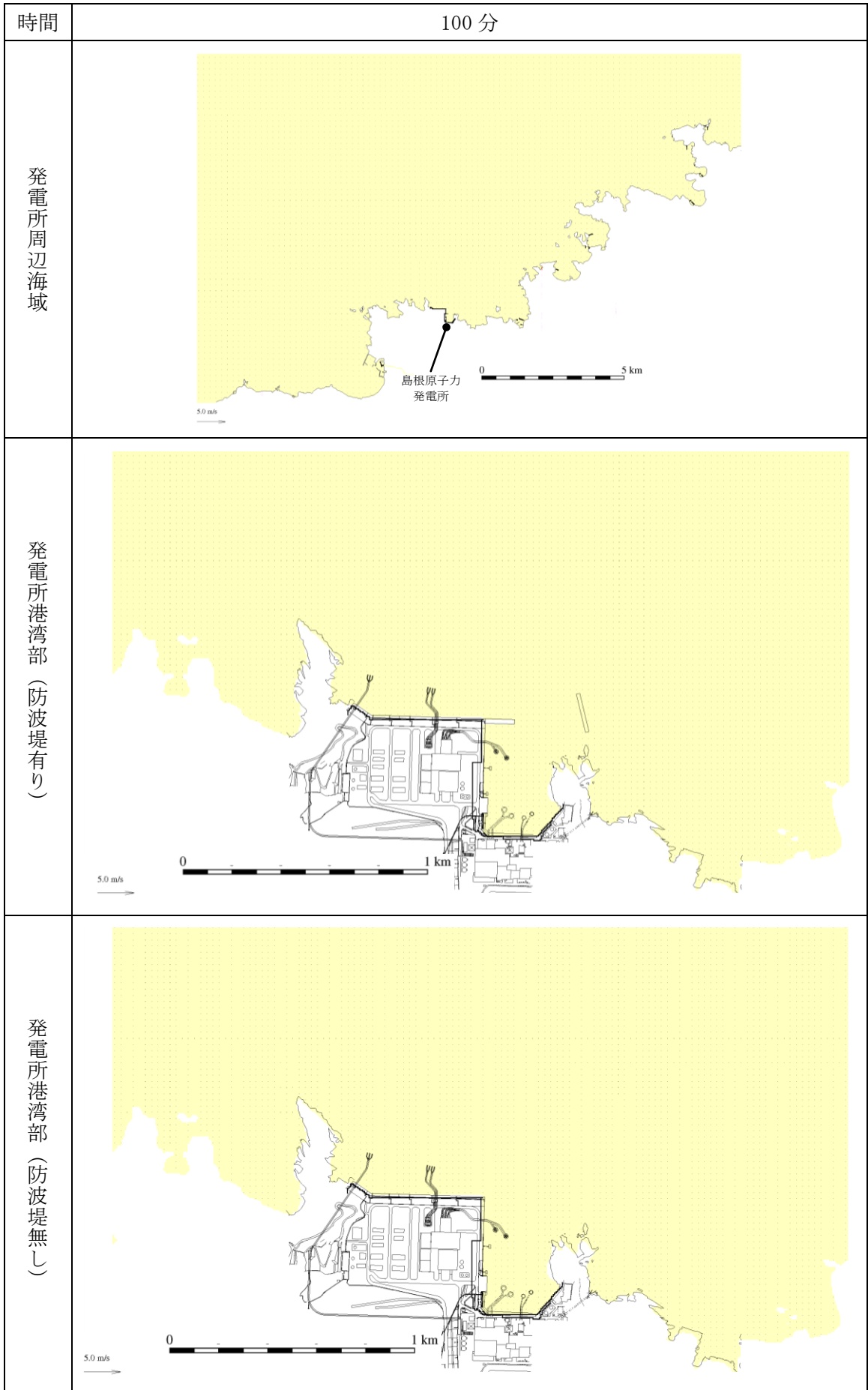
参考図【第 1 図(187) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル】の例



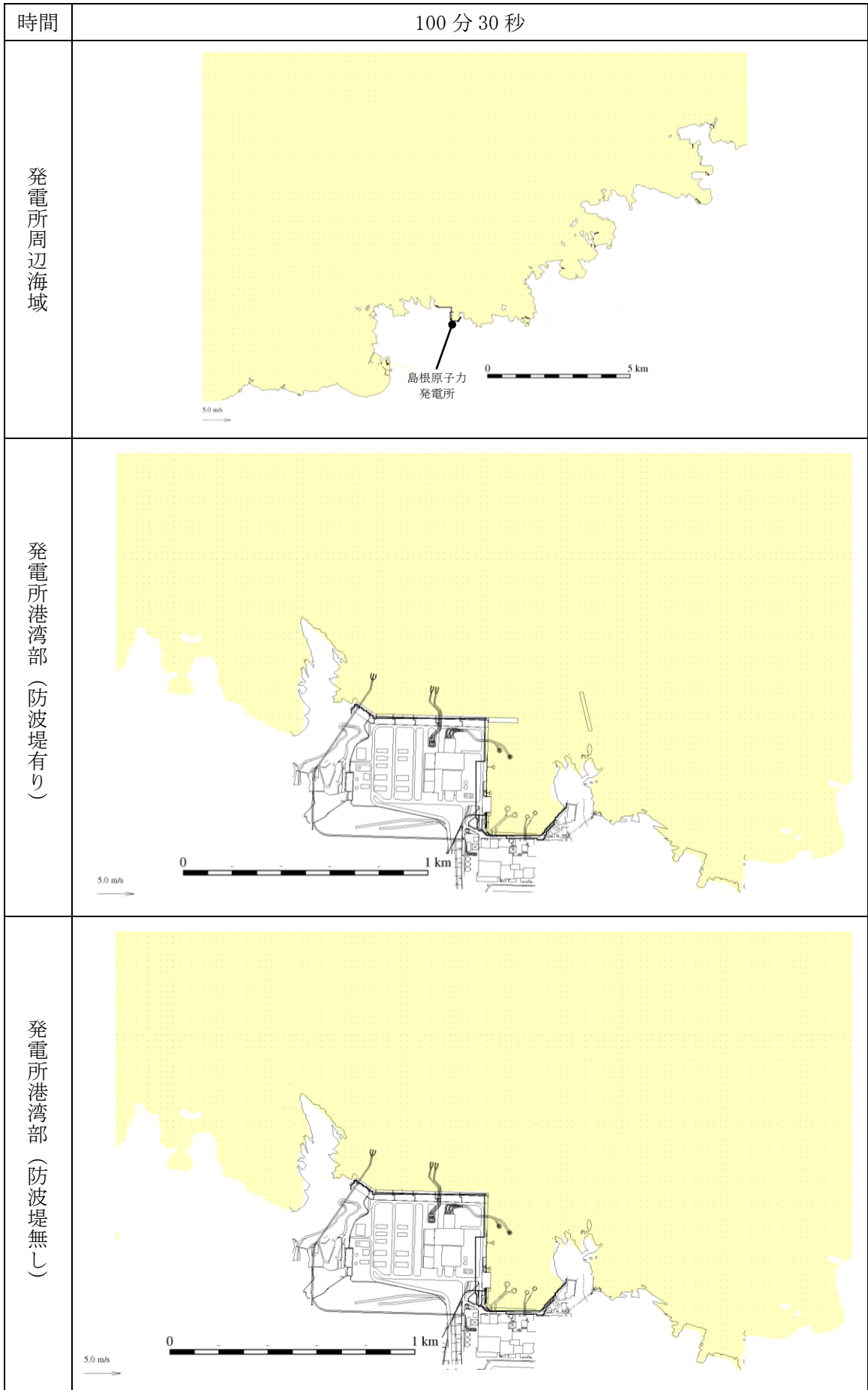
参考図【第1図(187) 基準津波1の水位変動・流向ベクトル】の例



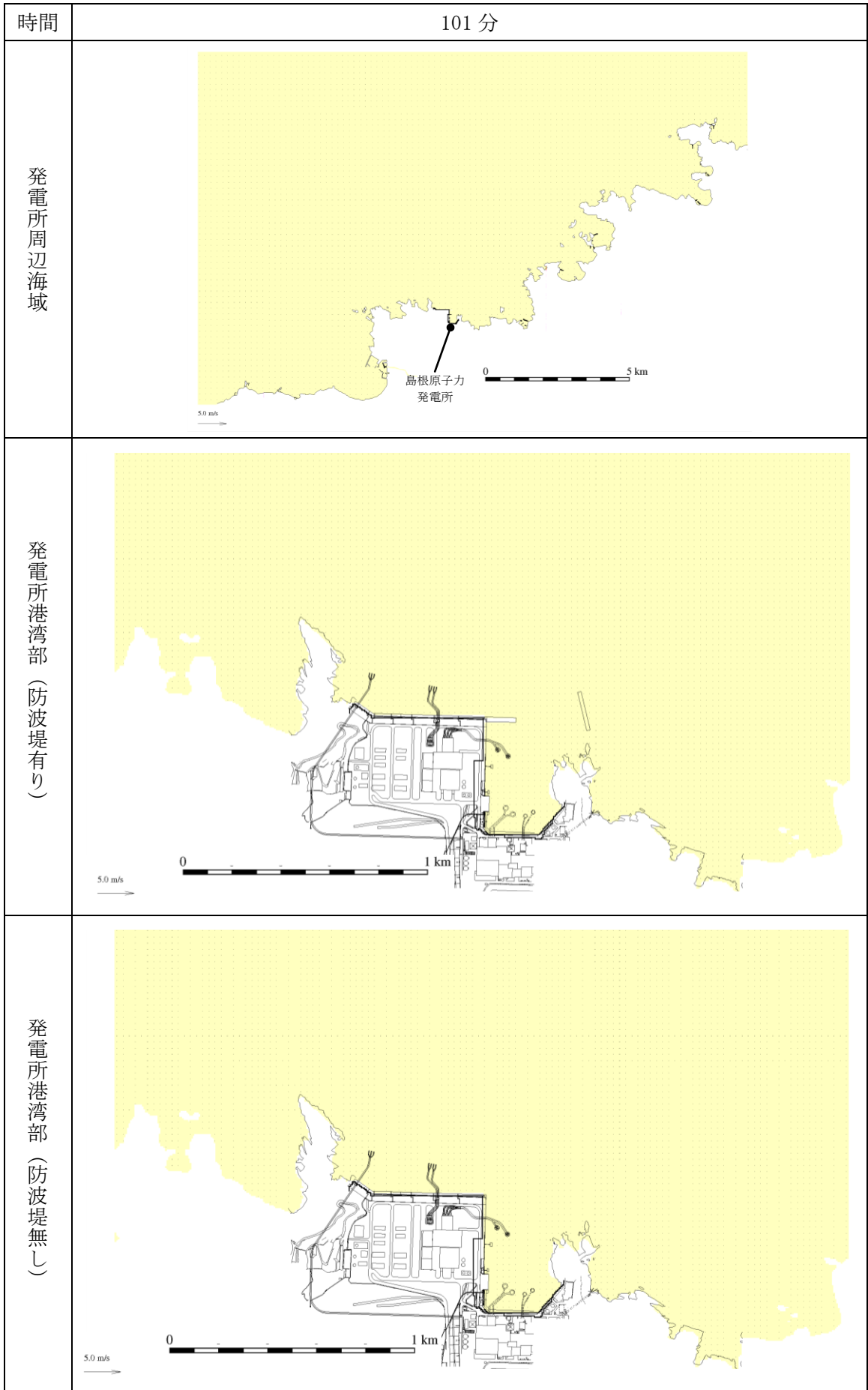
参考図【第 1 図(187) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル】の例



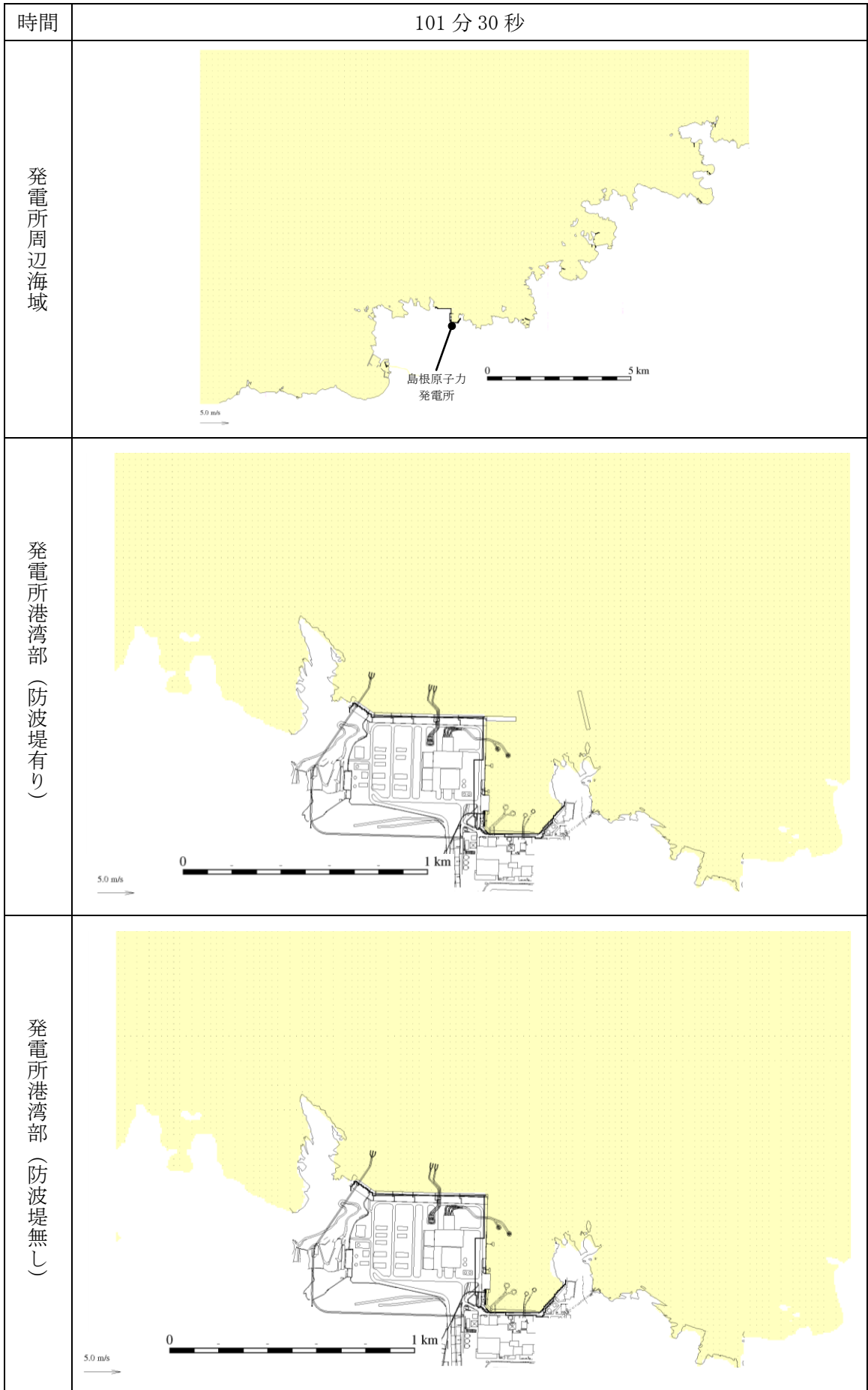
第 1 図(1) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



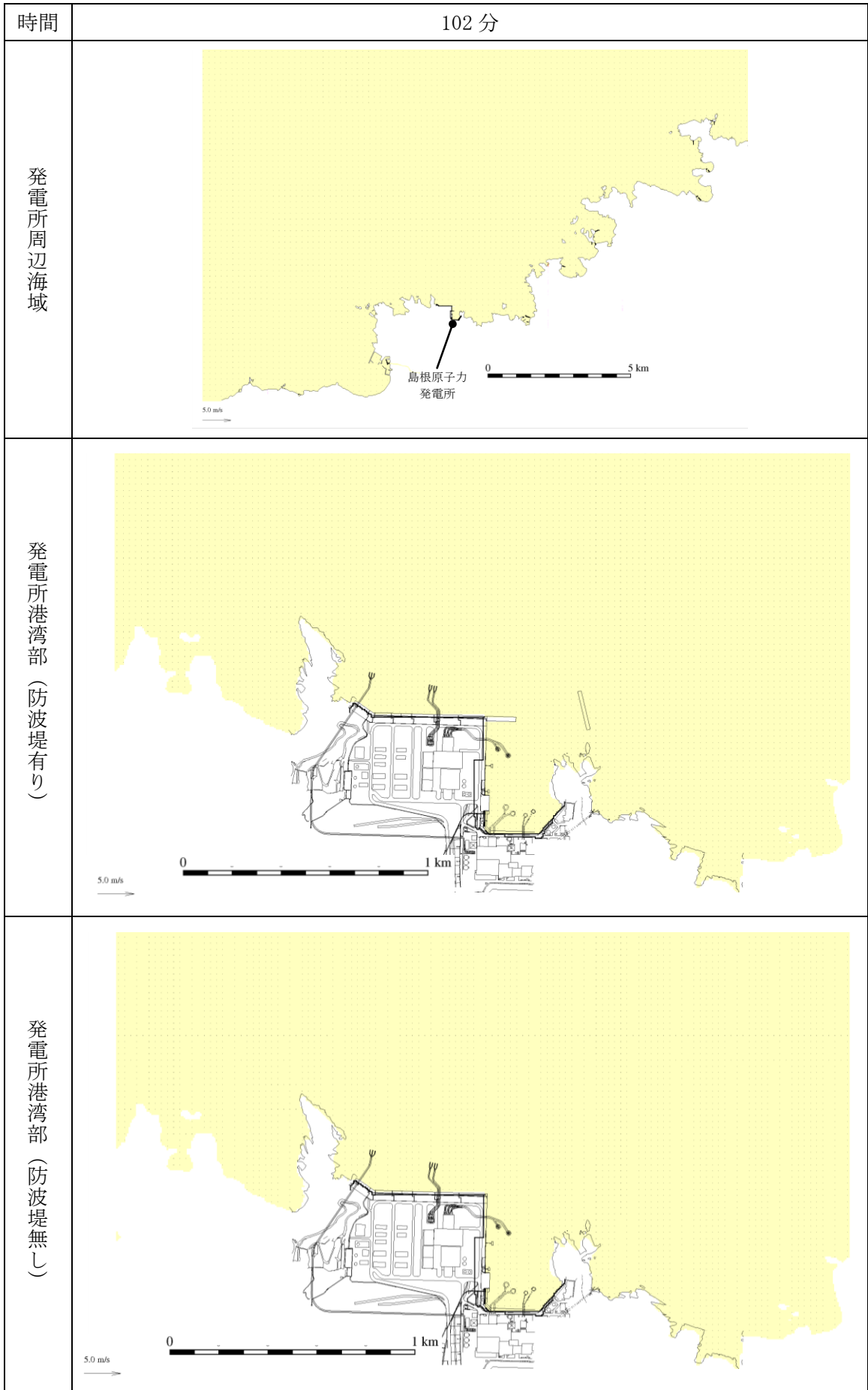
第 1 図(2) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



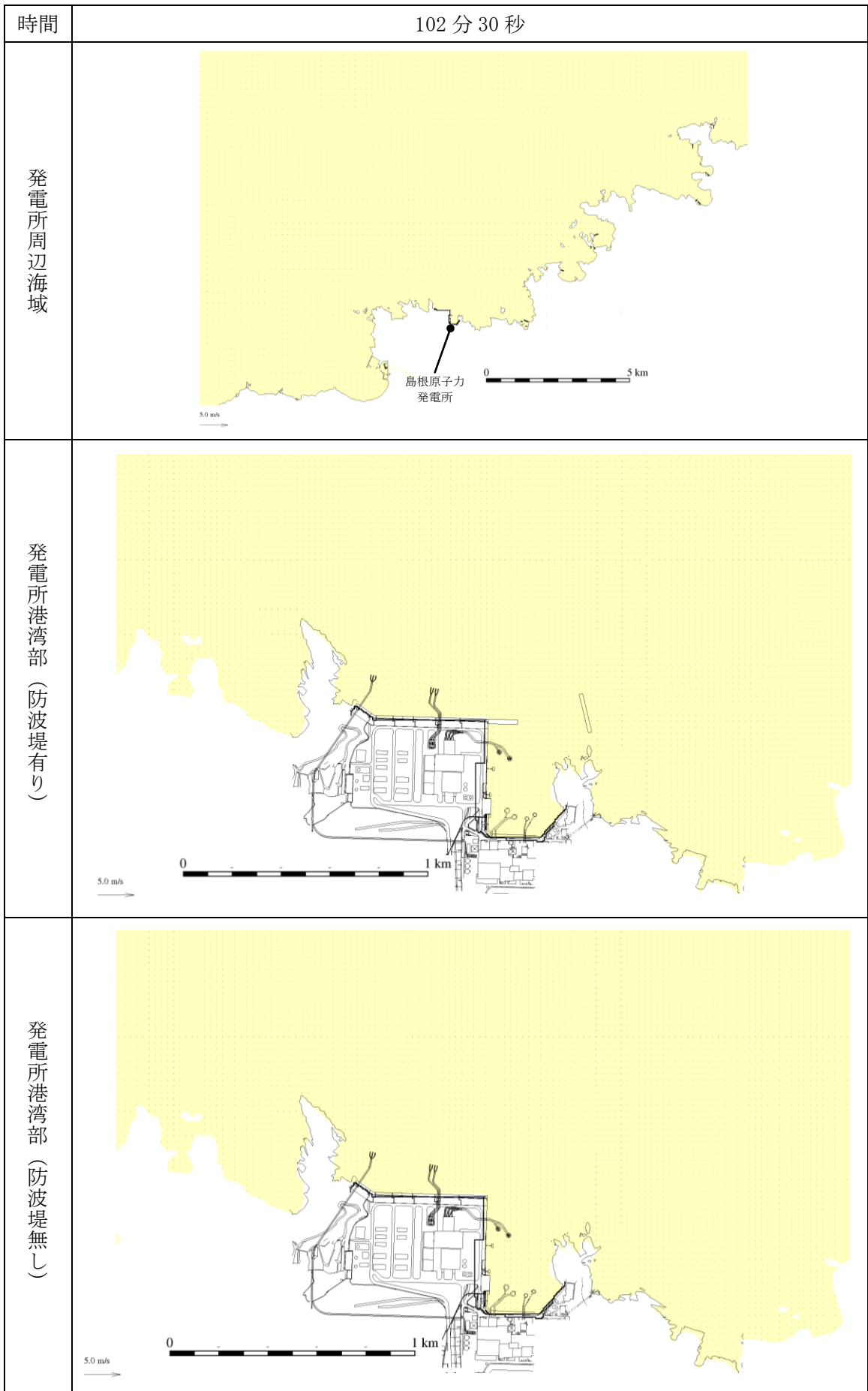
第 1 図(3) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



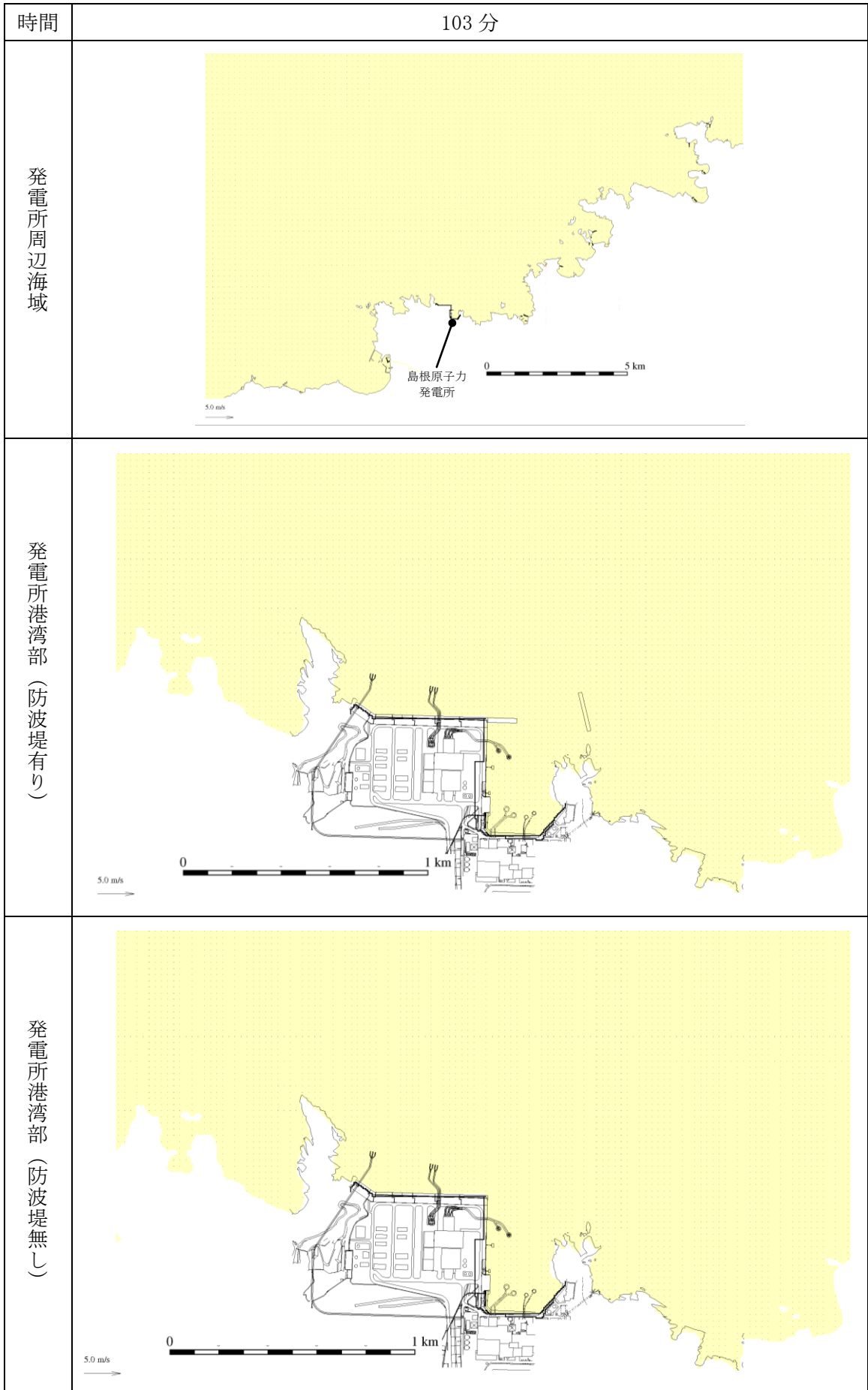
第 1 図(4) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



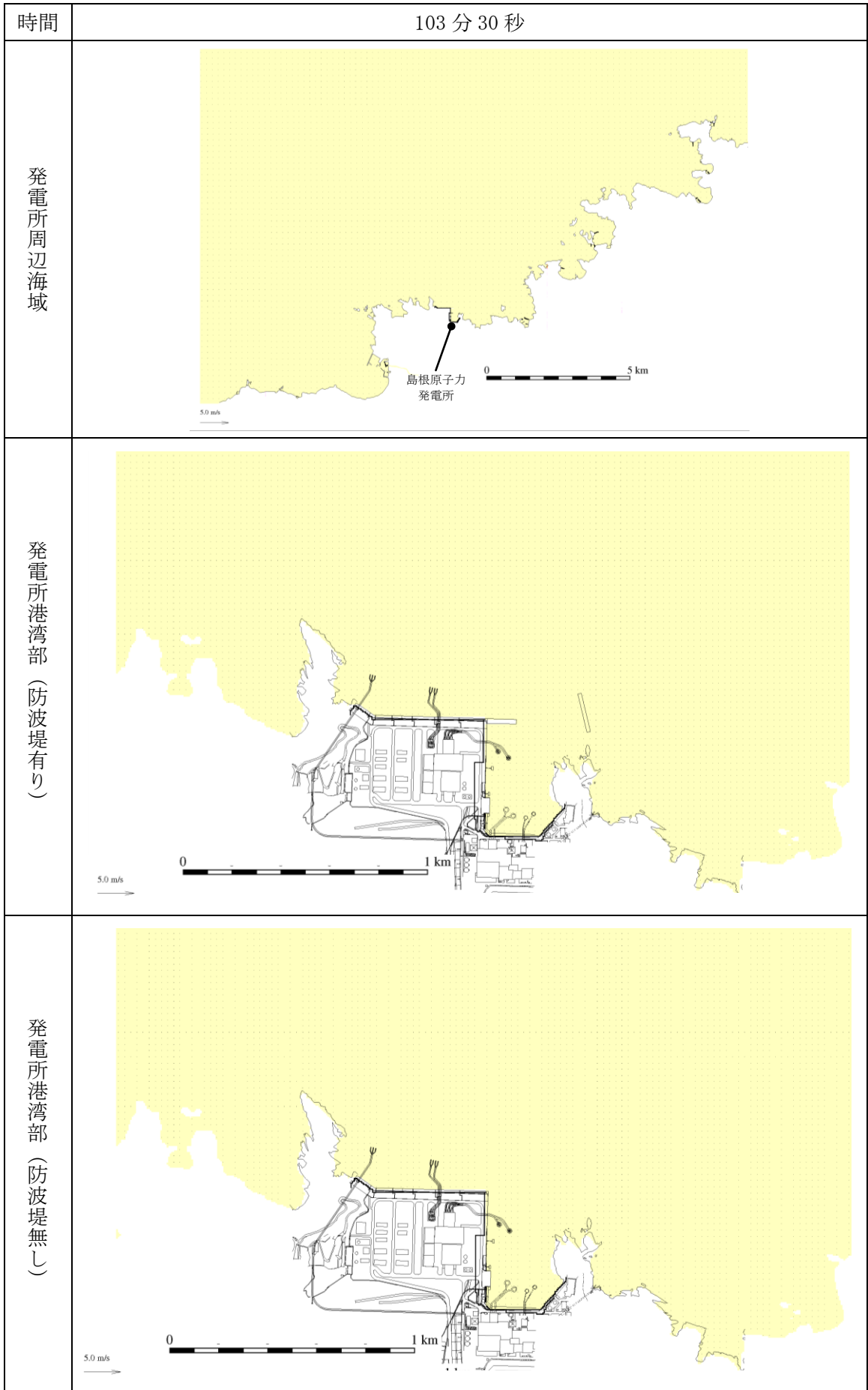
第 1 図(5) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



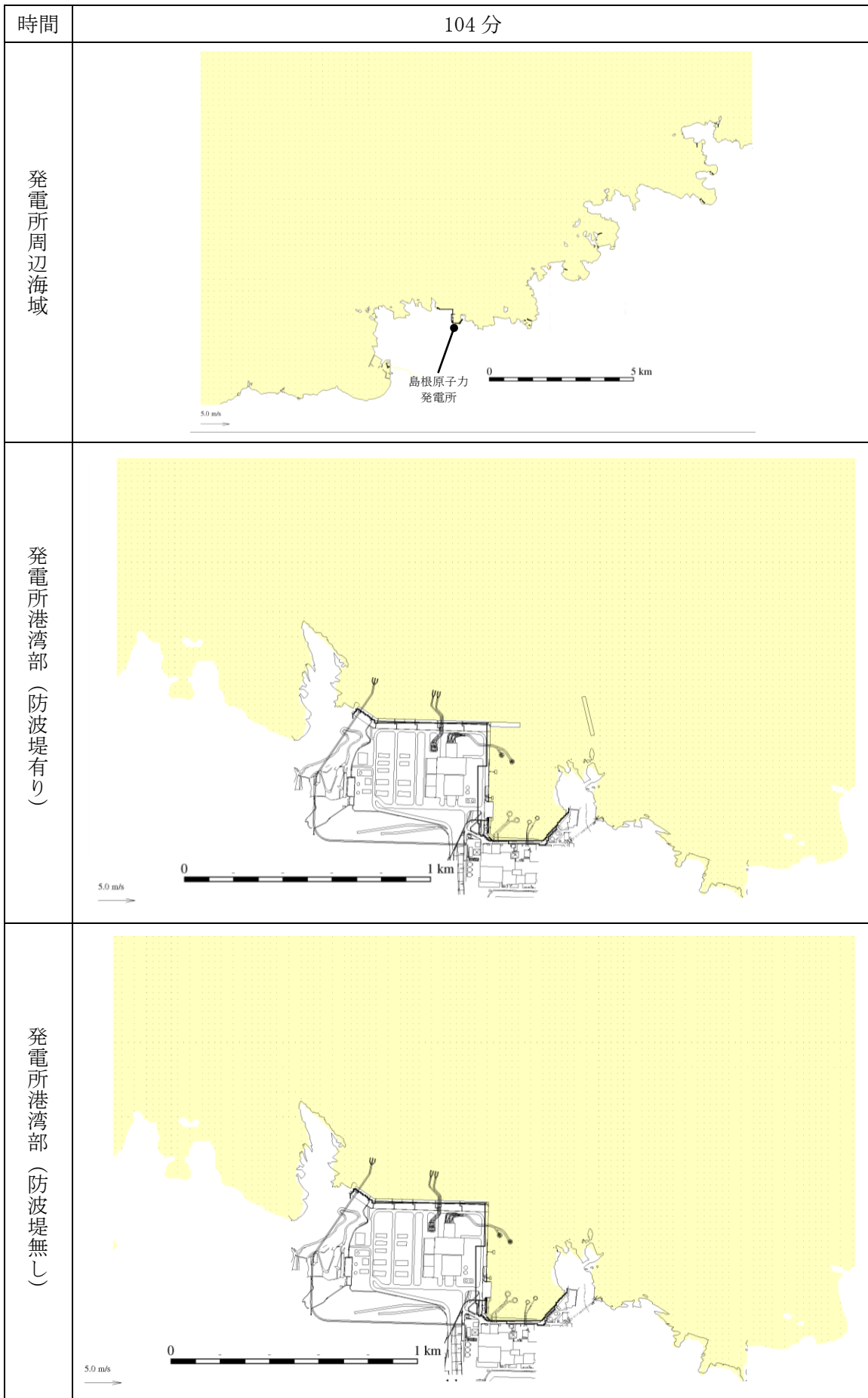
第 1 図(6) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



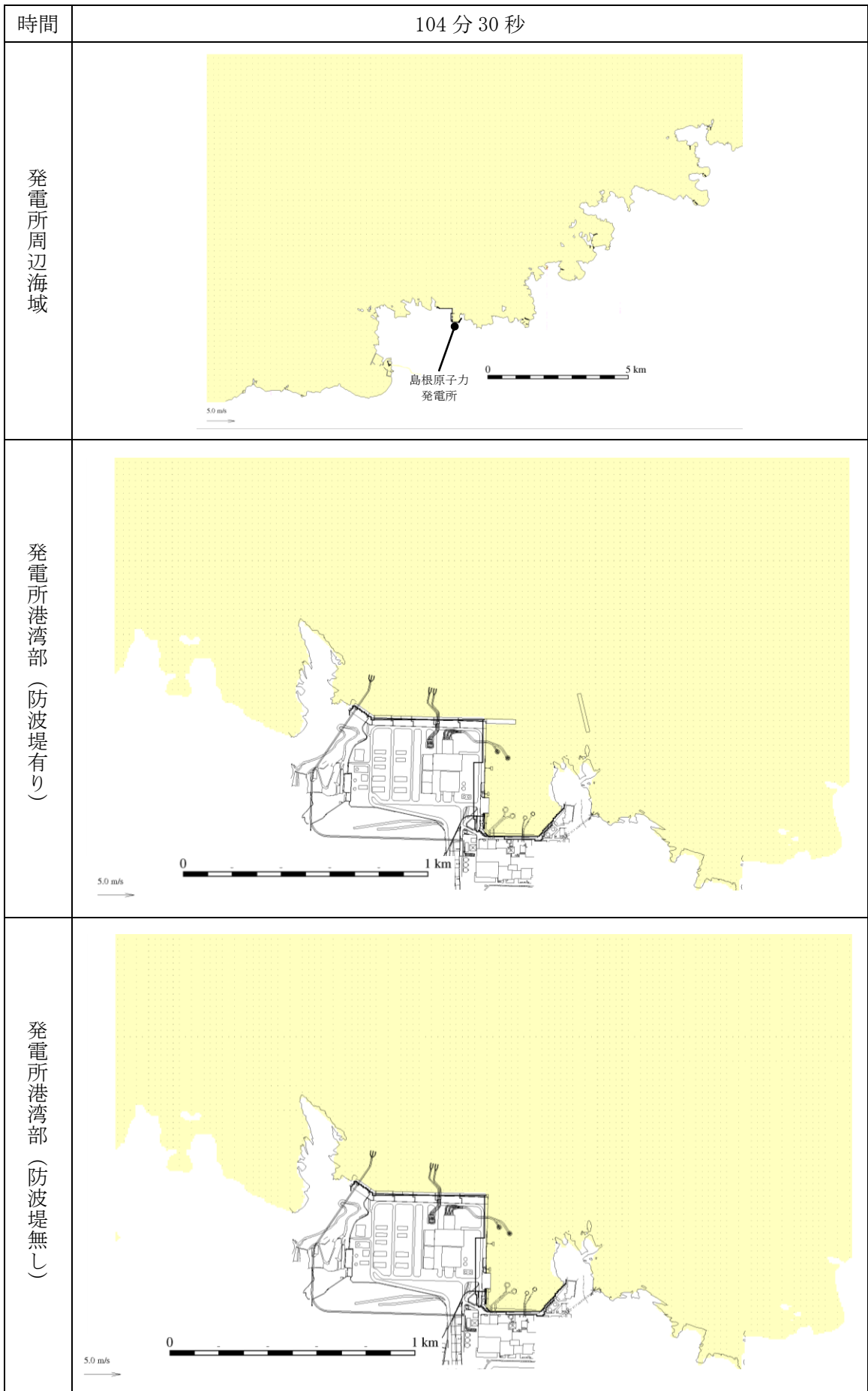
第 1 図(7) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



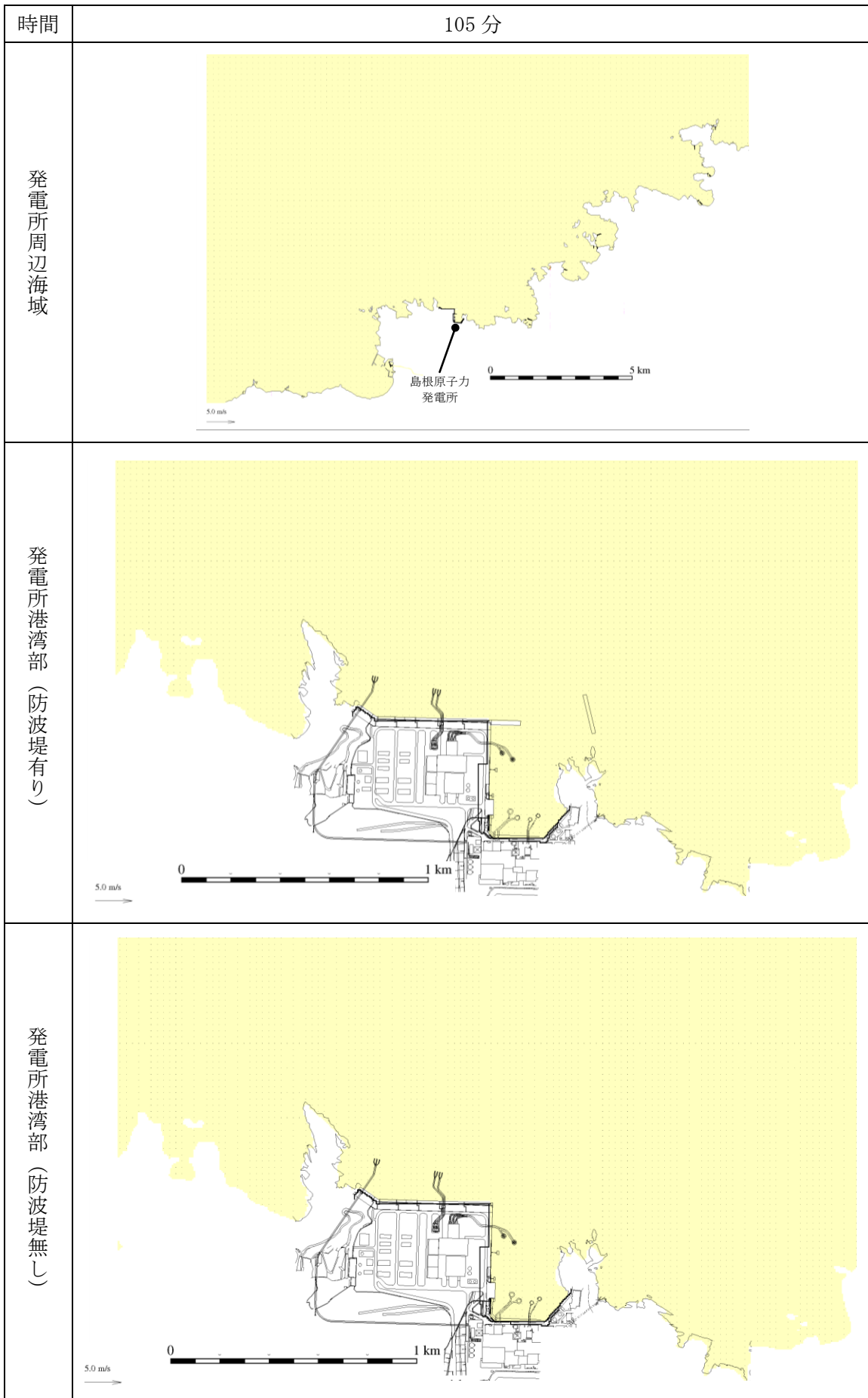
第 1 図(8) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



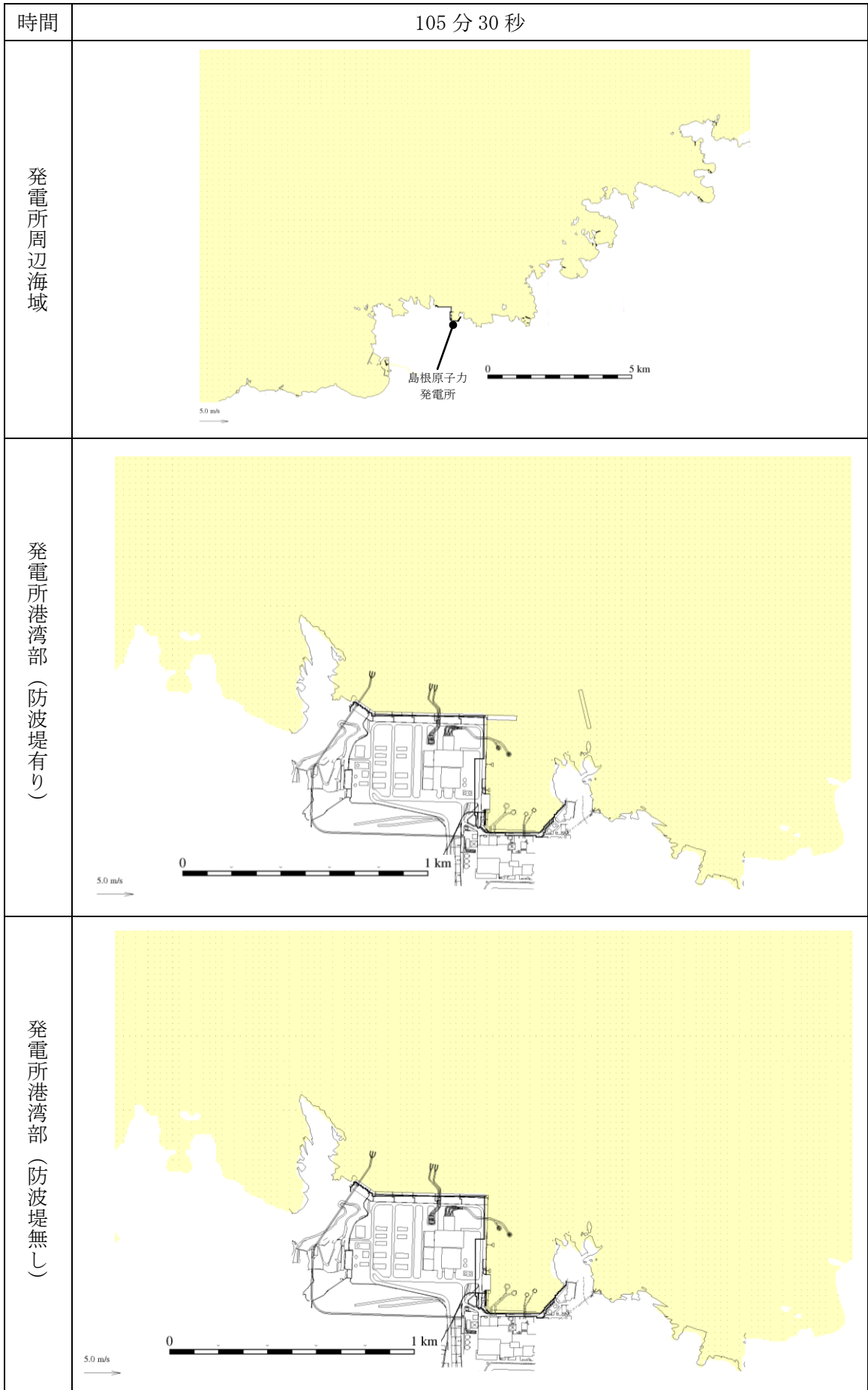
第 1 図(9) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



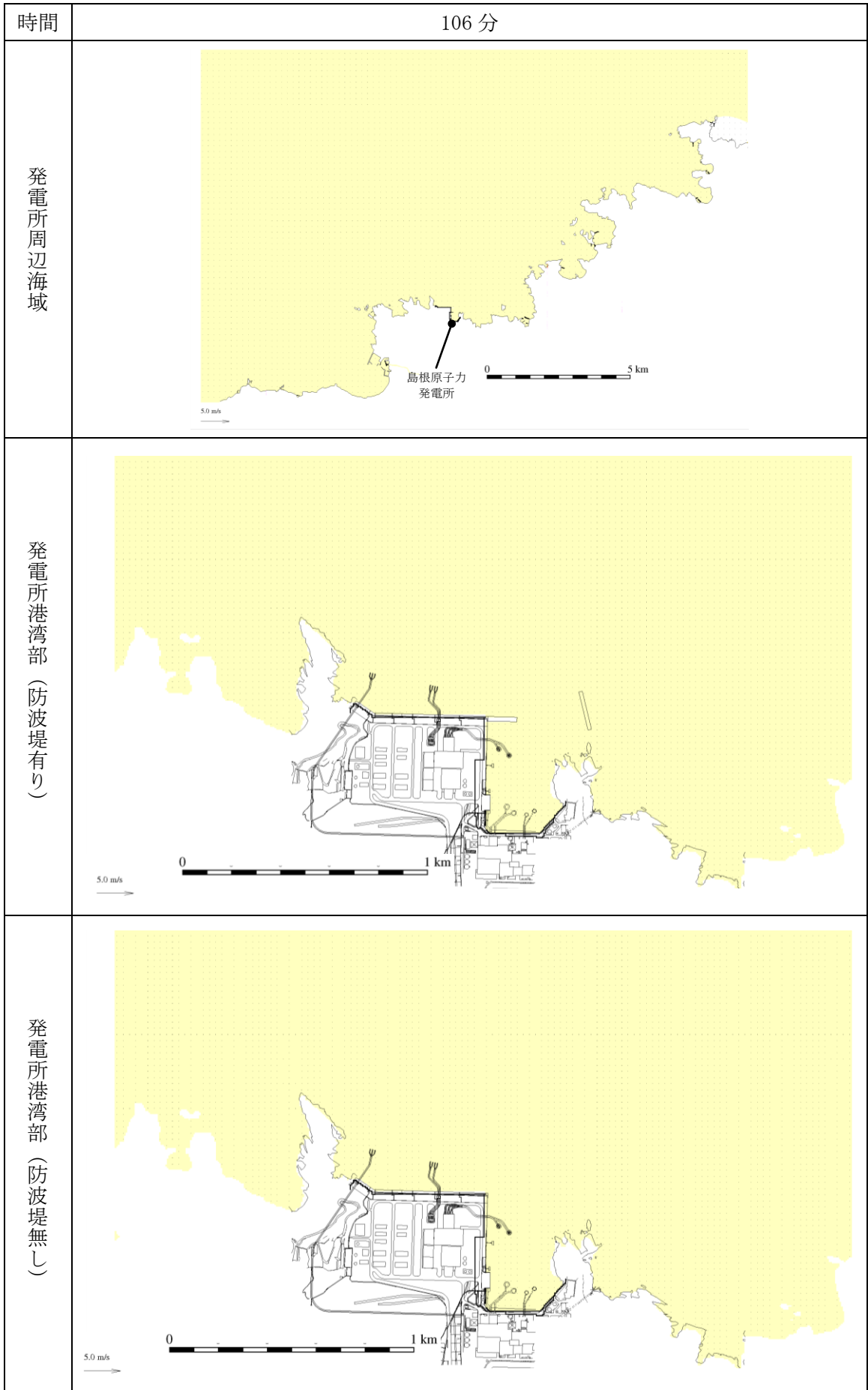
第 1 図(10) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



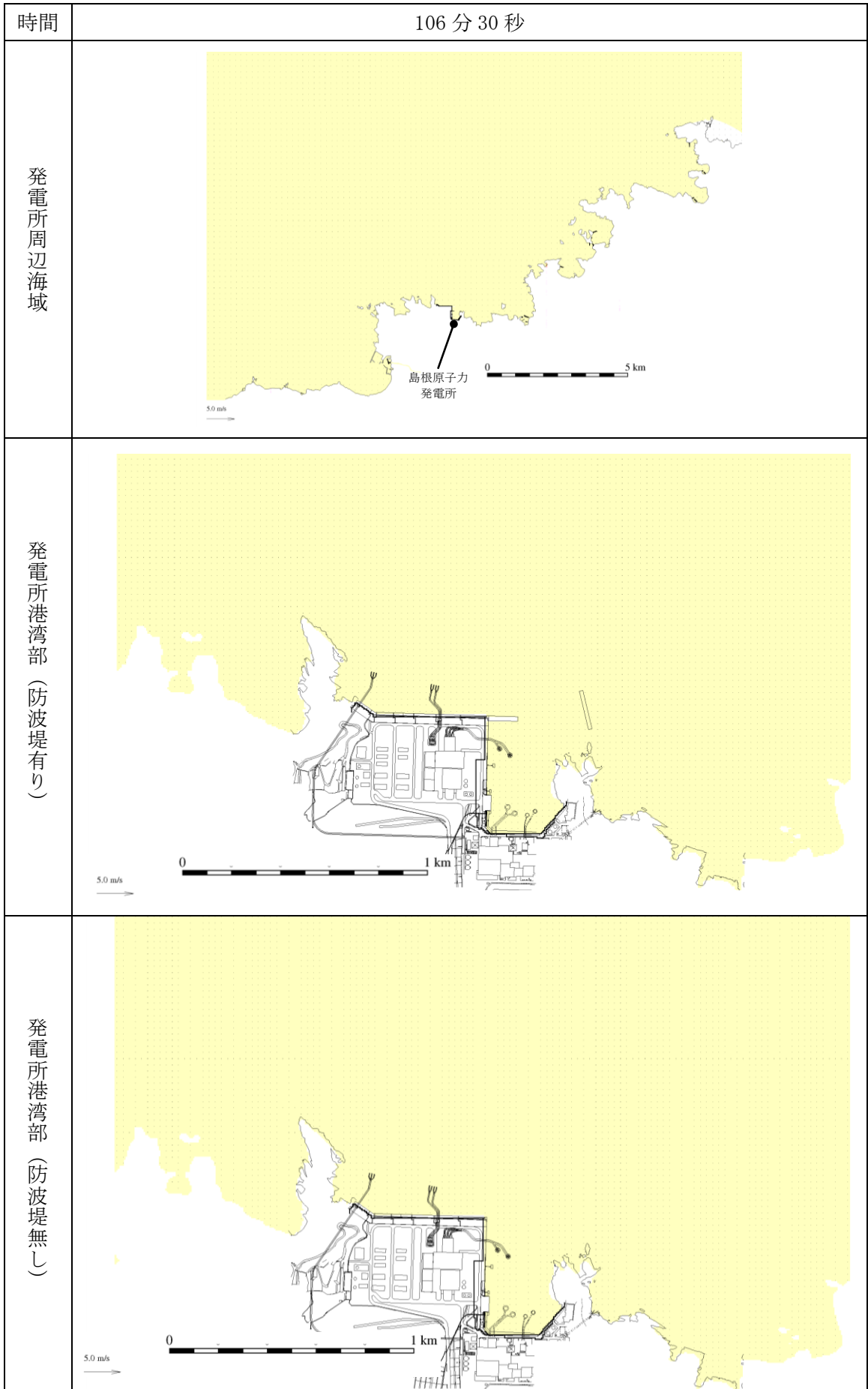
第 1 図(11) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



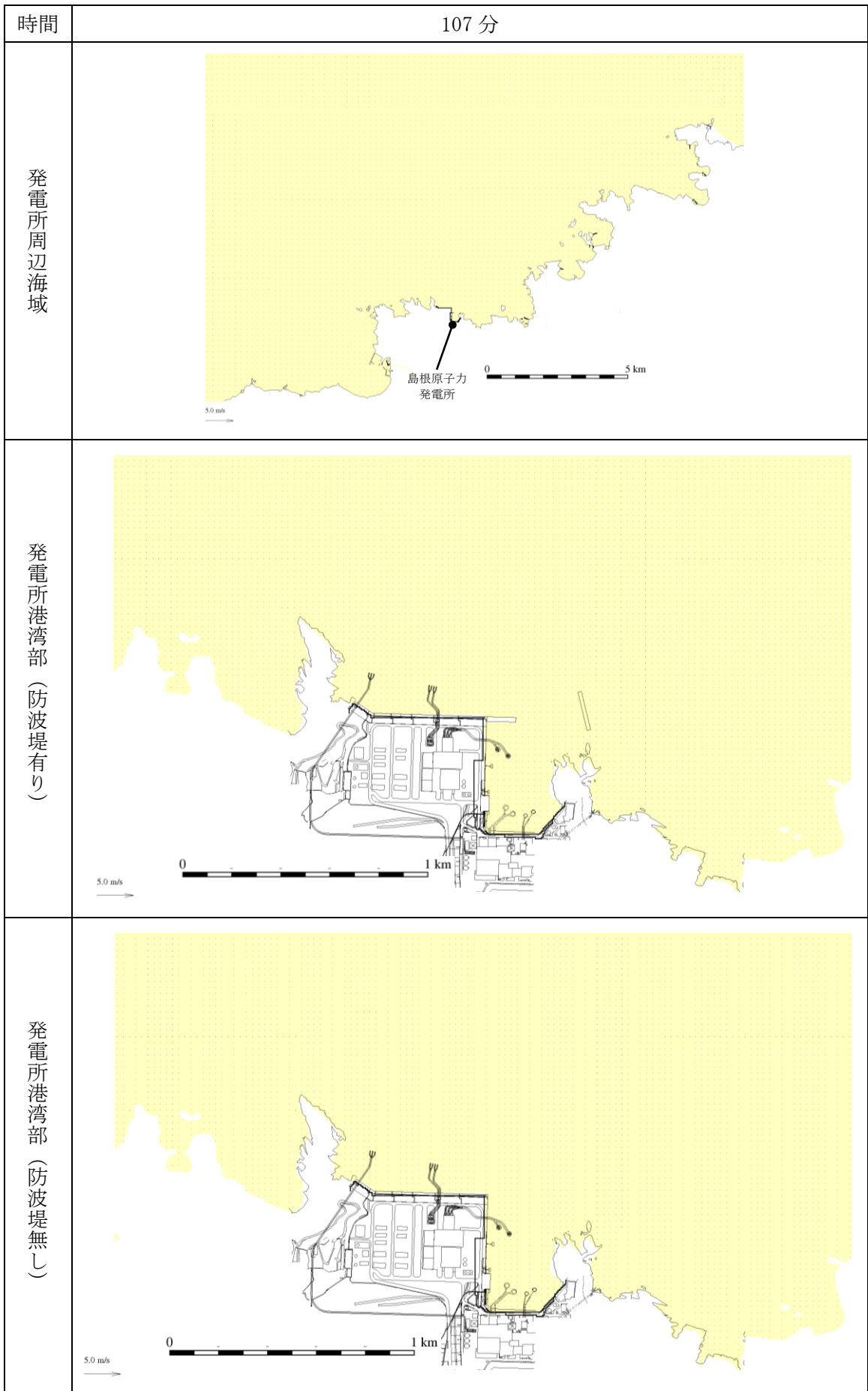
第 1 図(12) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



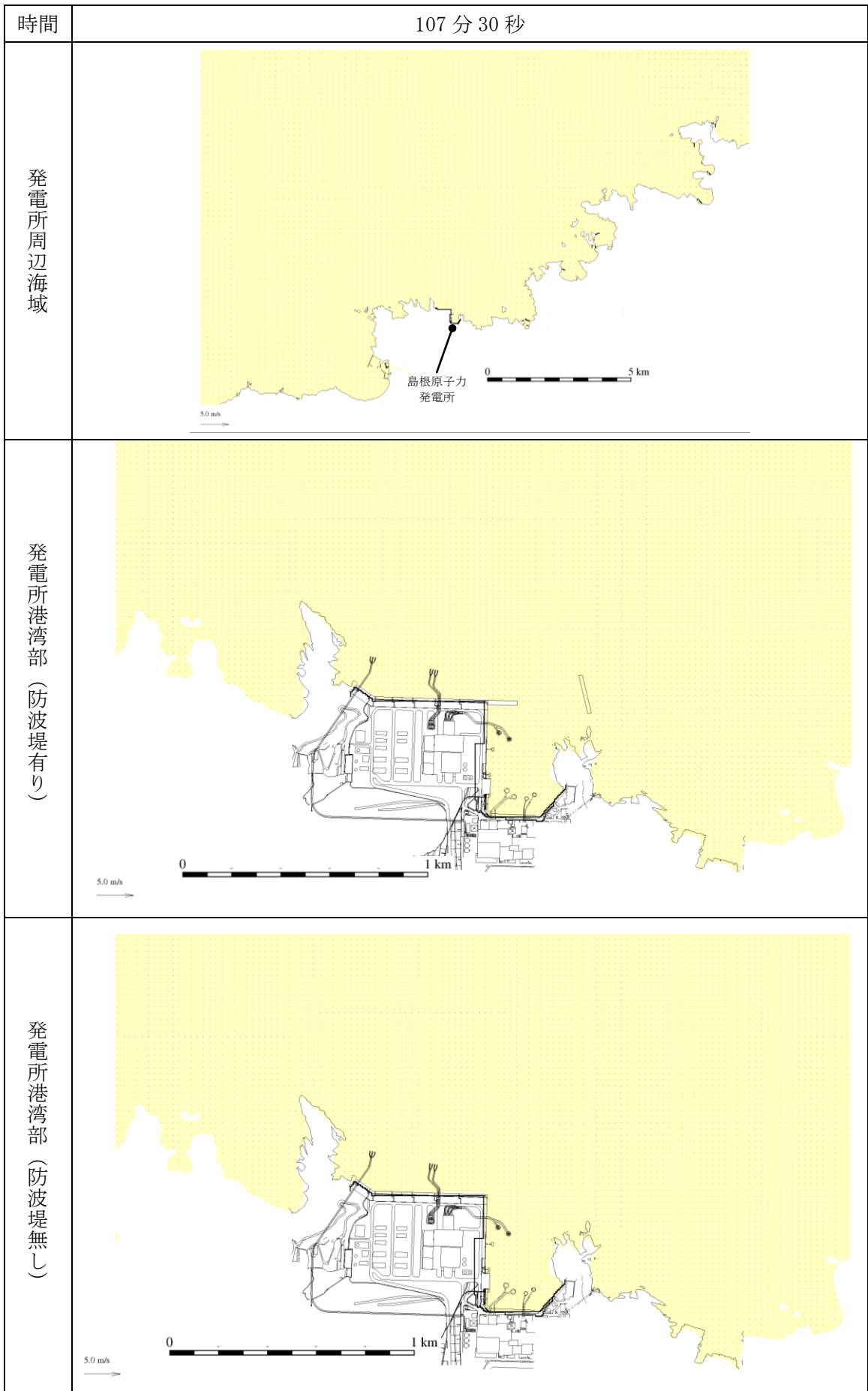
第 1 図(13) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



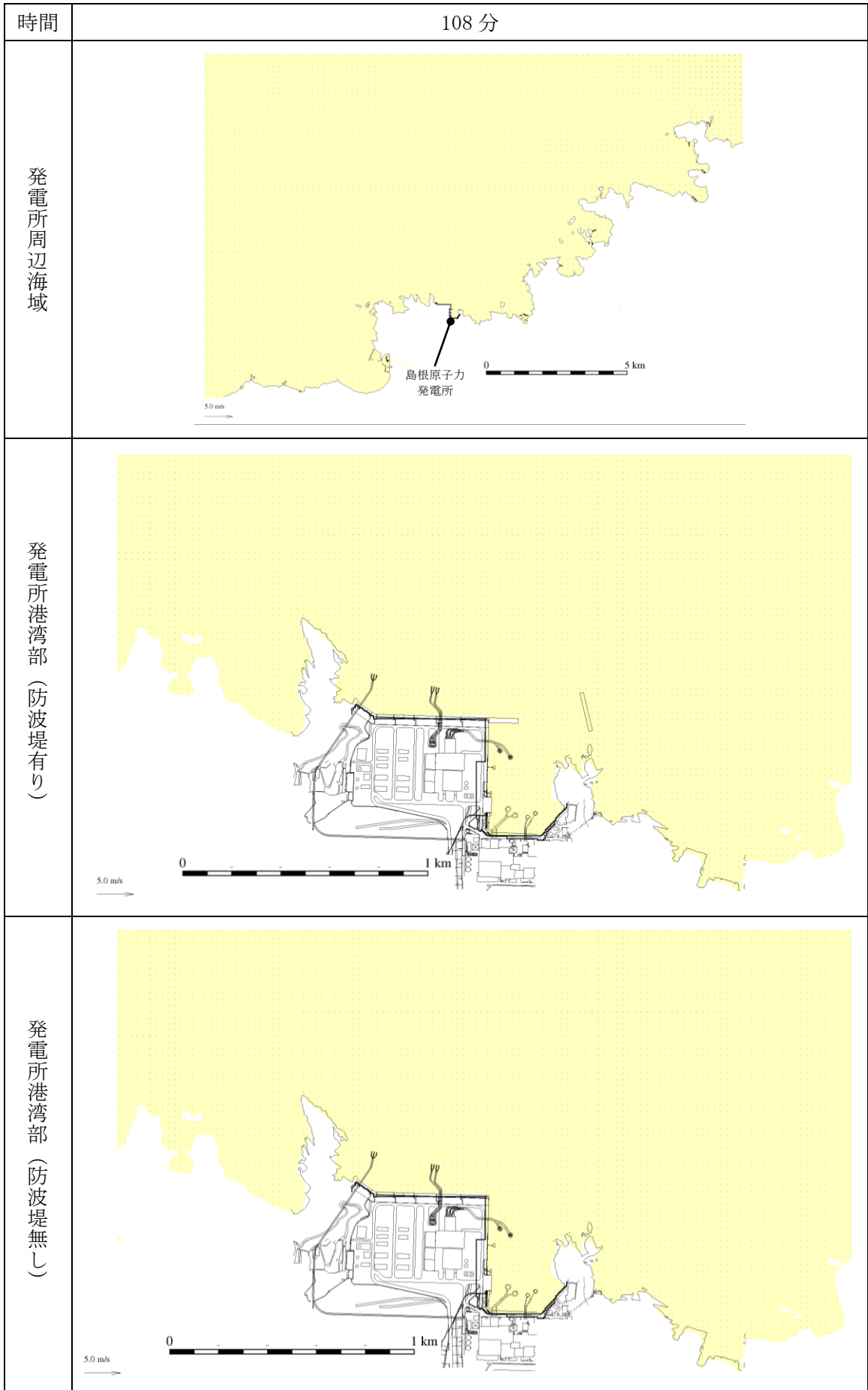
第 1 図(14) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



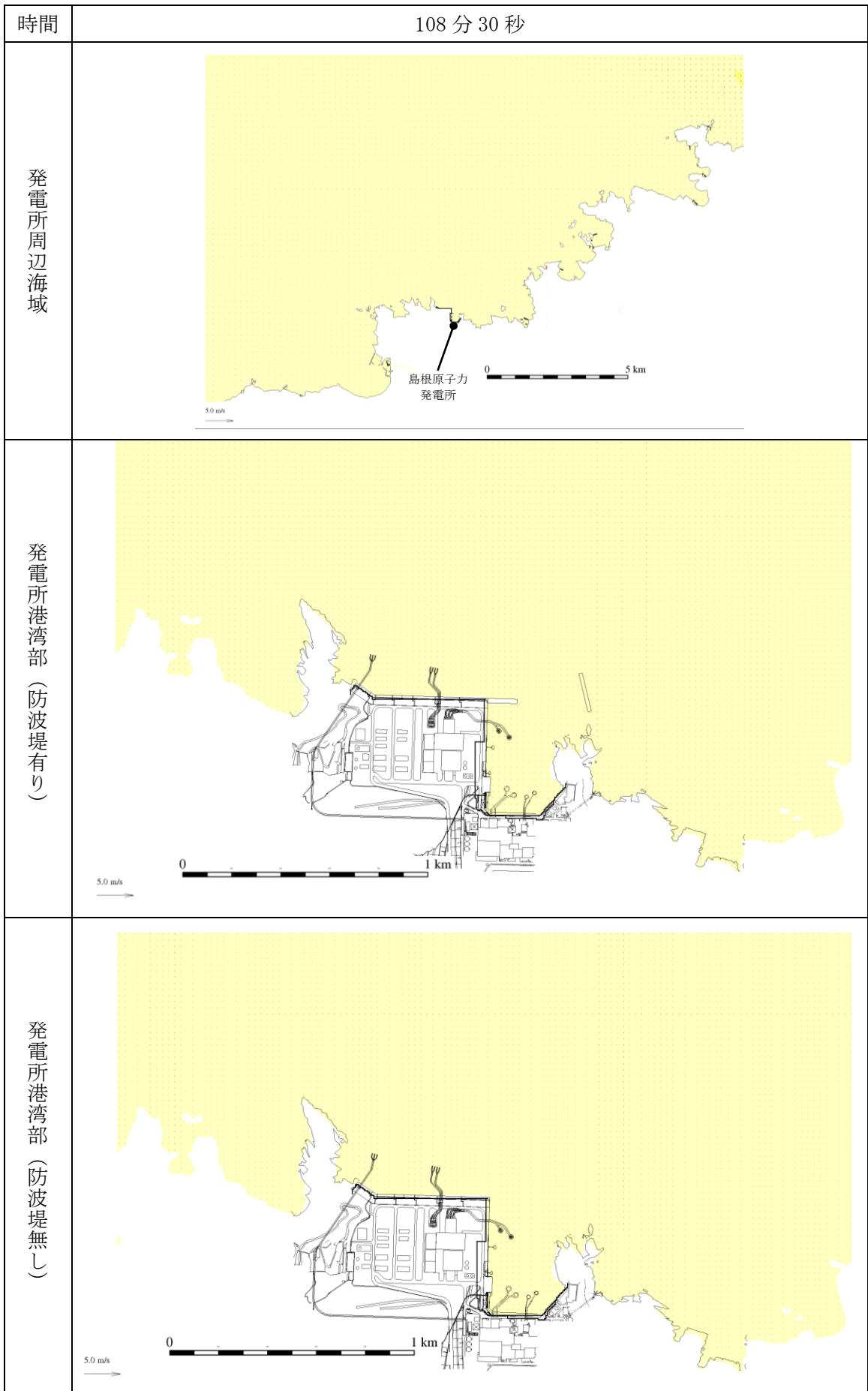
第 1 図(15) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



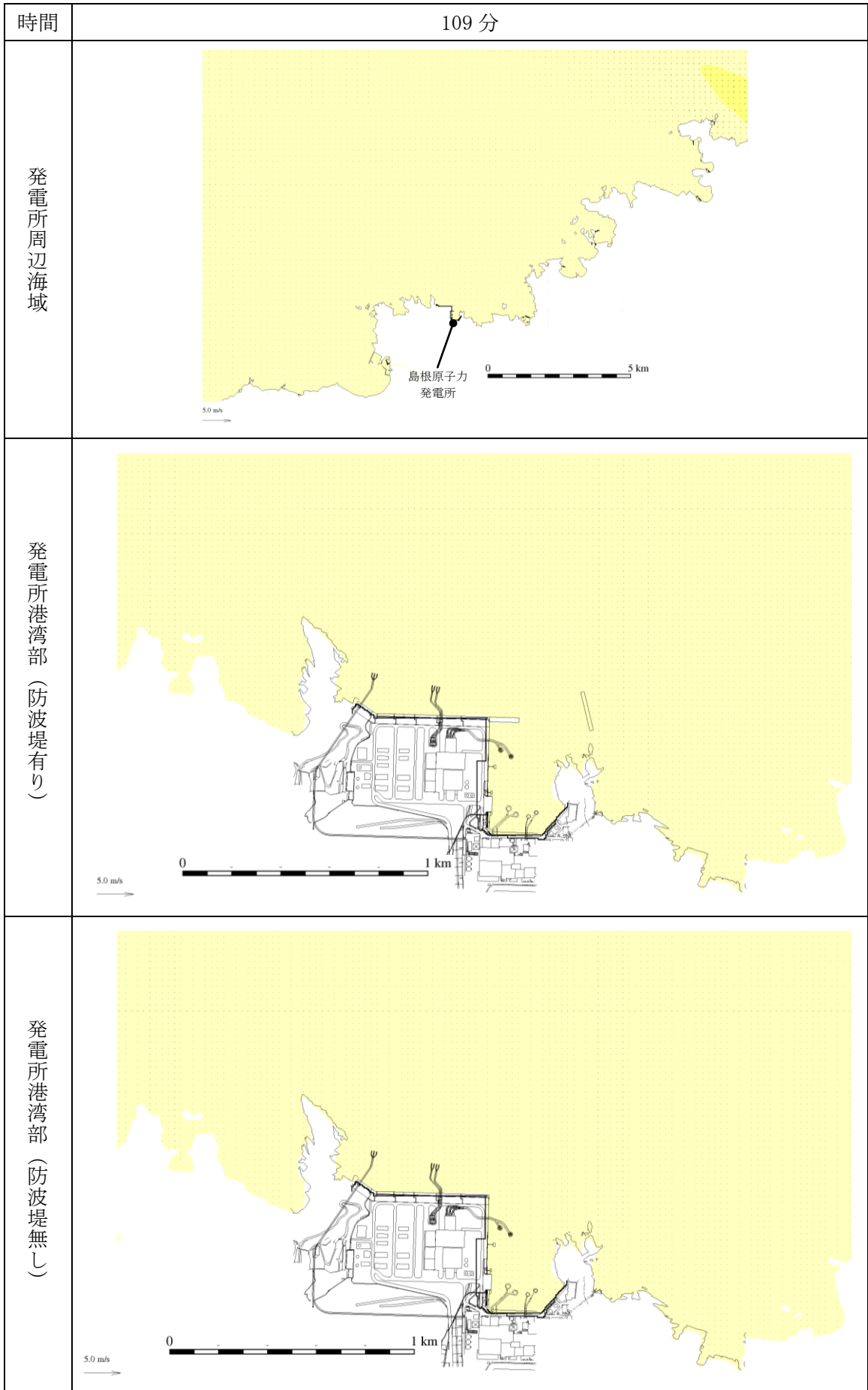
第 1 図(16) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



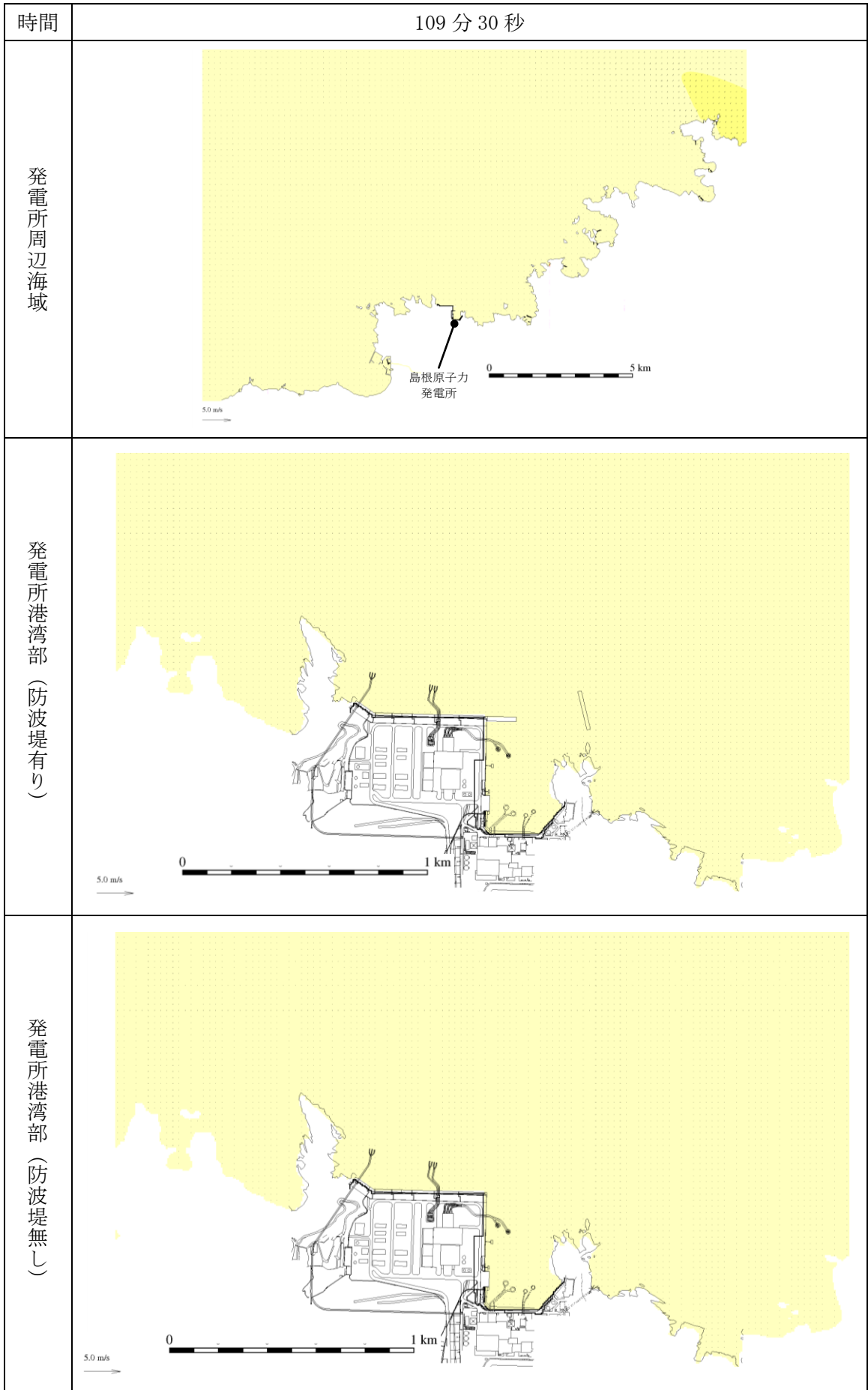
第 1 図(17) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



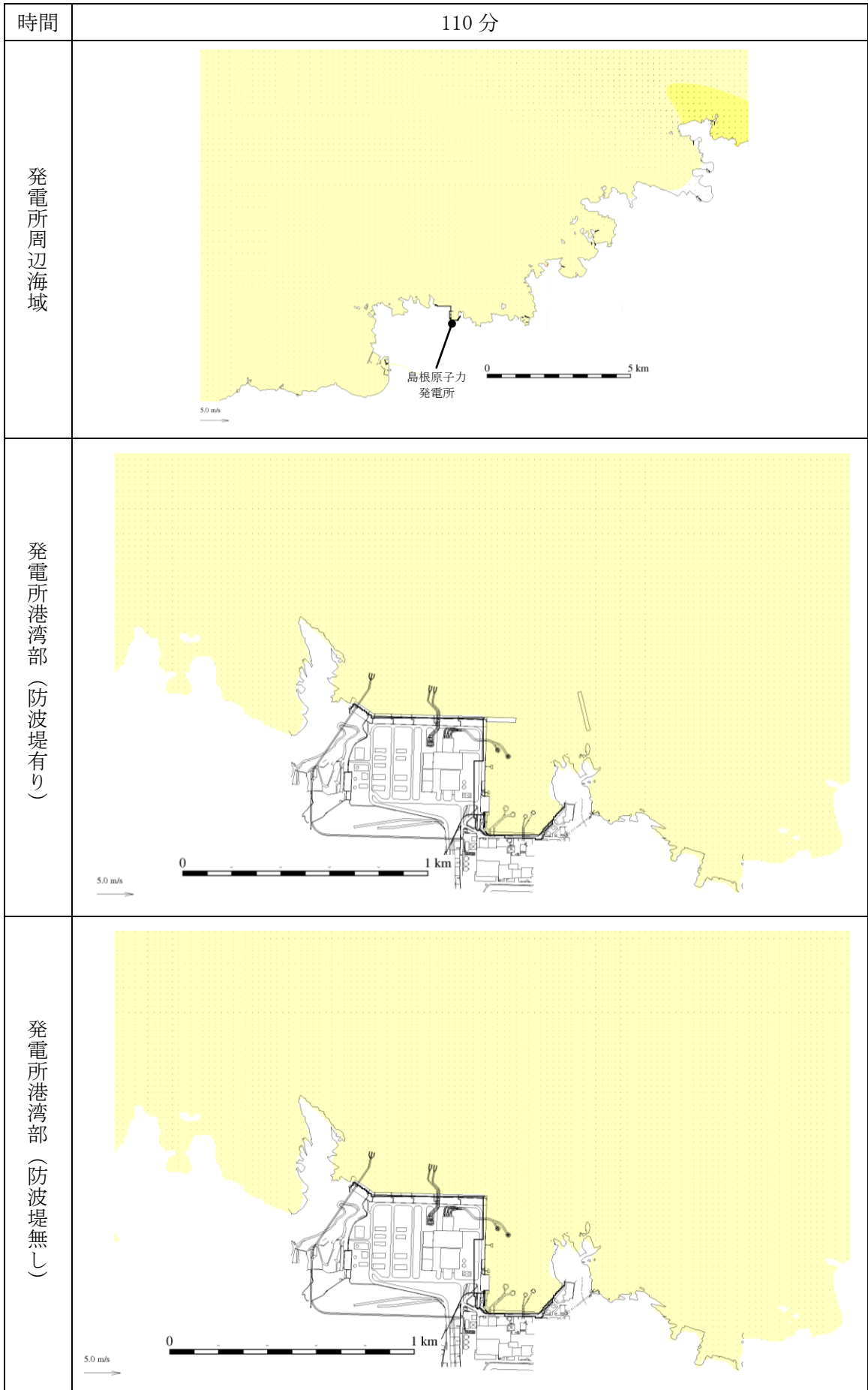
第 1 図(18) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



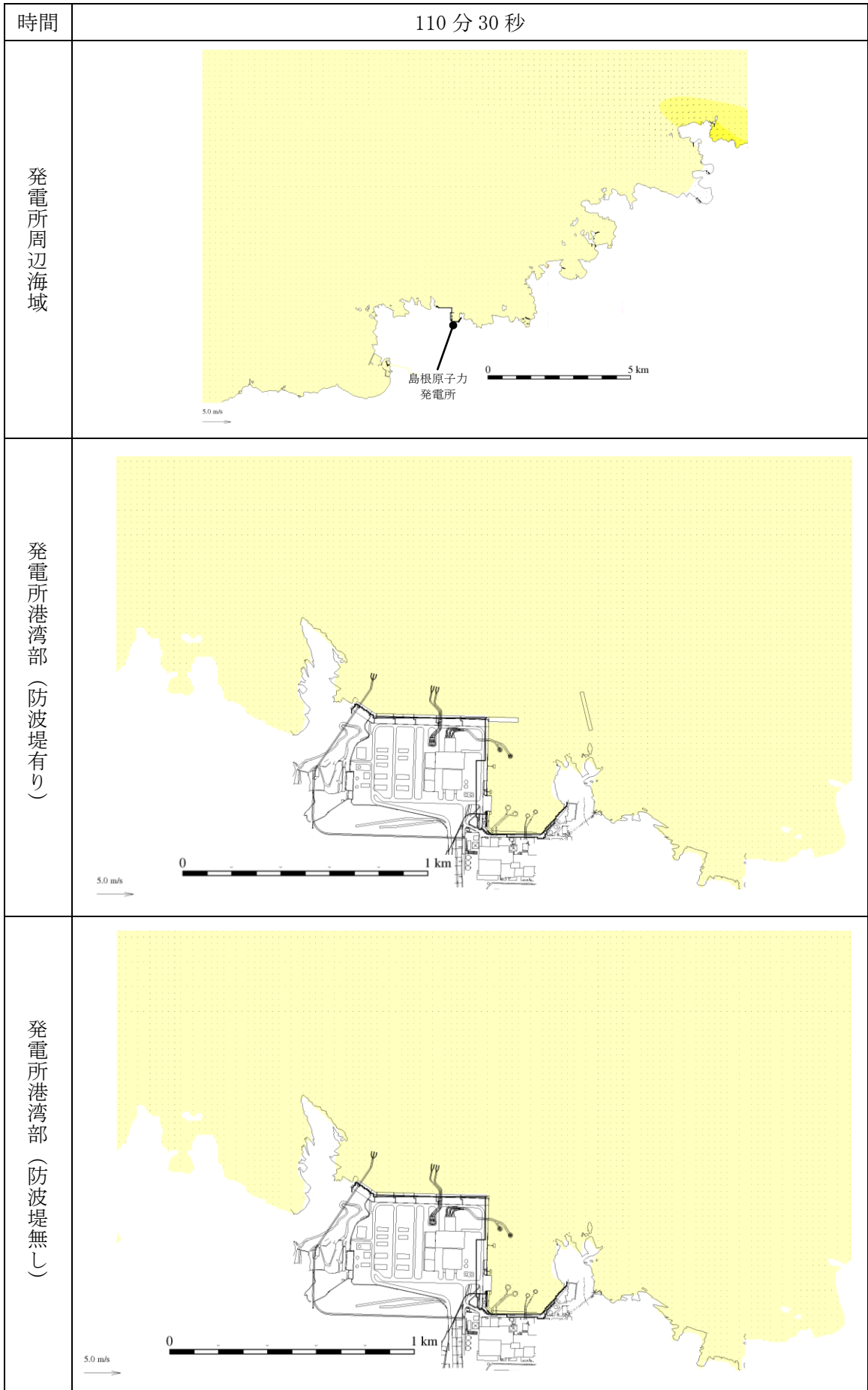
第 1 図(19) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



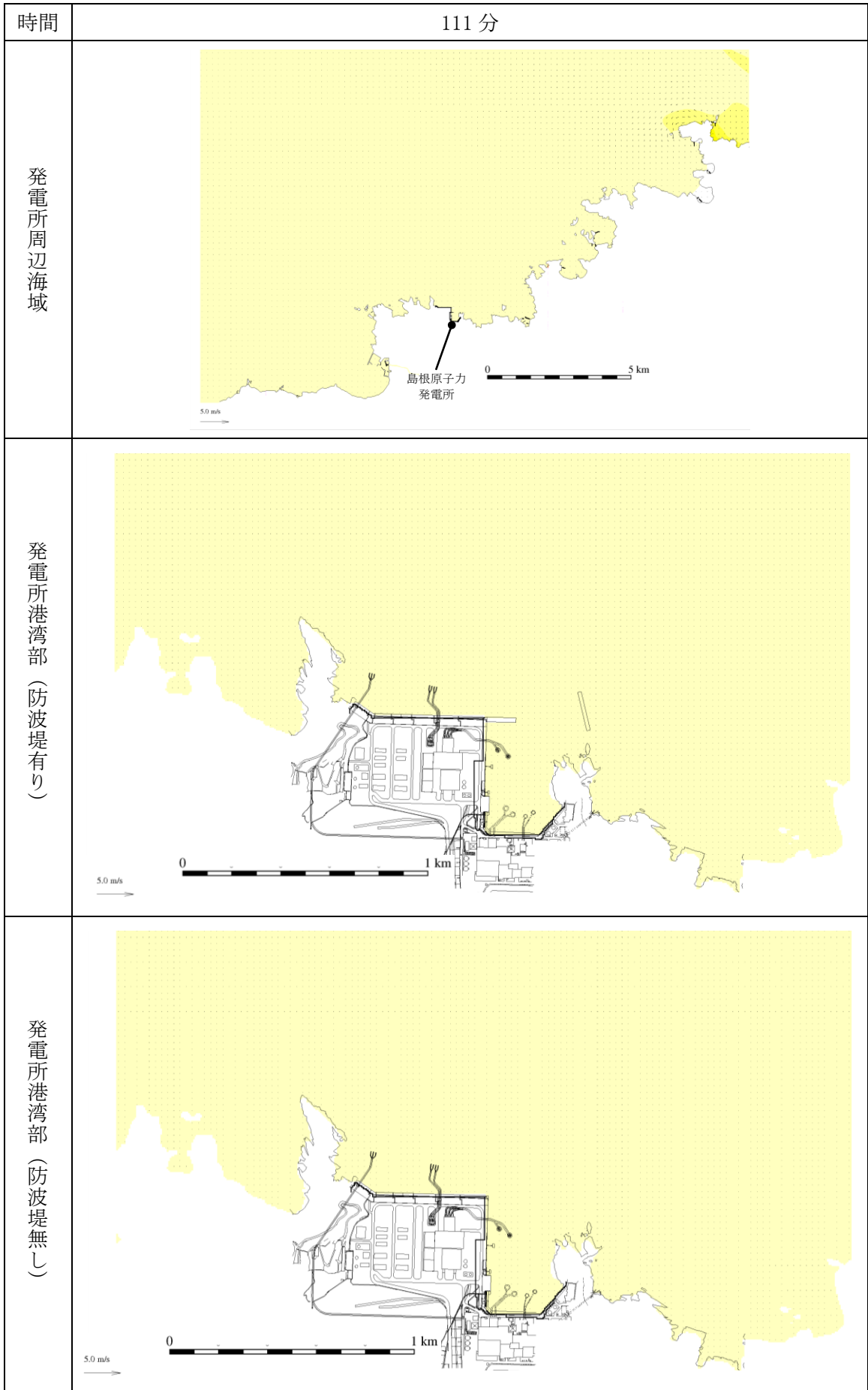
第 1 図(20) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



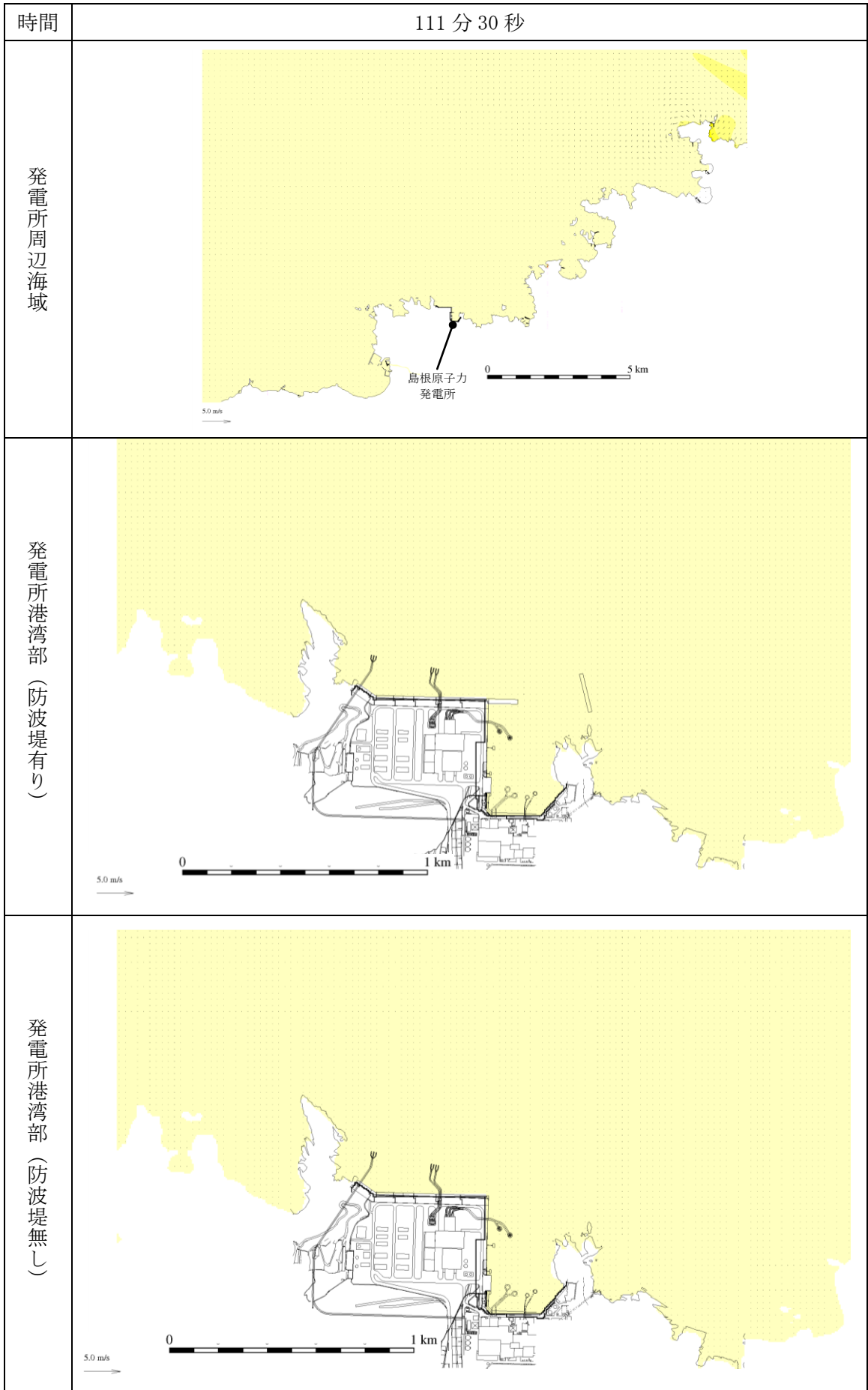
第 1 図(21) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



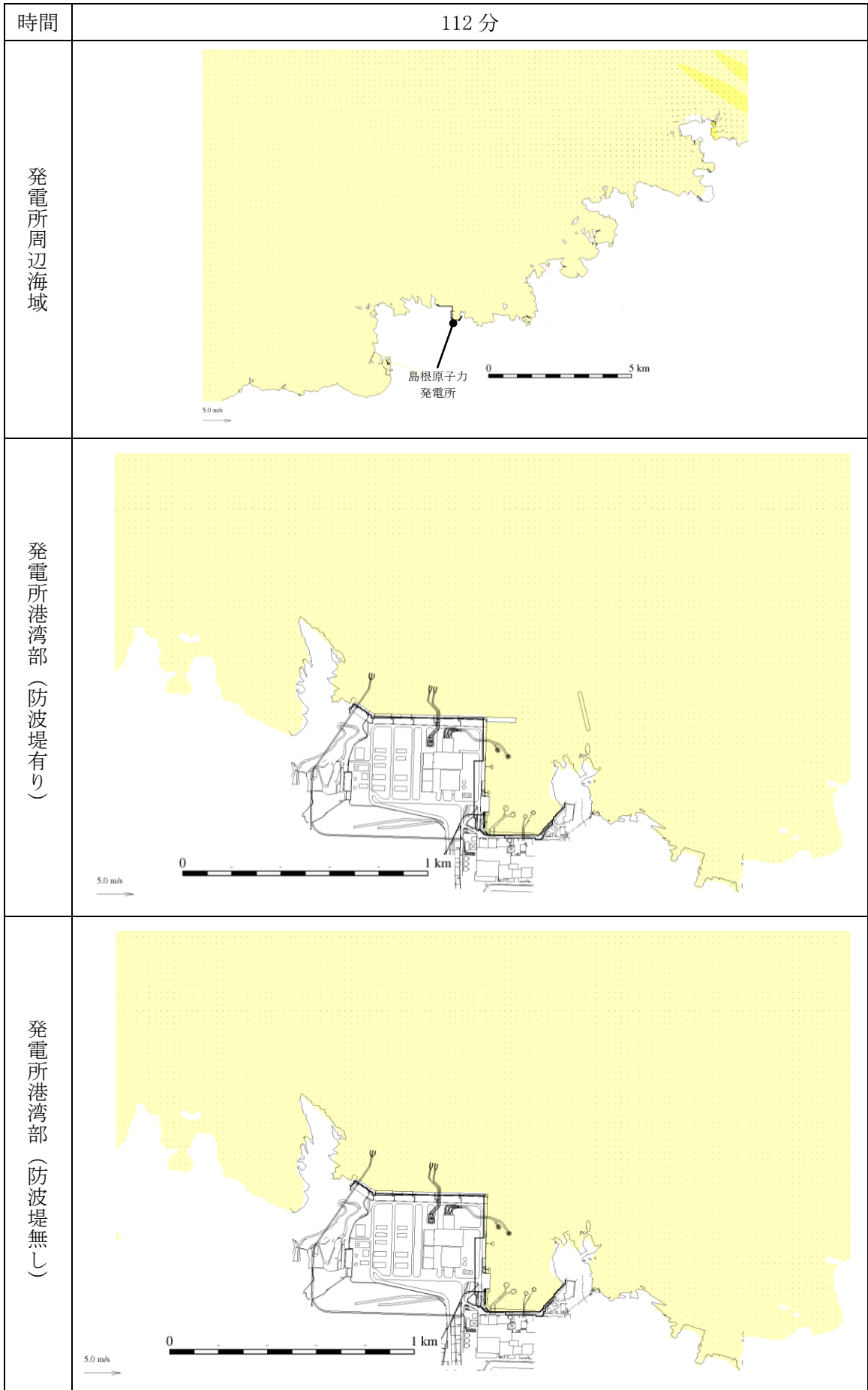
第 1 図(22) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



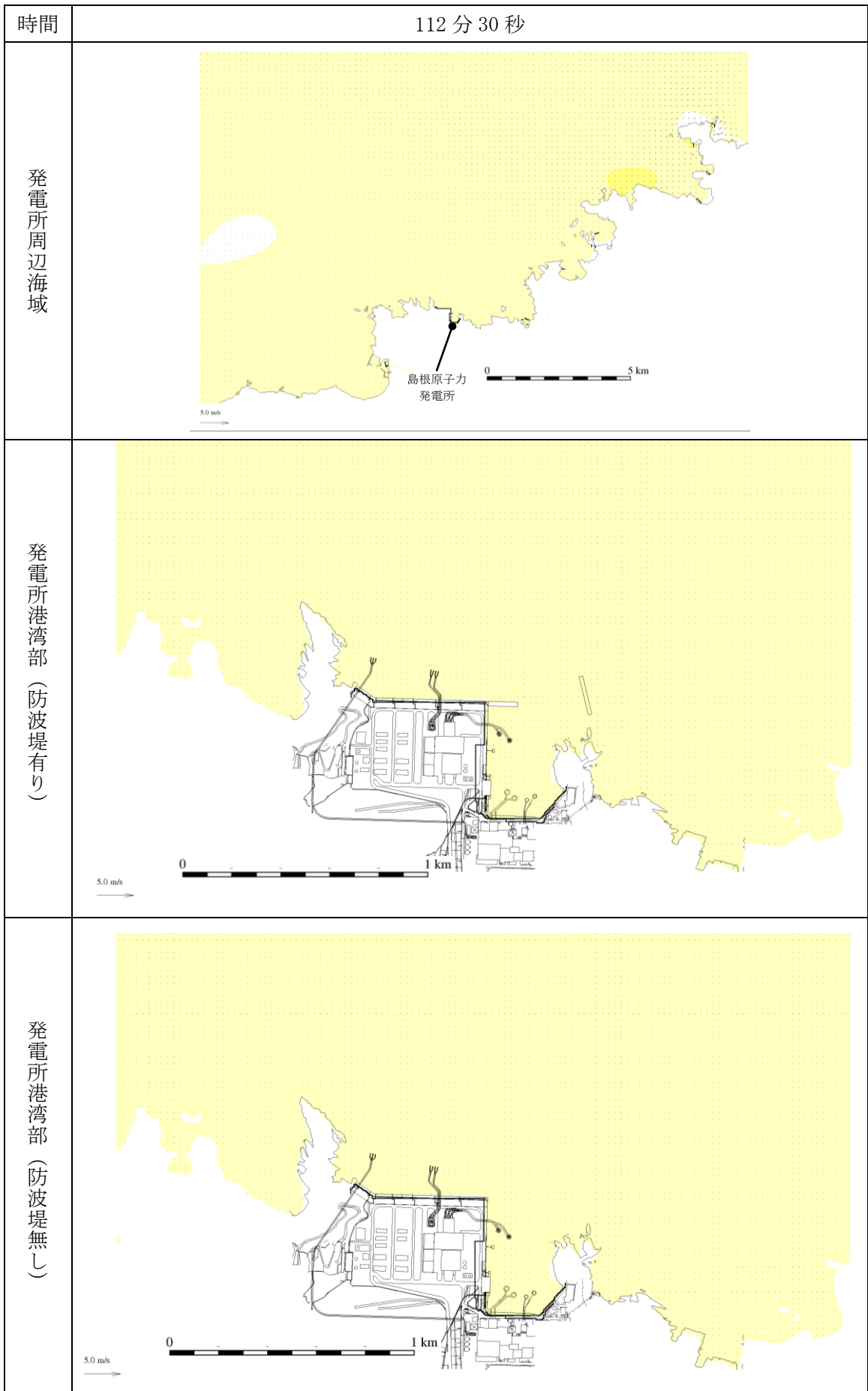
第 1 図(23) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



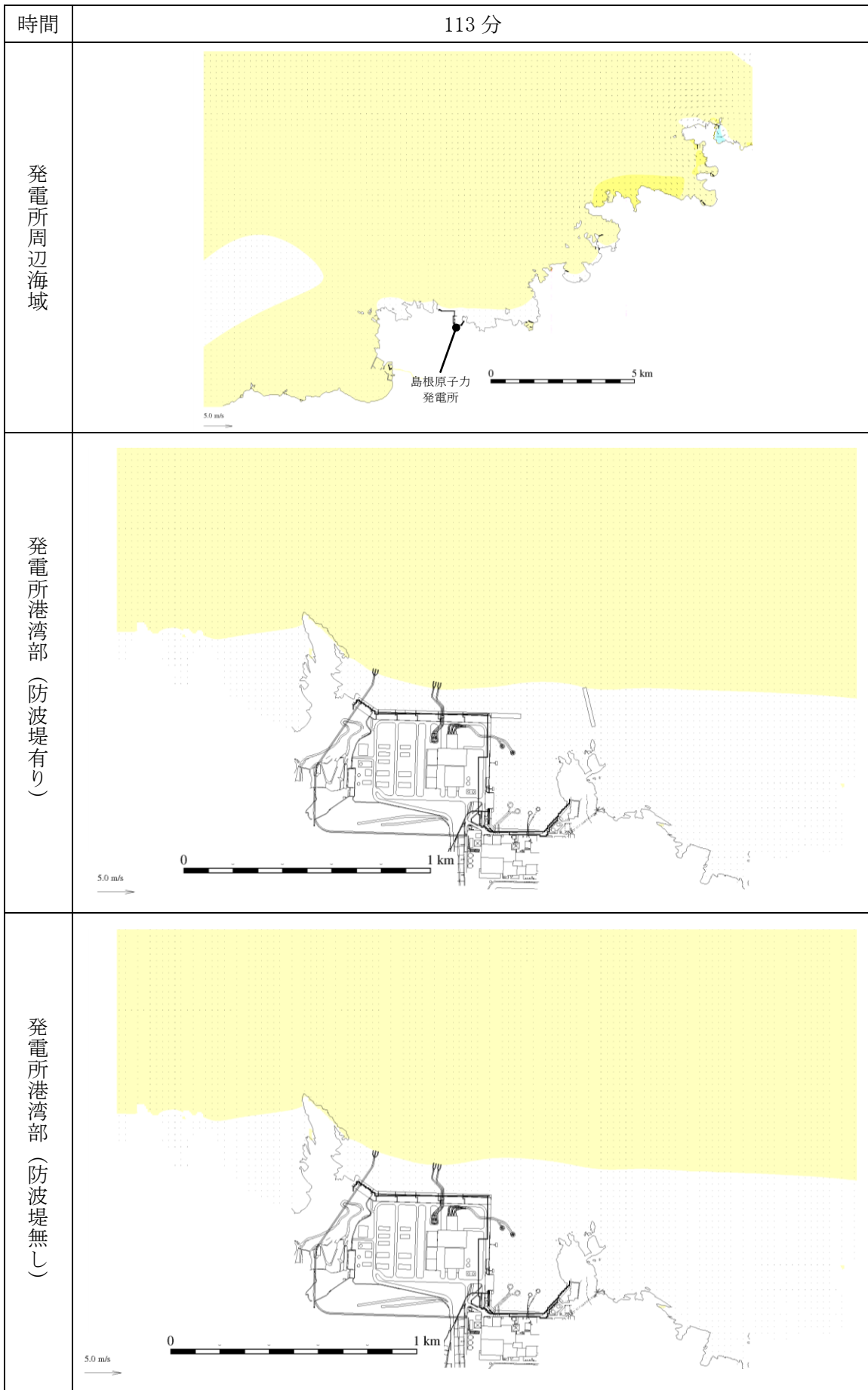
第 1 図(24) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



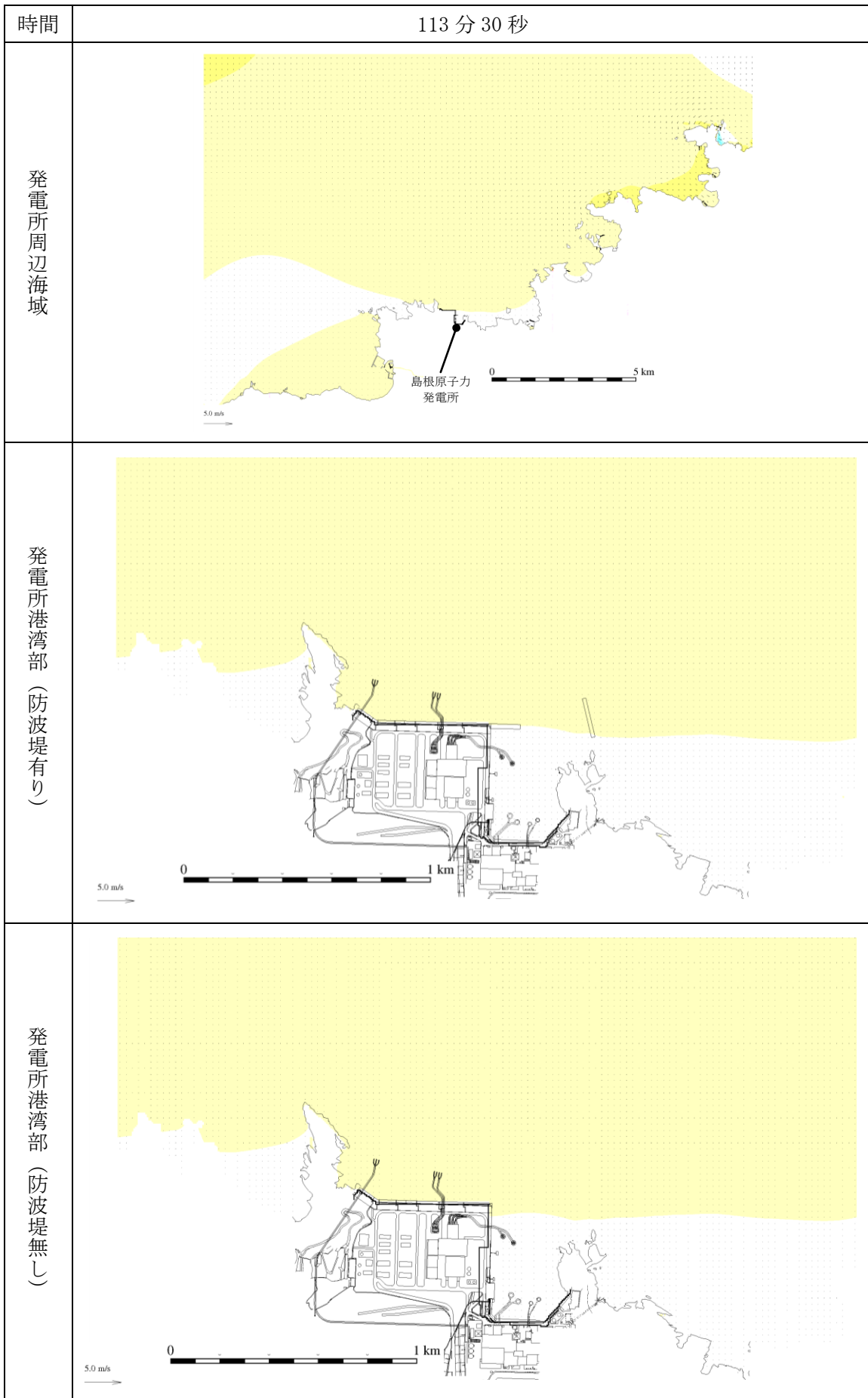
第 1 図(25) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



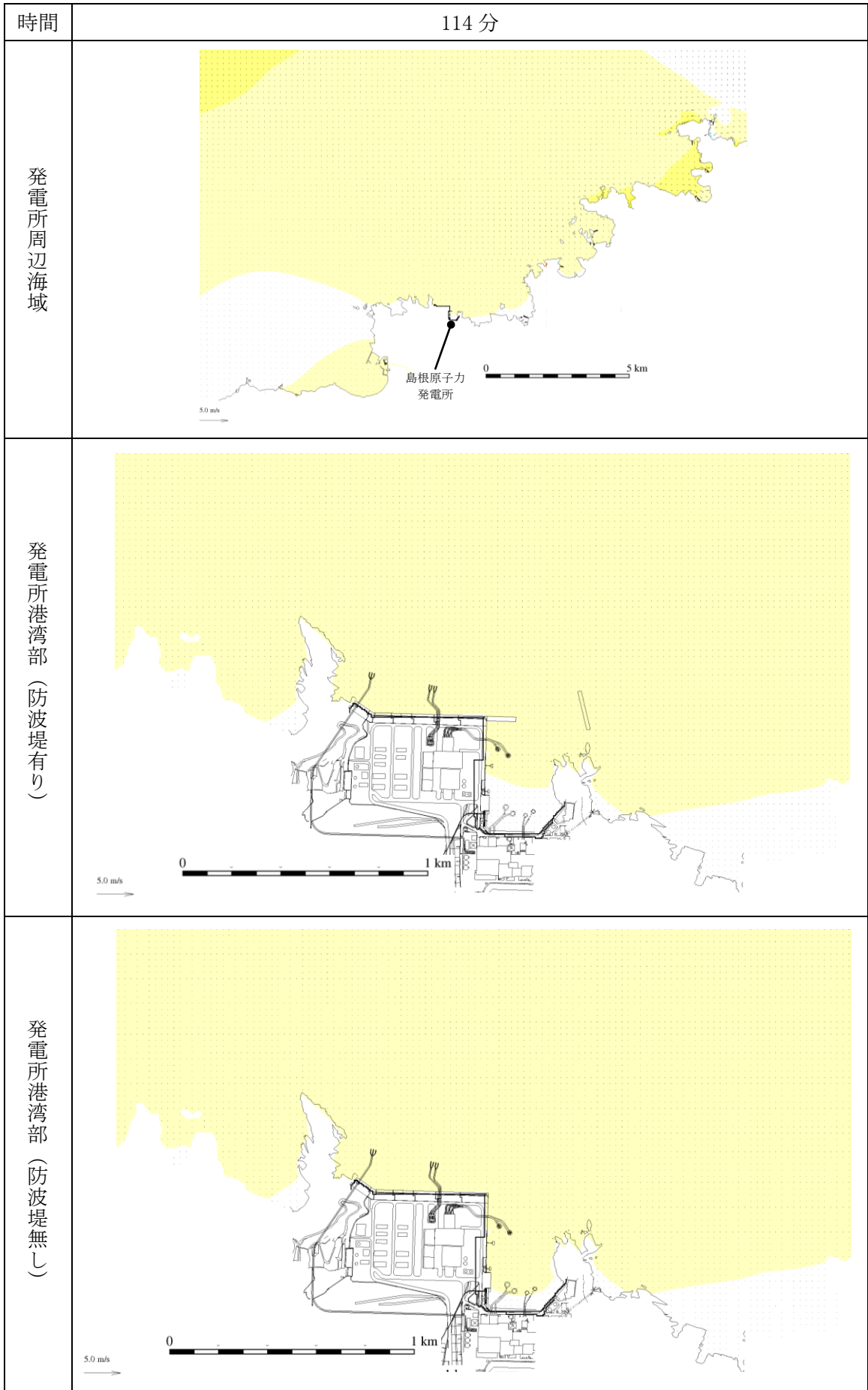
第 1 図(26) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



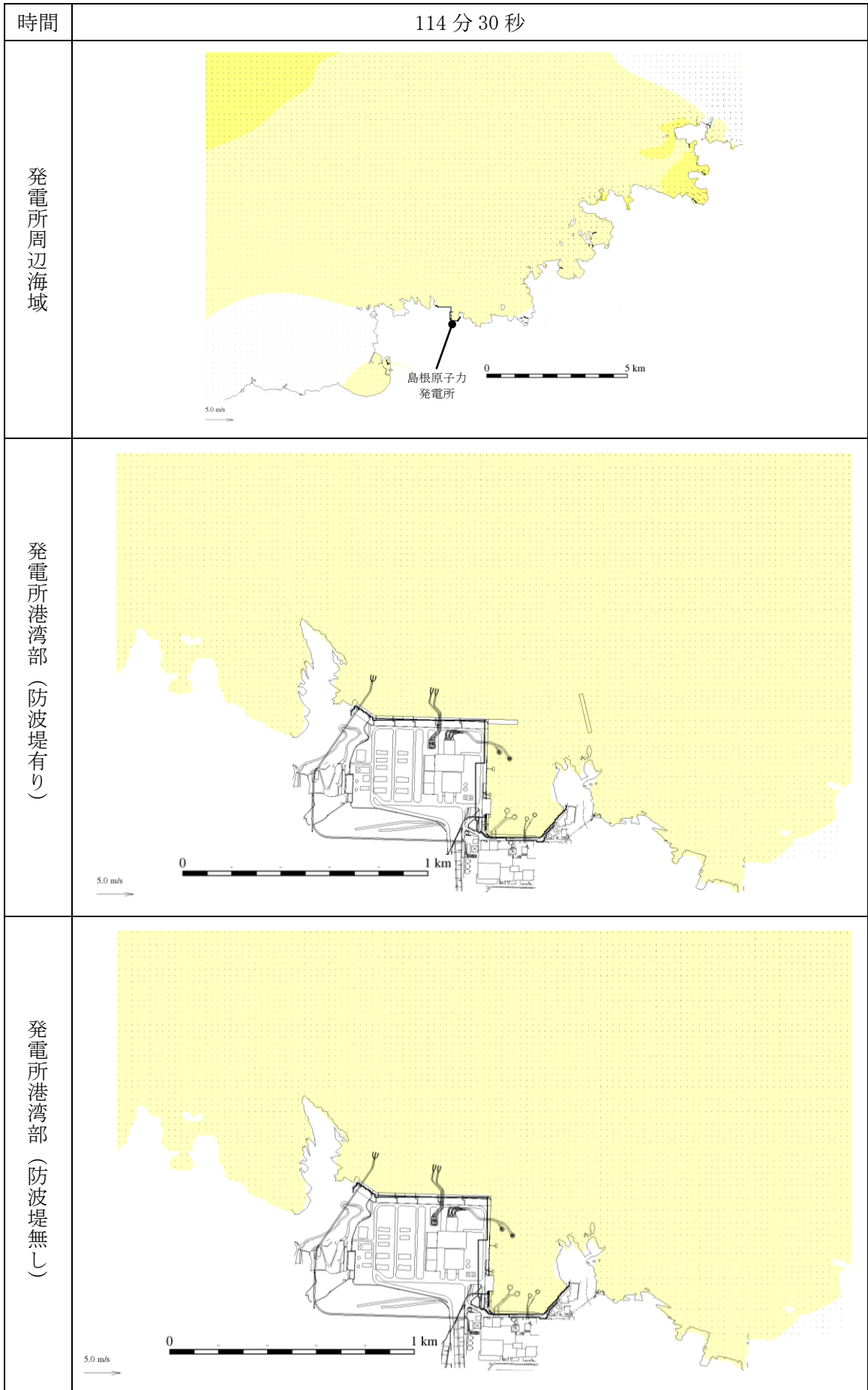
第 1 図(27) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



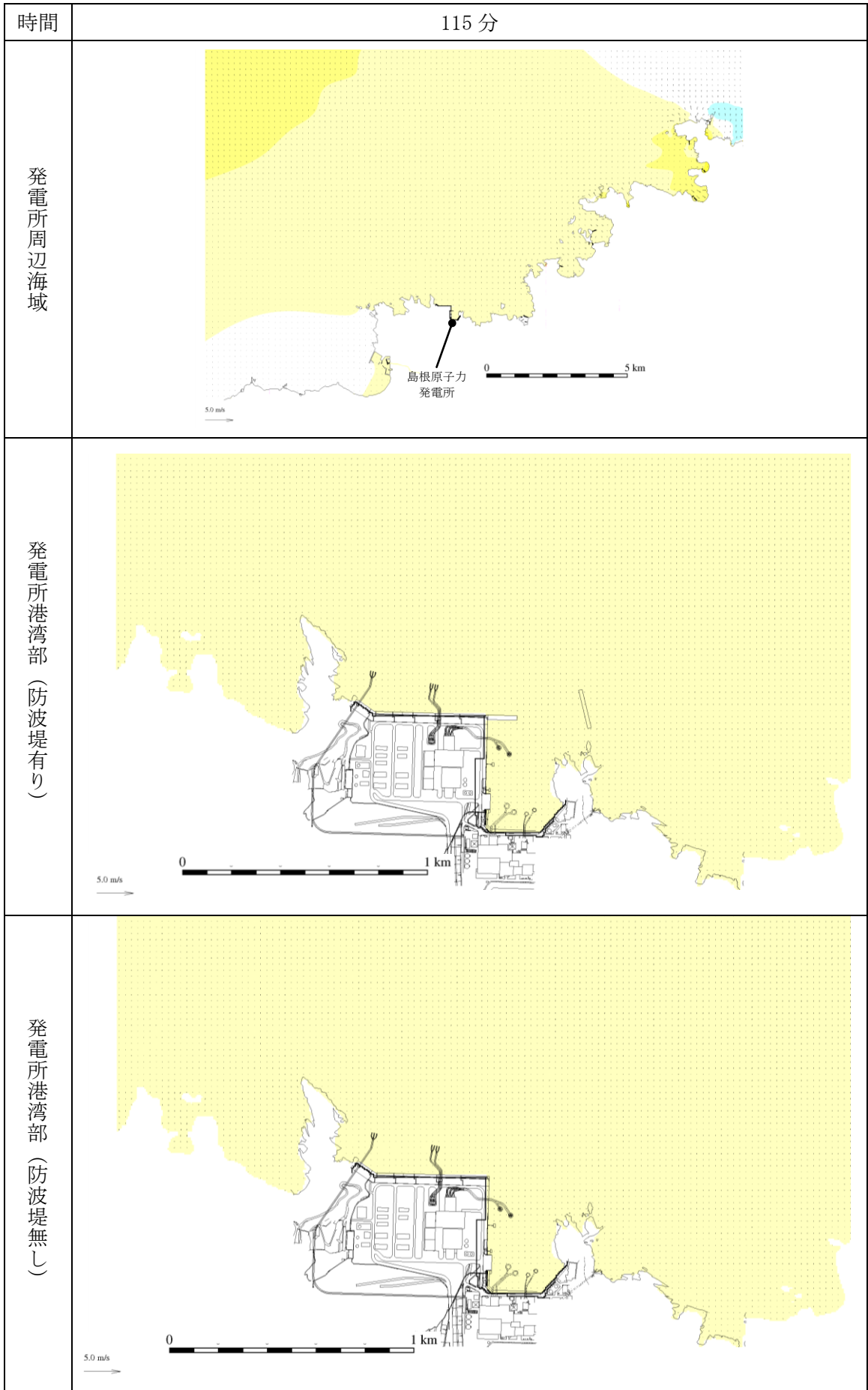
第 1 図(28) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



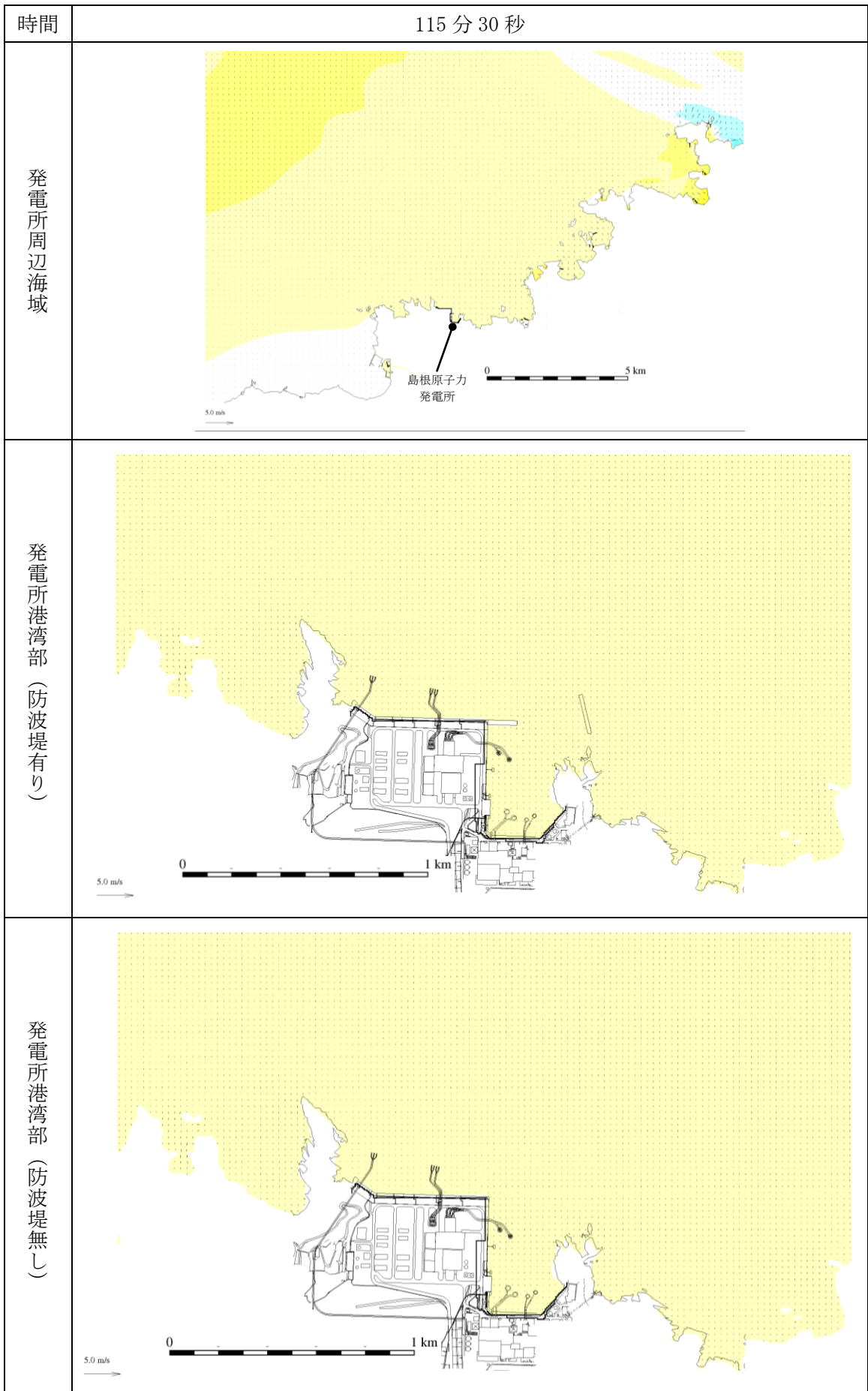
第 1 図(29) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



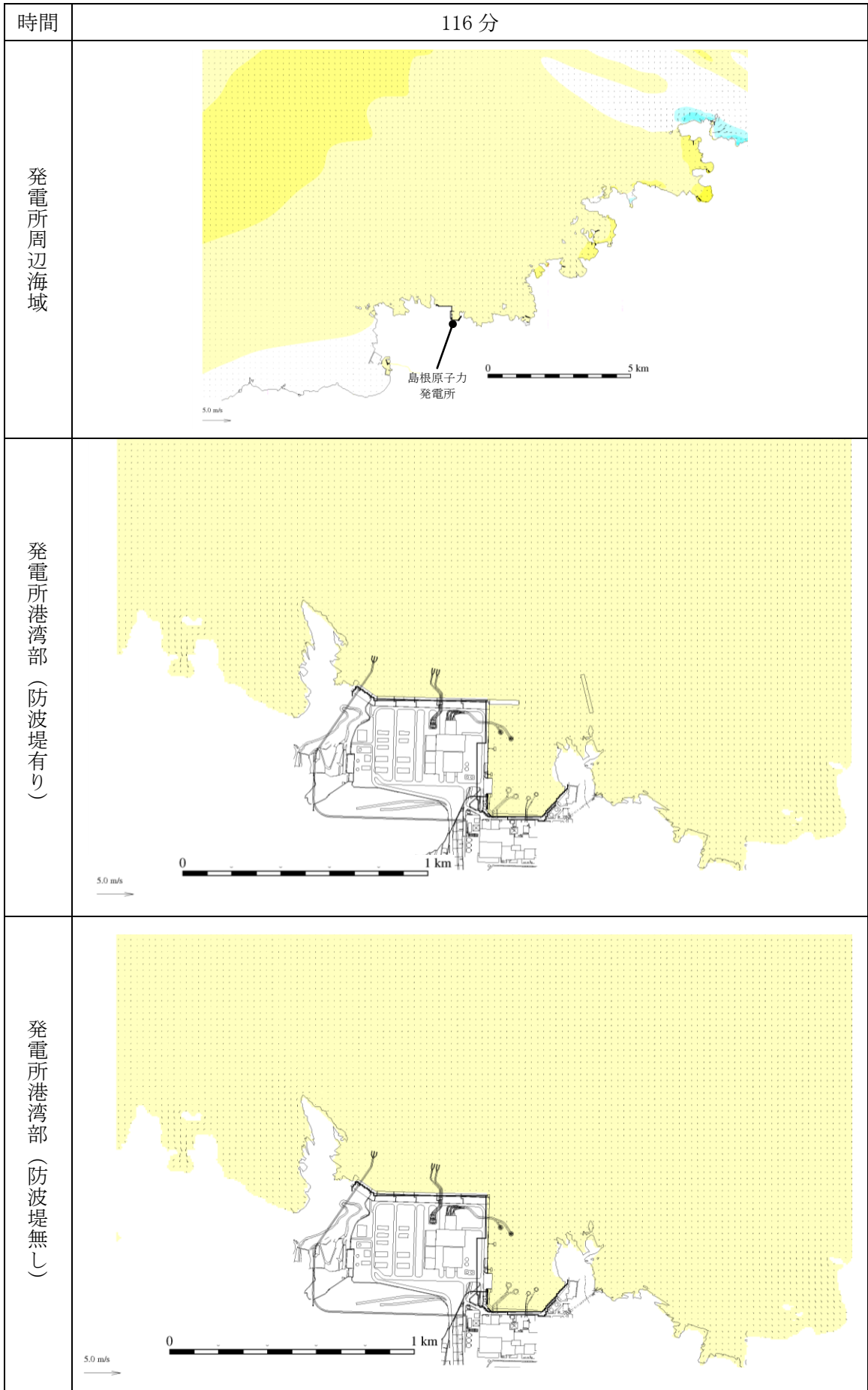
第 1 図(30) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



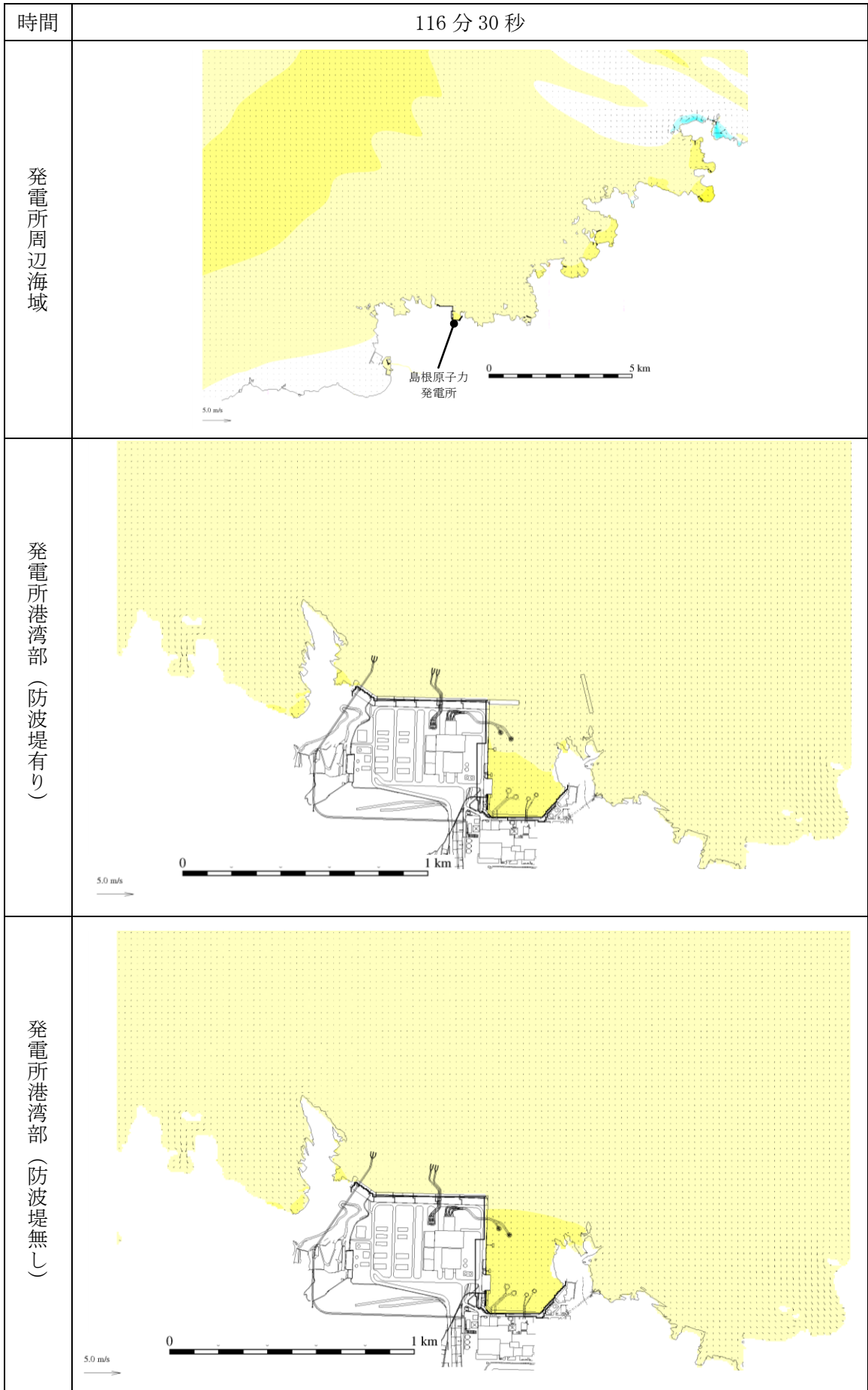
第 1 図(31) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



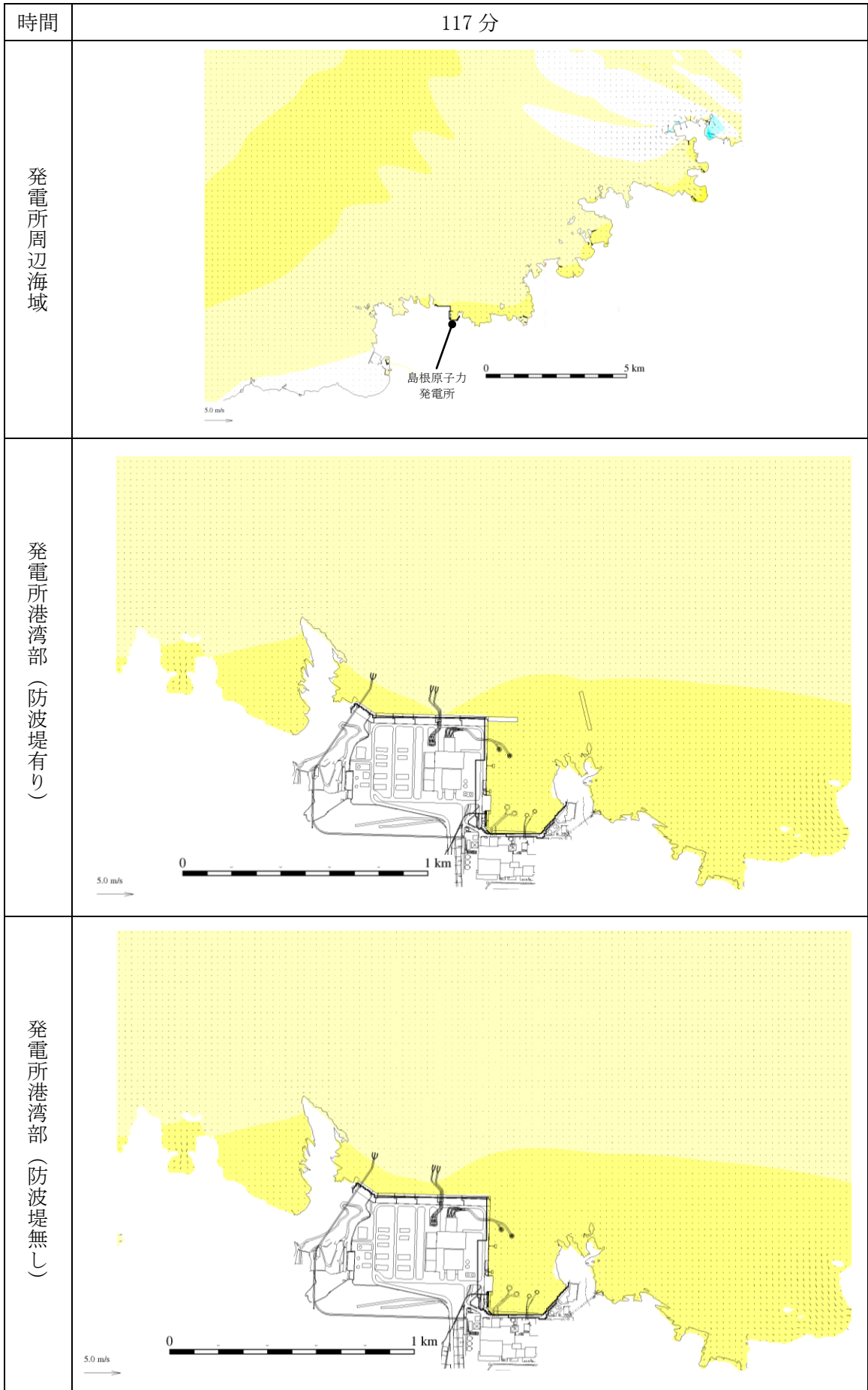
第 1 図 (32) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



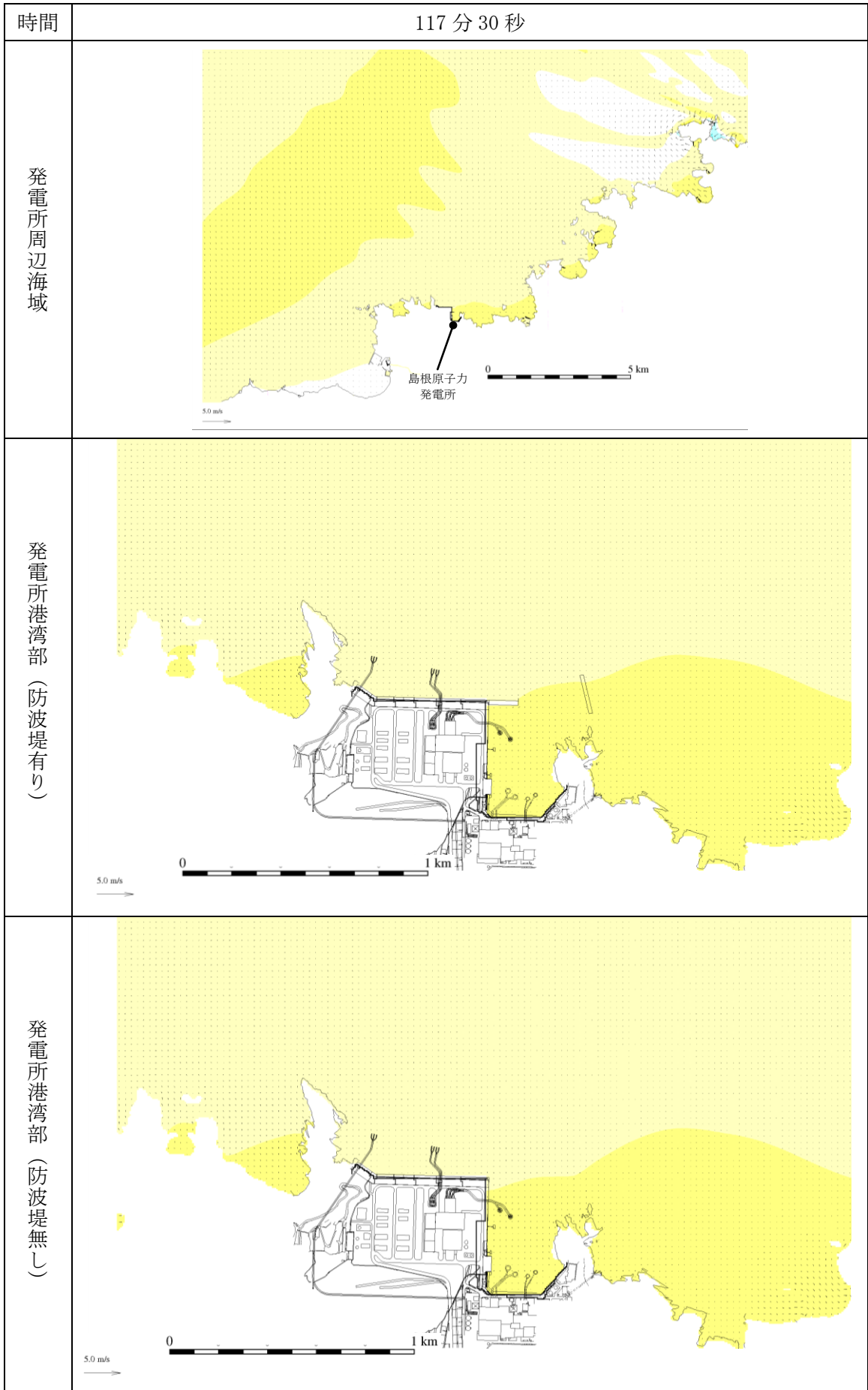
第 1 図(33) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



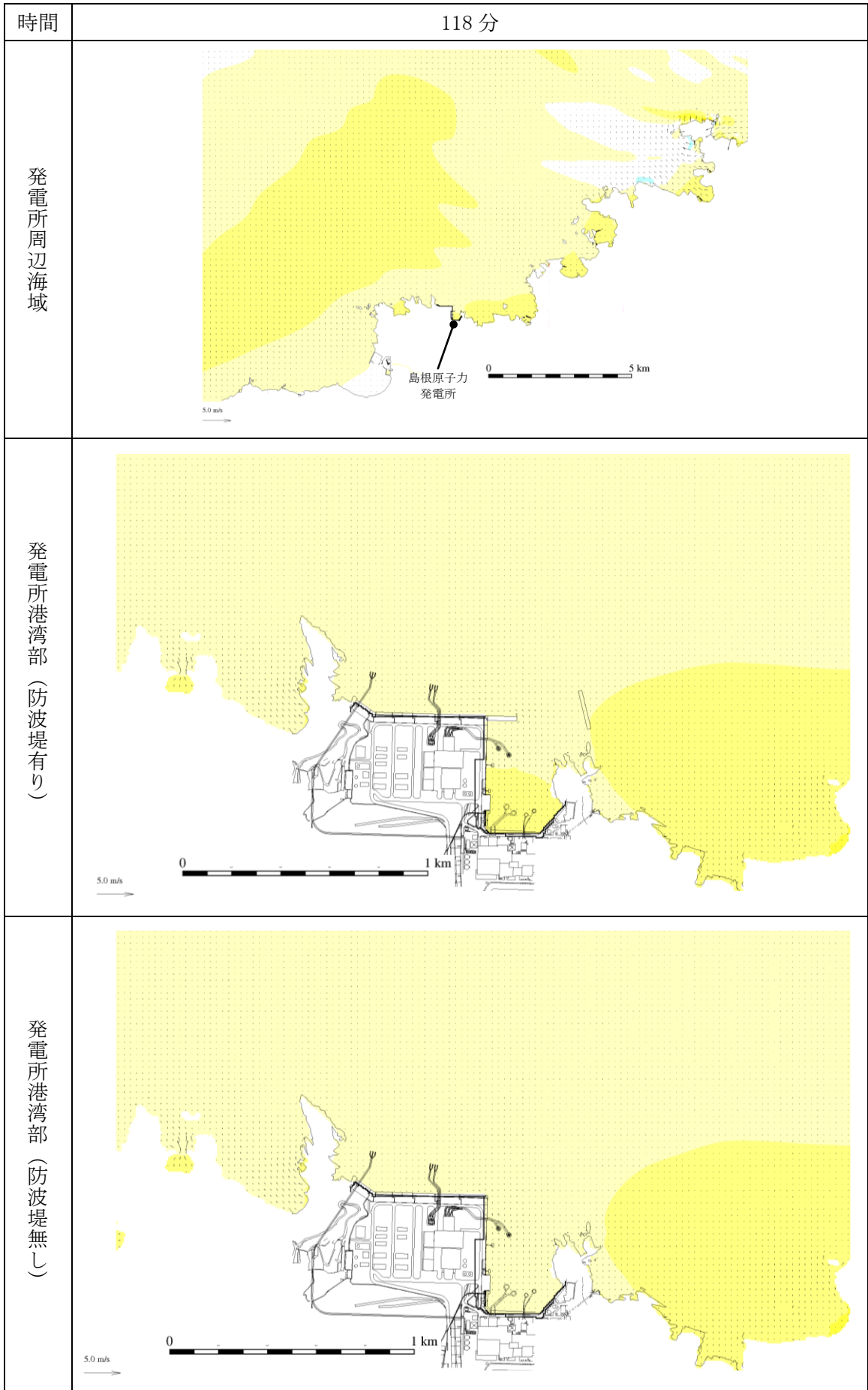
第 1 図 (34) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



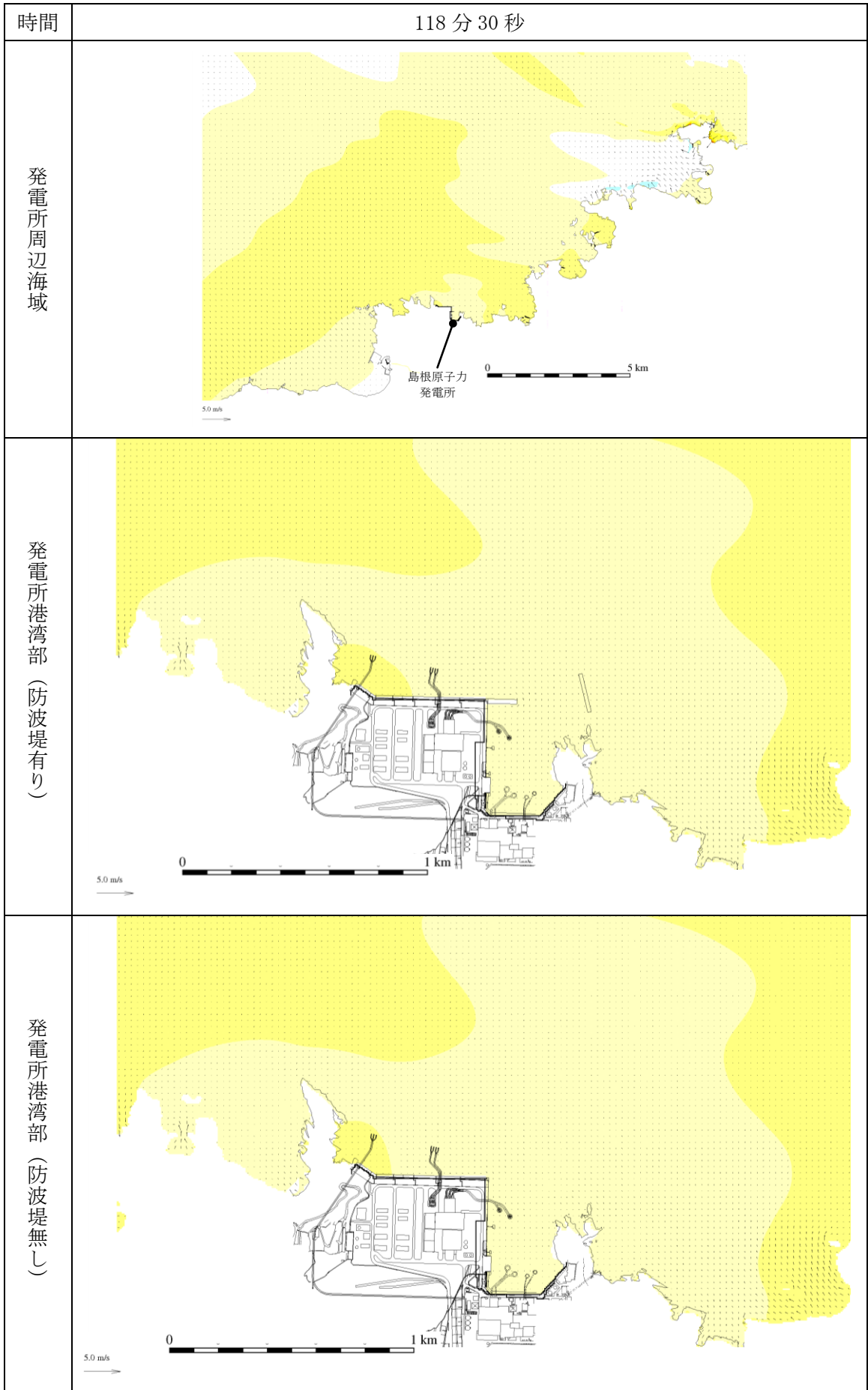
第 1 図 (35) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



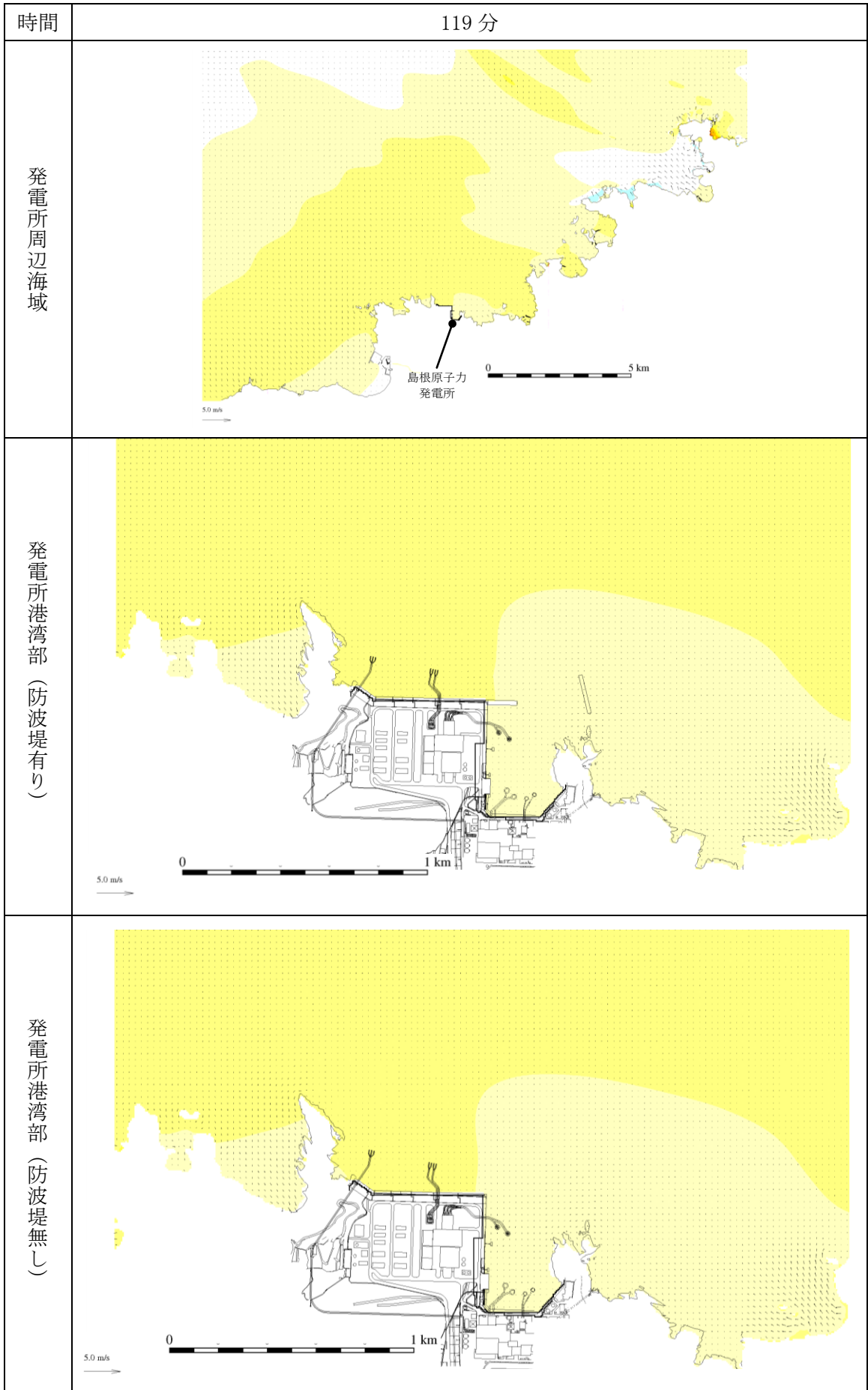
第 1 図(36) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



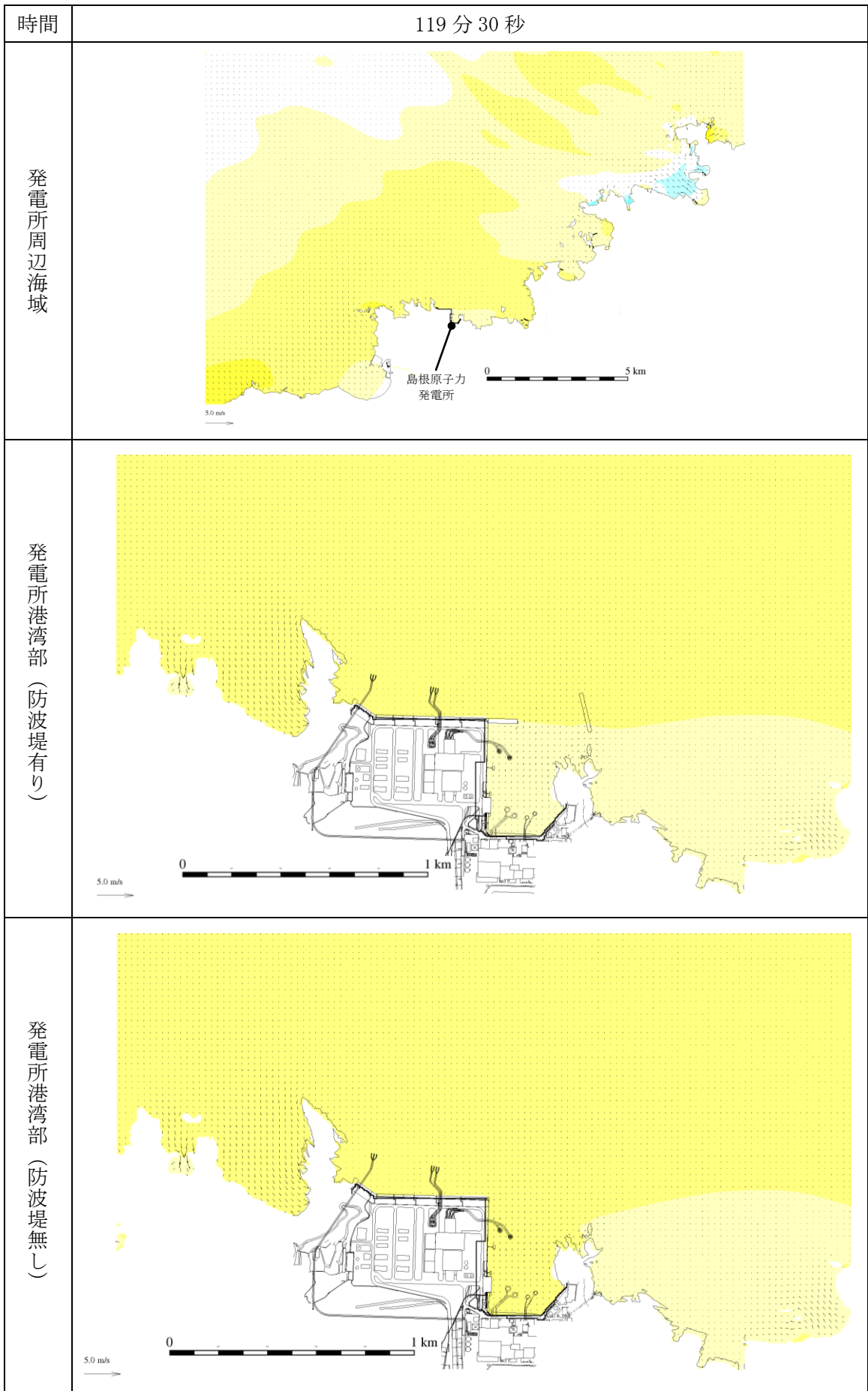
第 1 図 (37) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



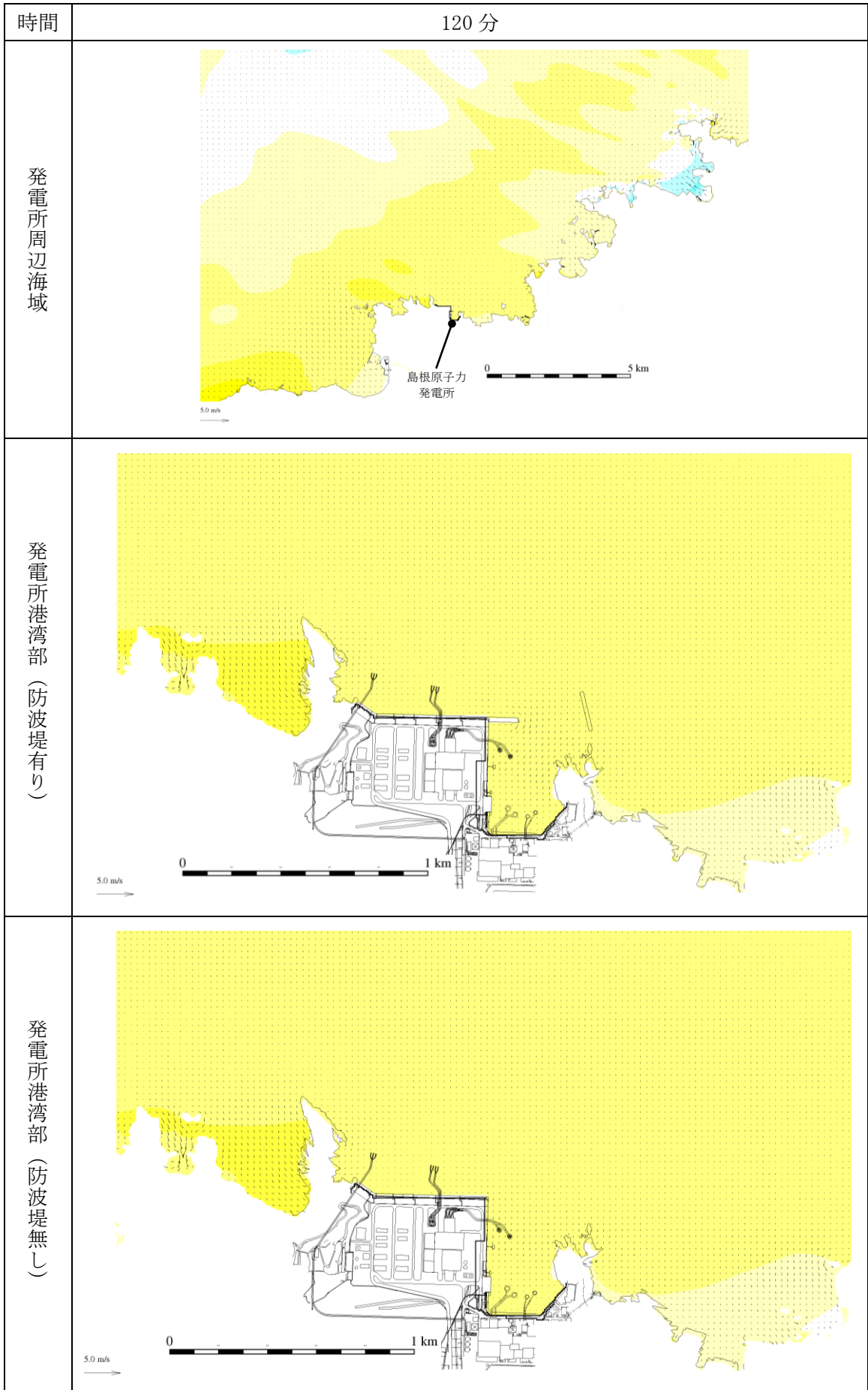
第 1 図(38) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



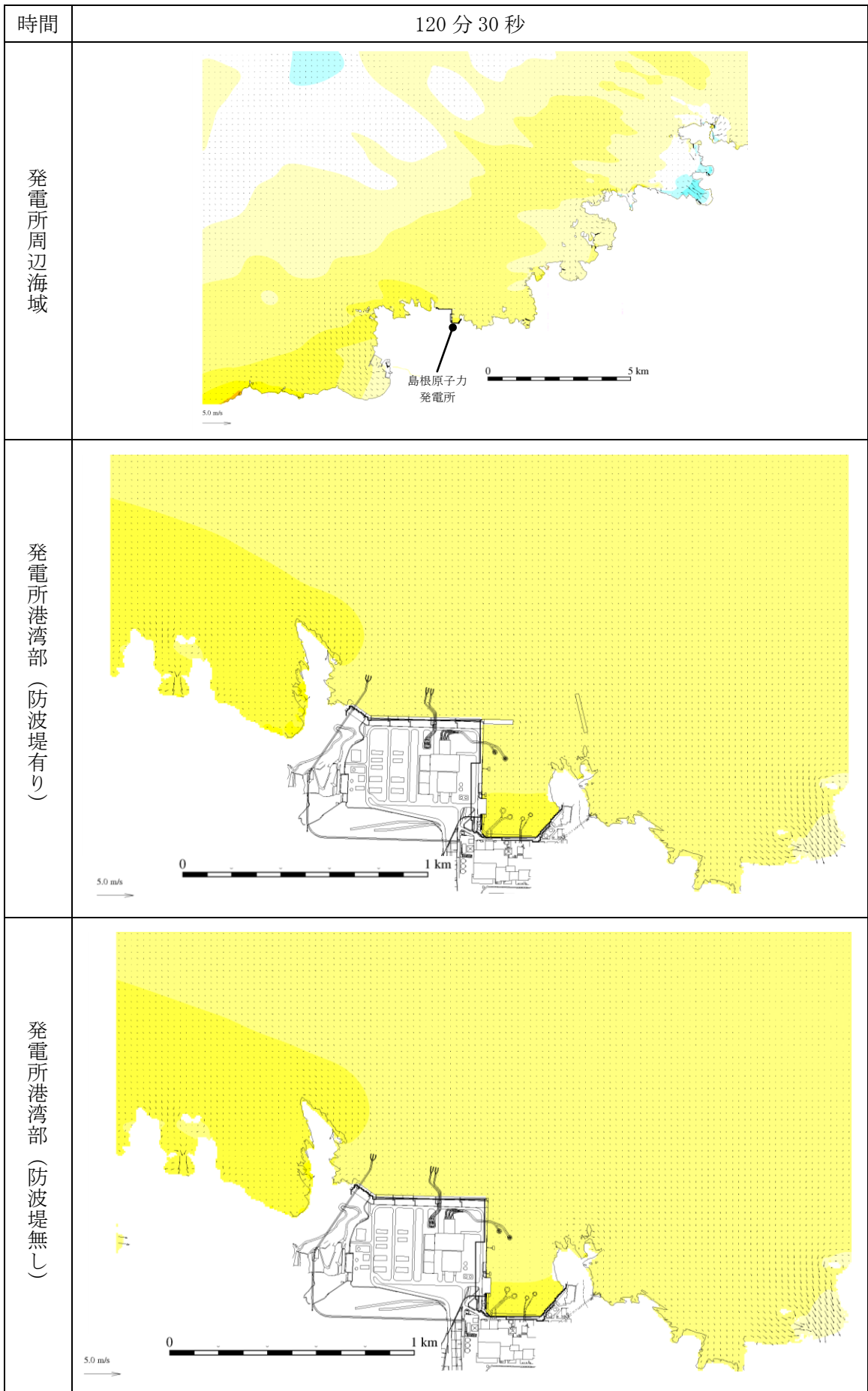
第 1 図 (39) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



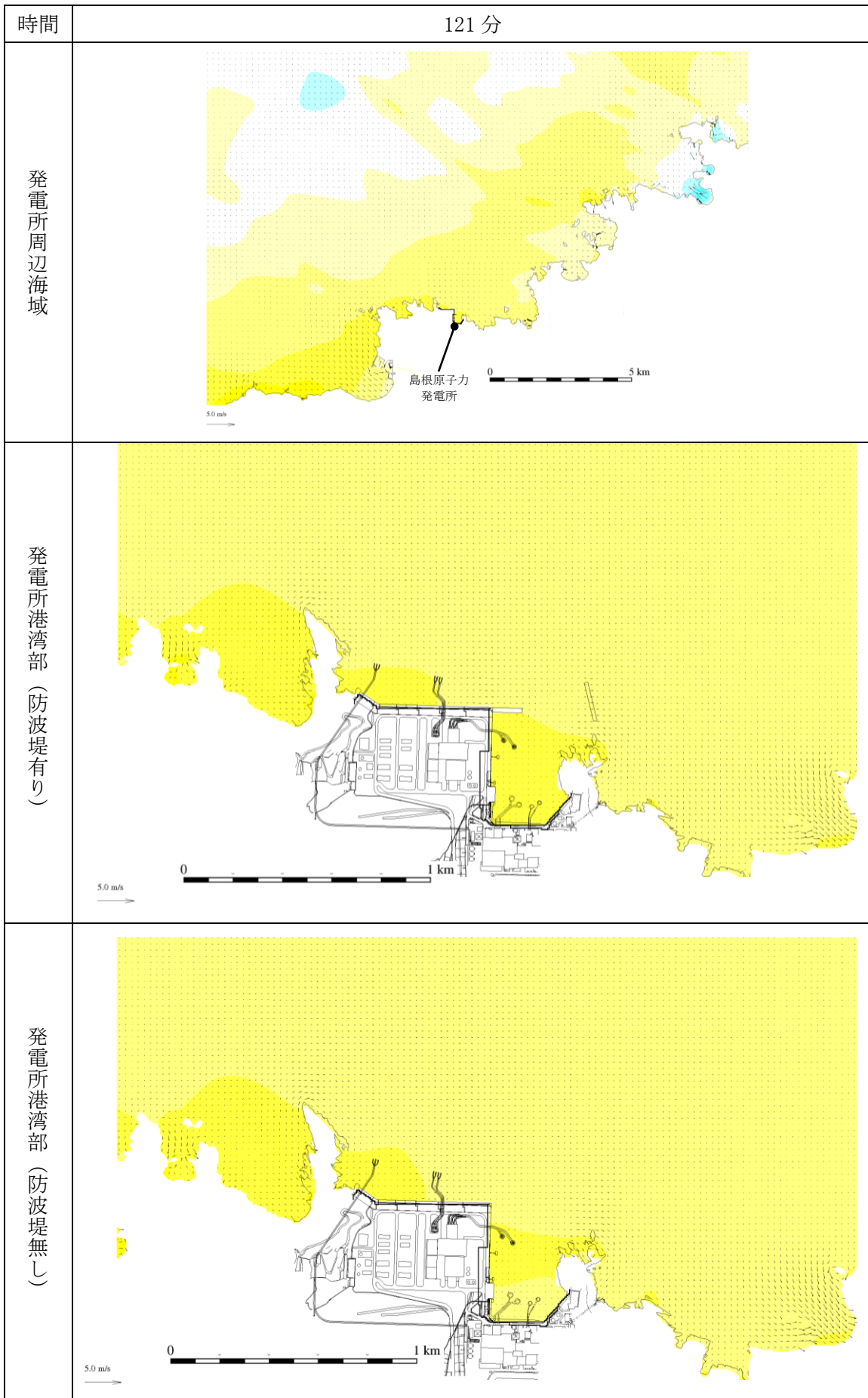
第 1 図(40) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



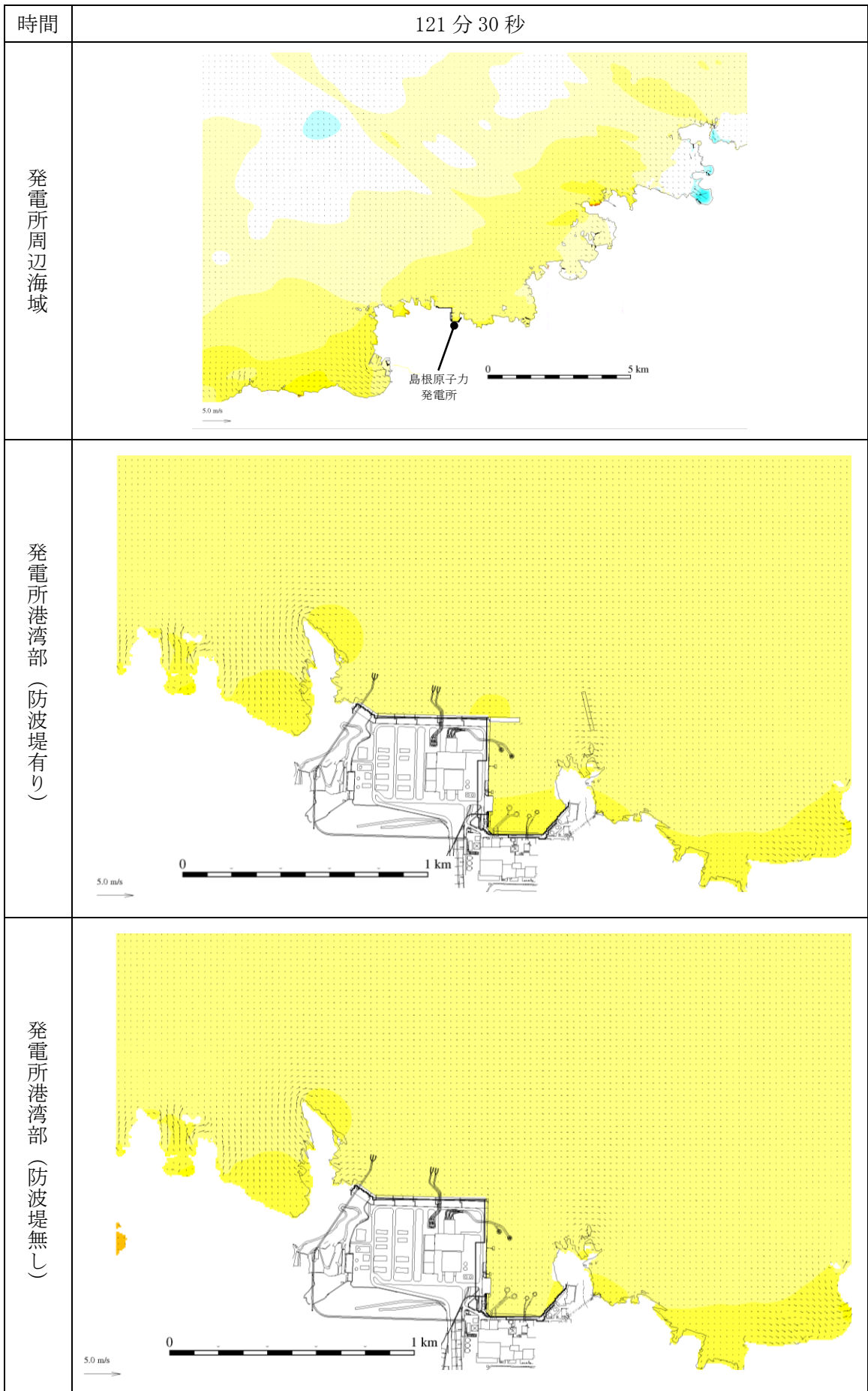
第 1 図(41) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



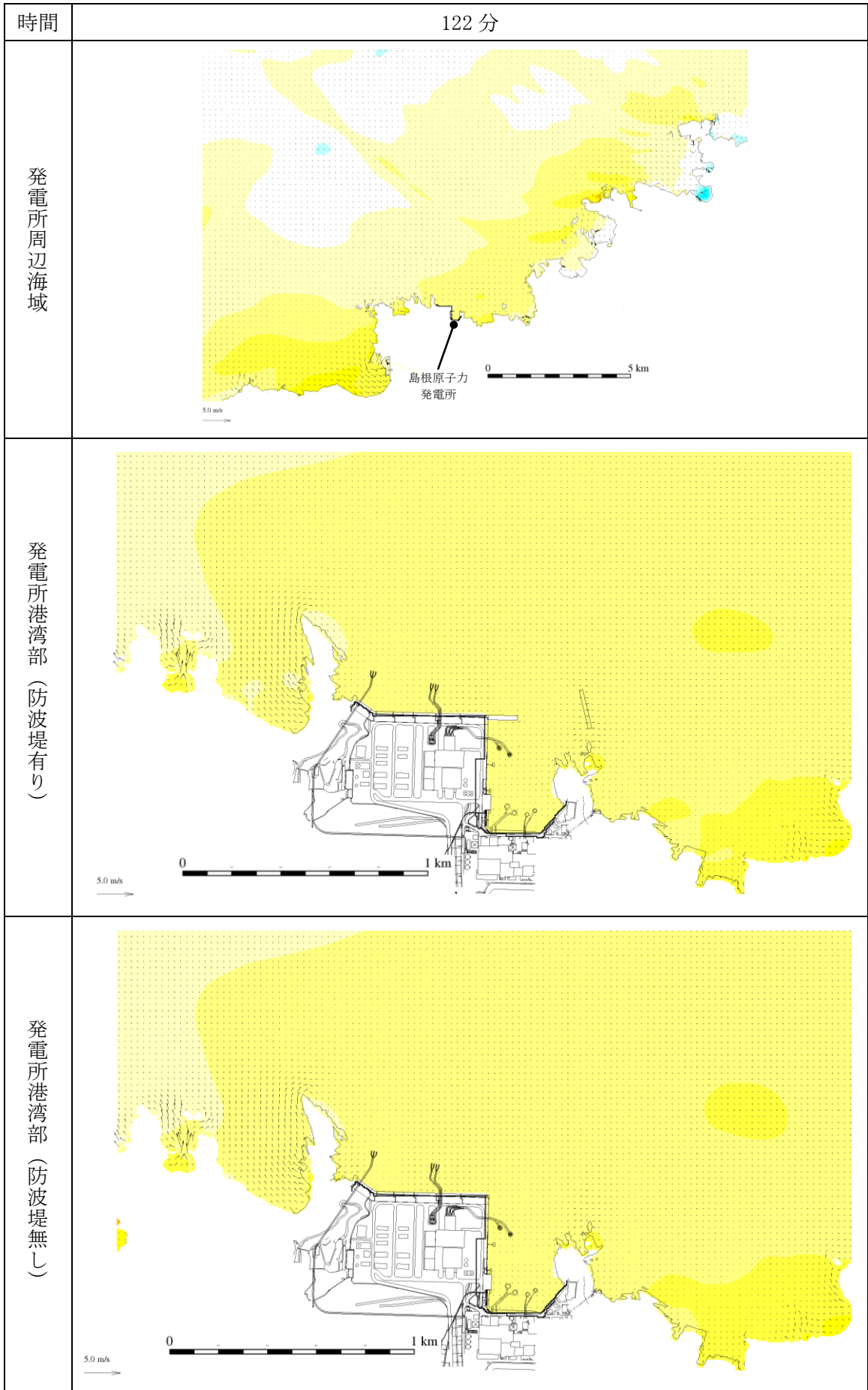
第 1 図(42) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



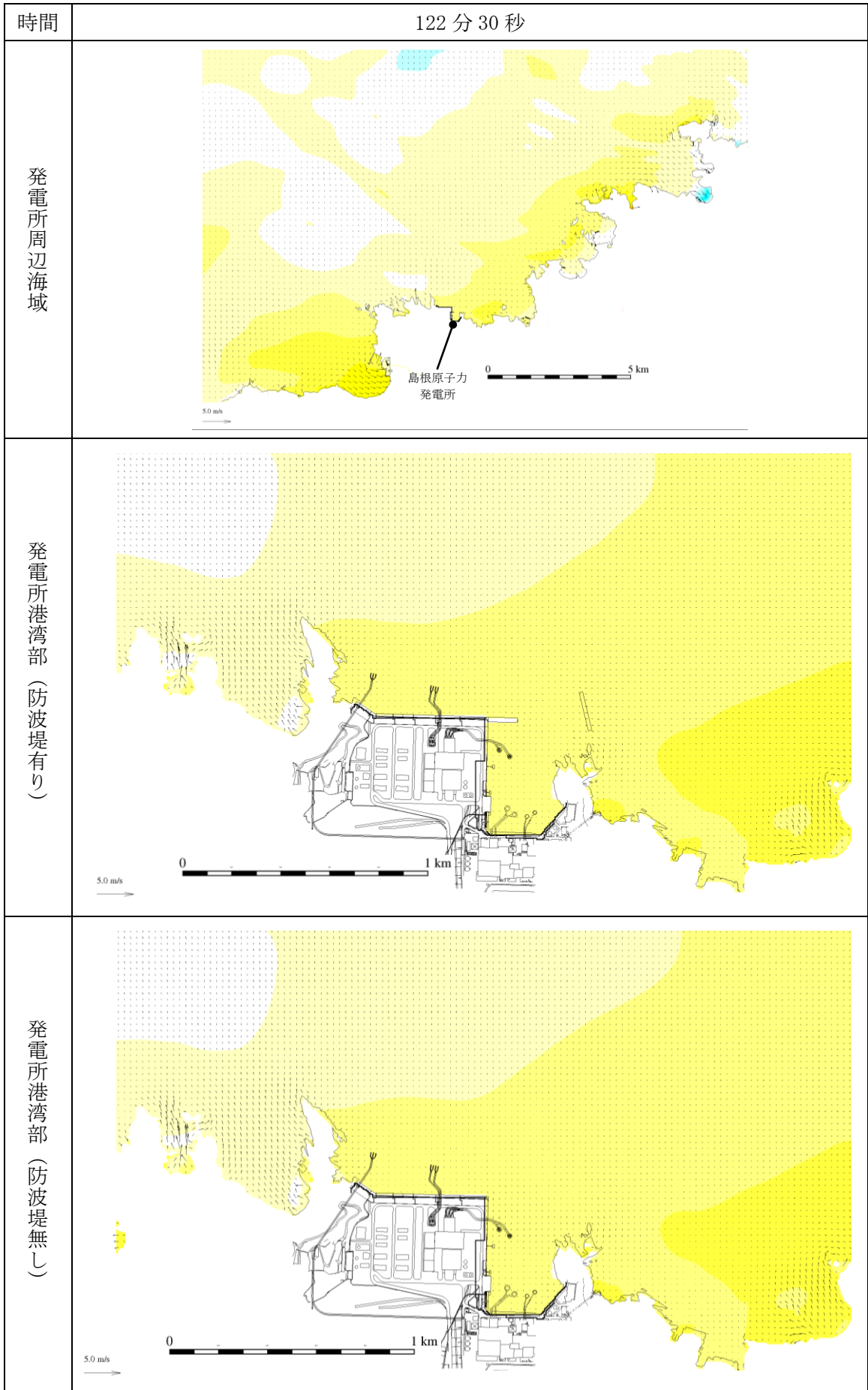
第 1 図(43) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



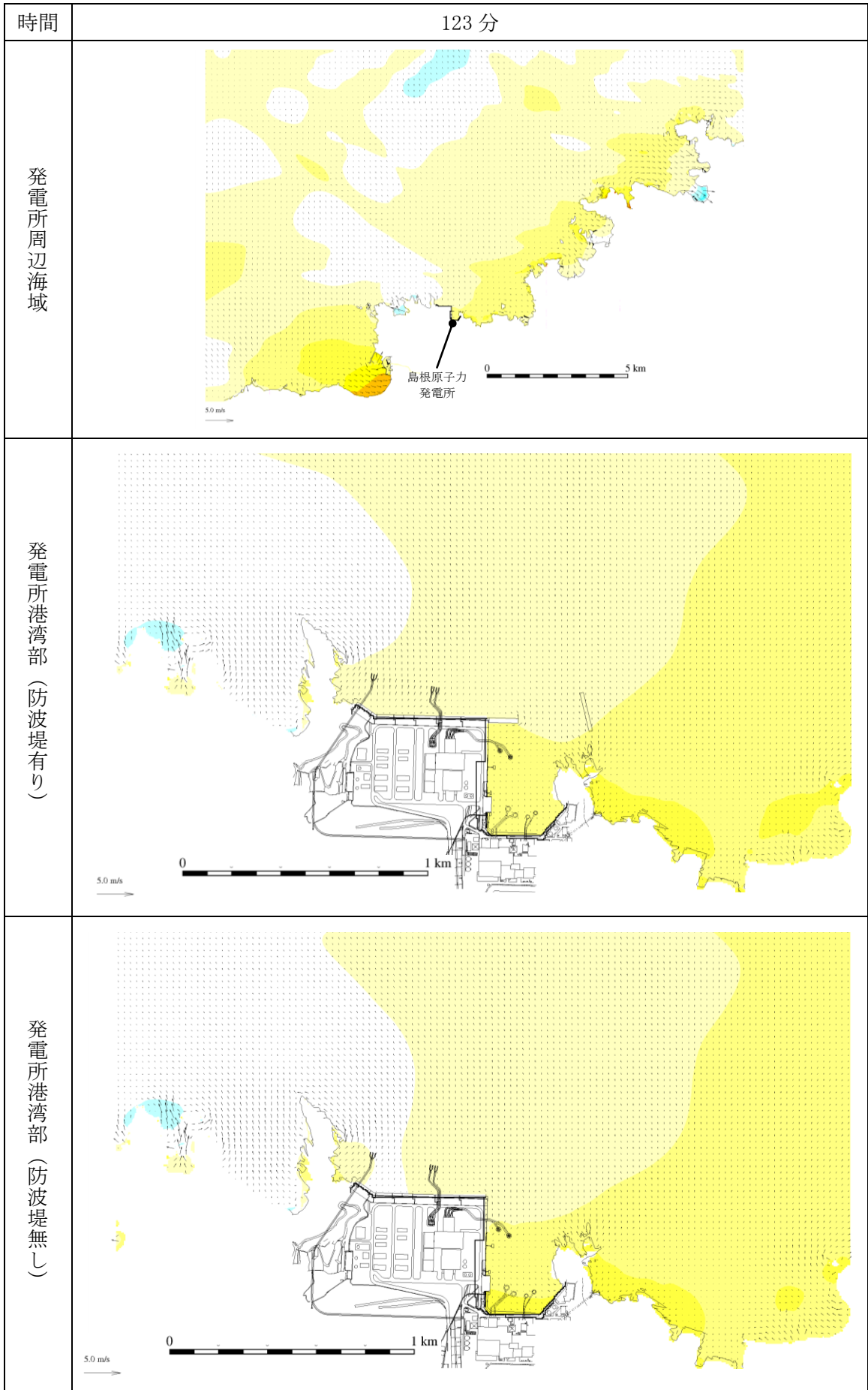
第 1 図(44) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



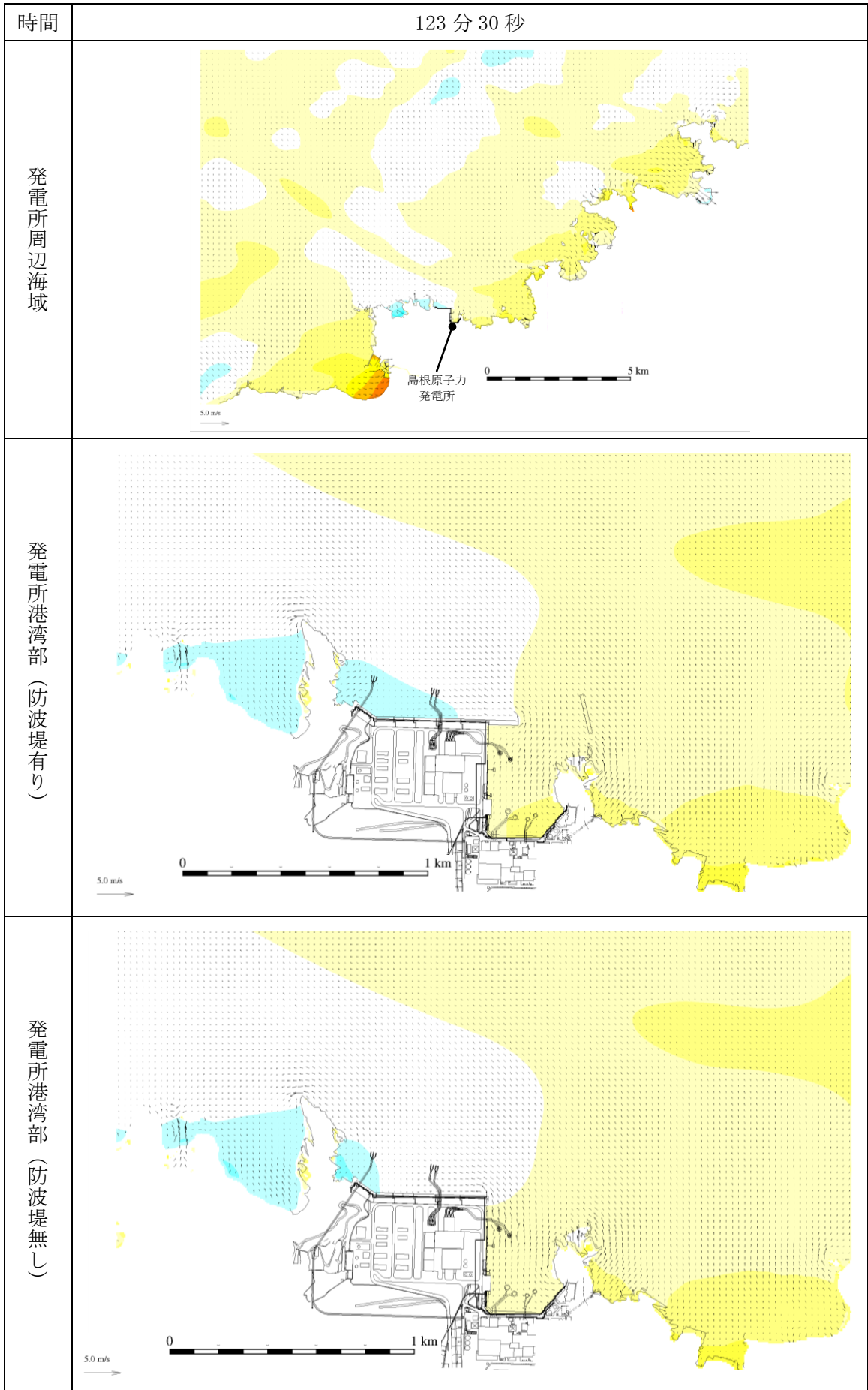
第 1 図(45) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



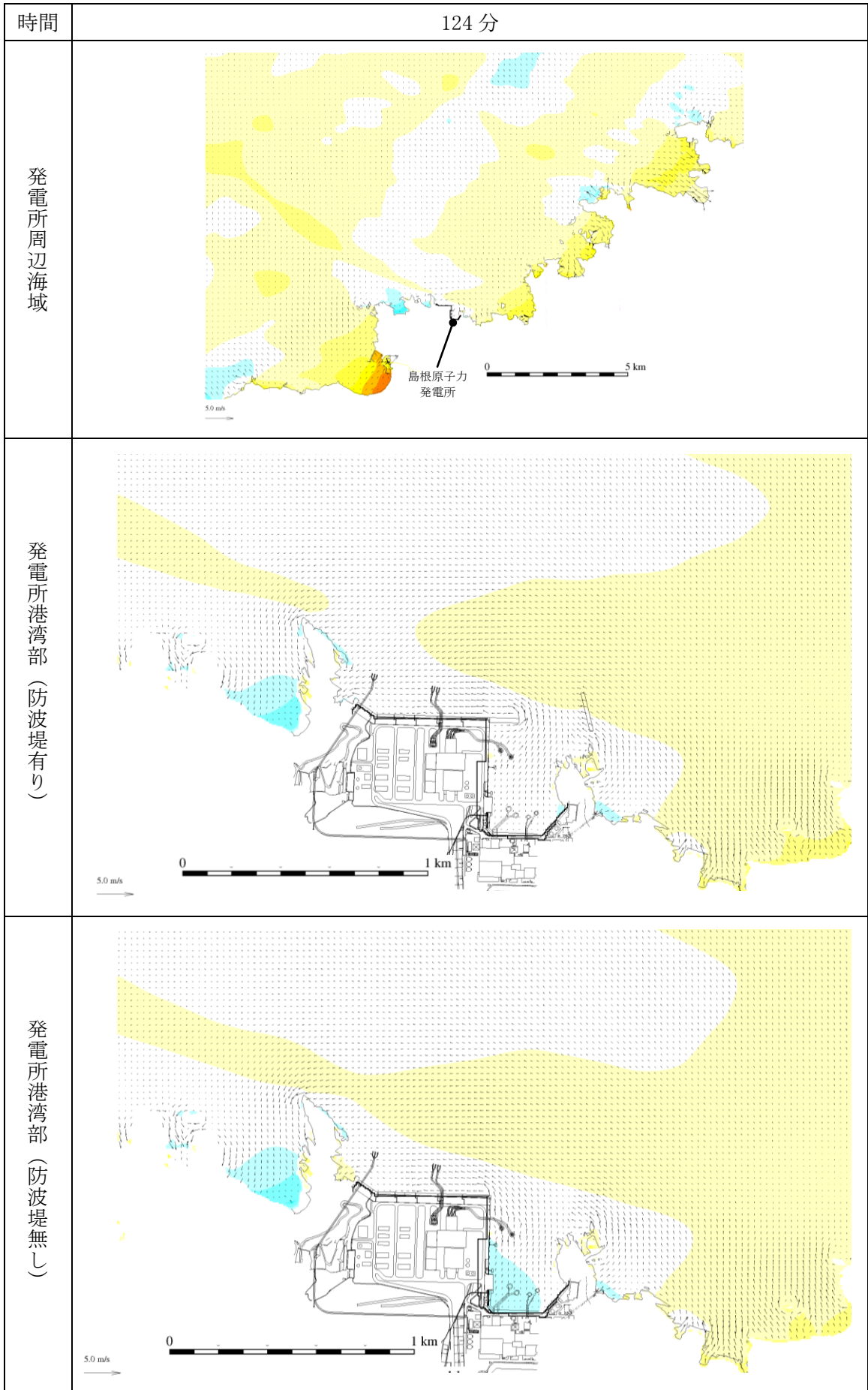
第 1 図(46) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



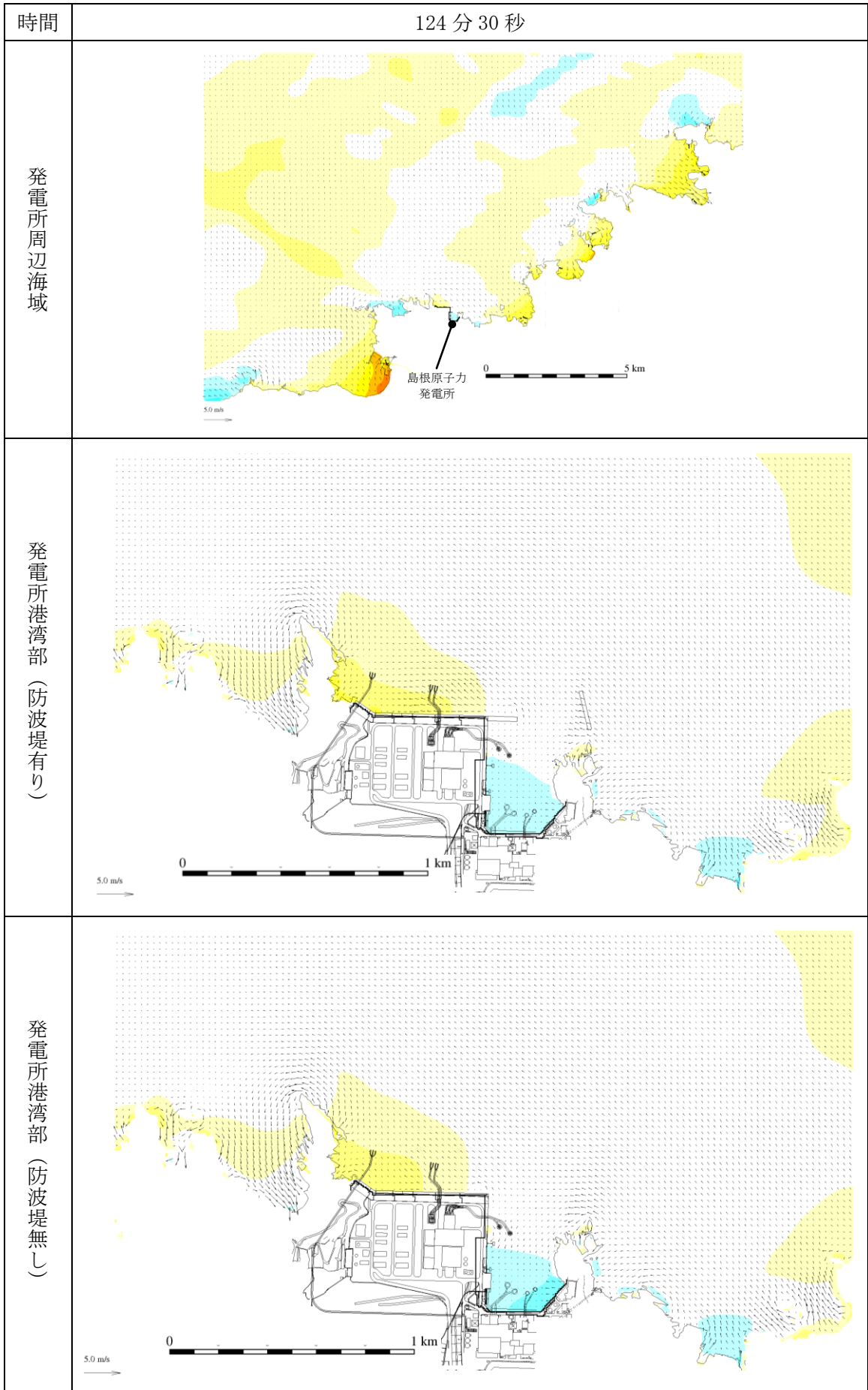
第 1 図(47) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



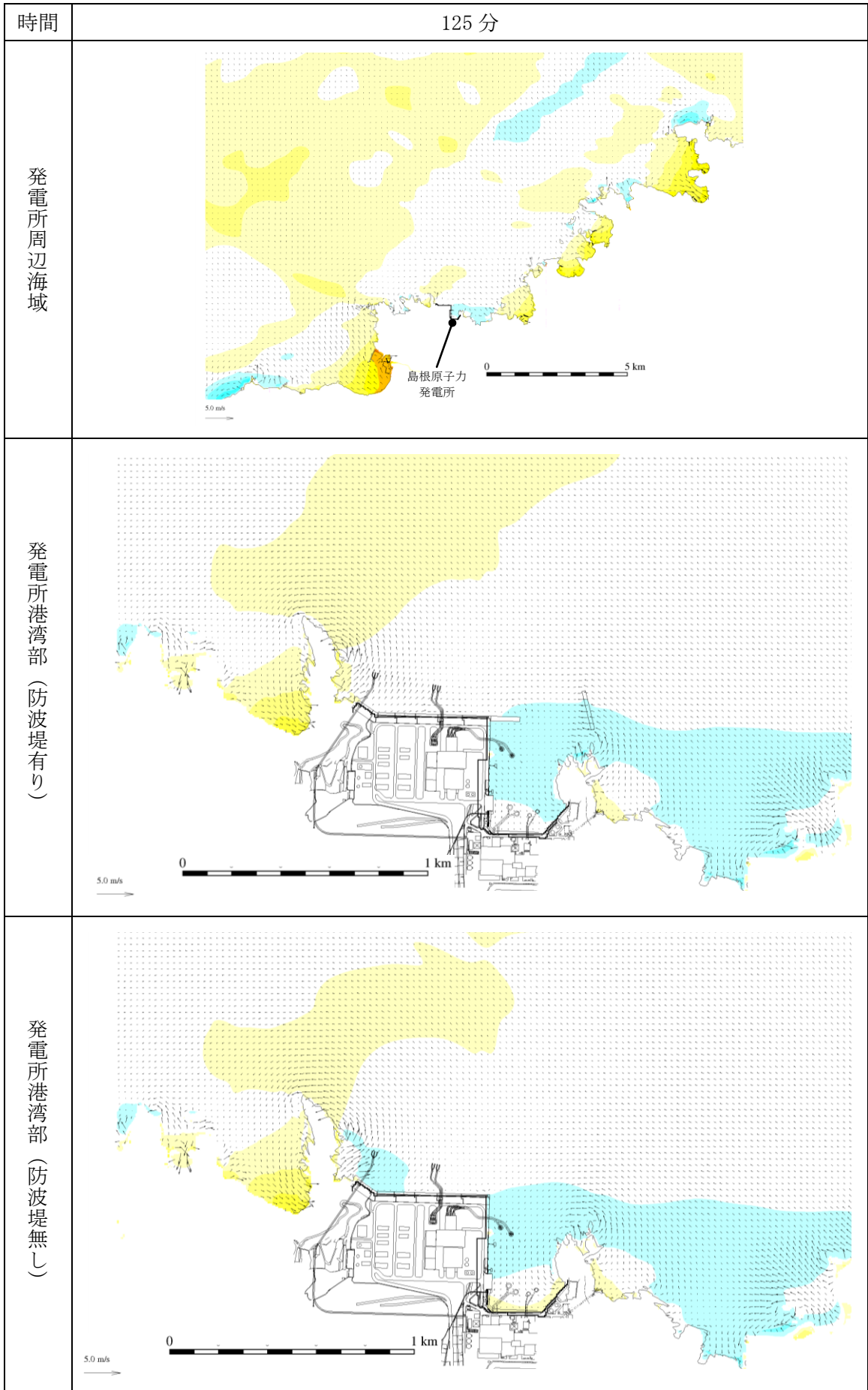
第 1 図(48) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



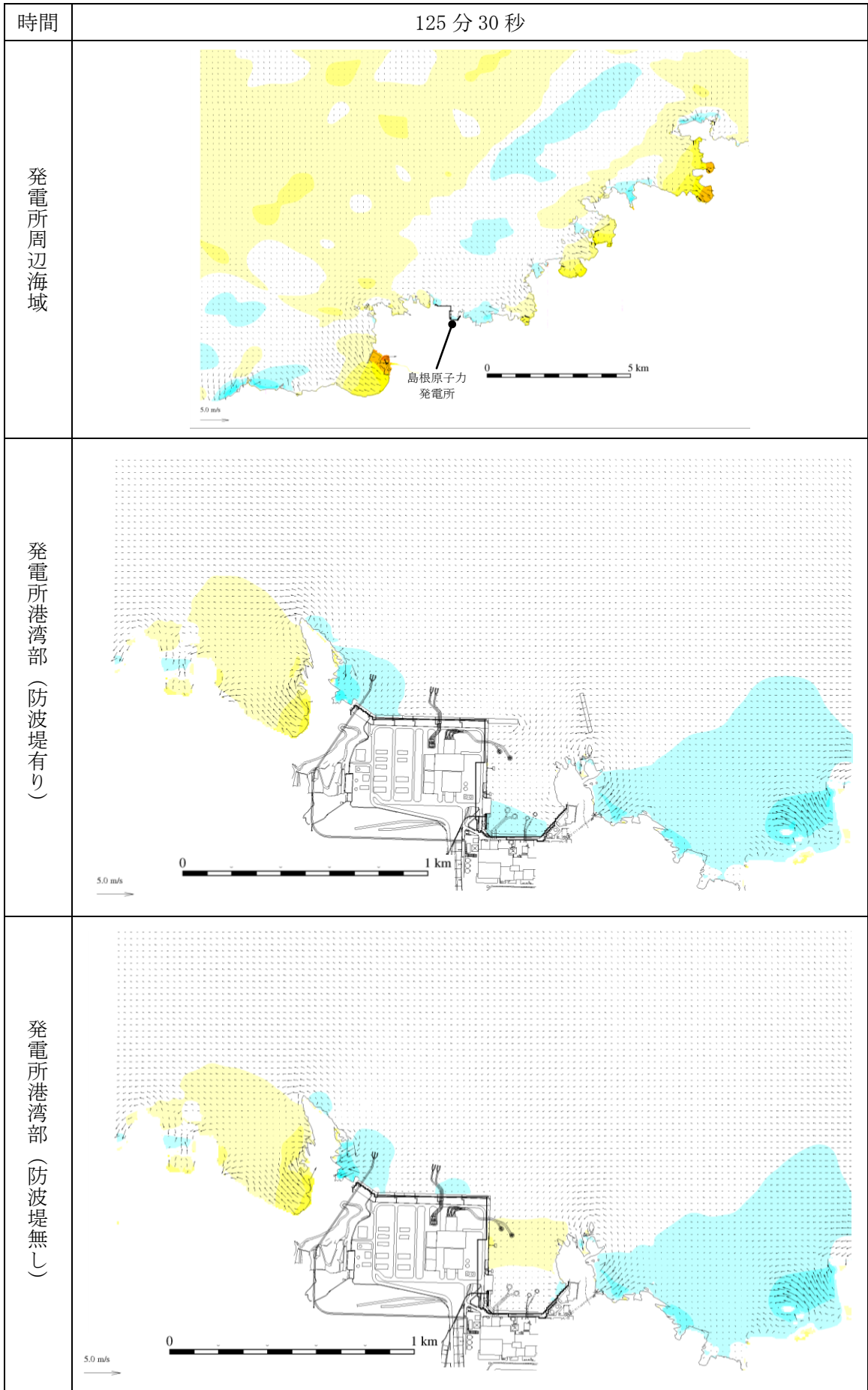
第 1 図(49) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



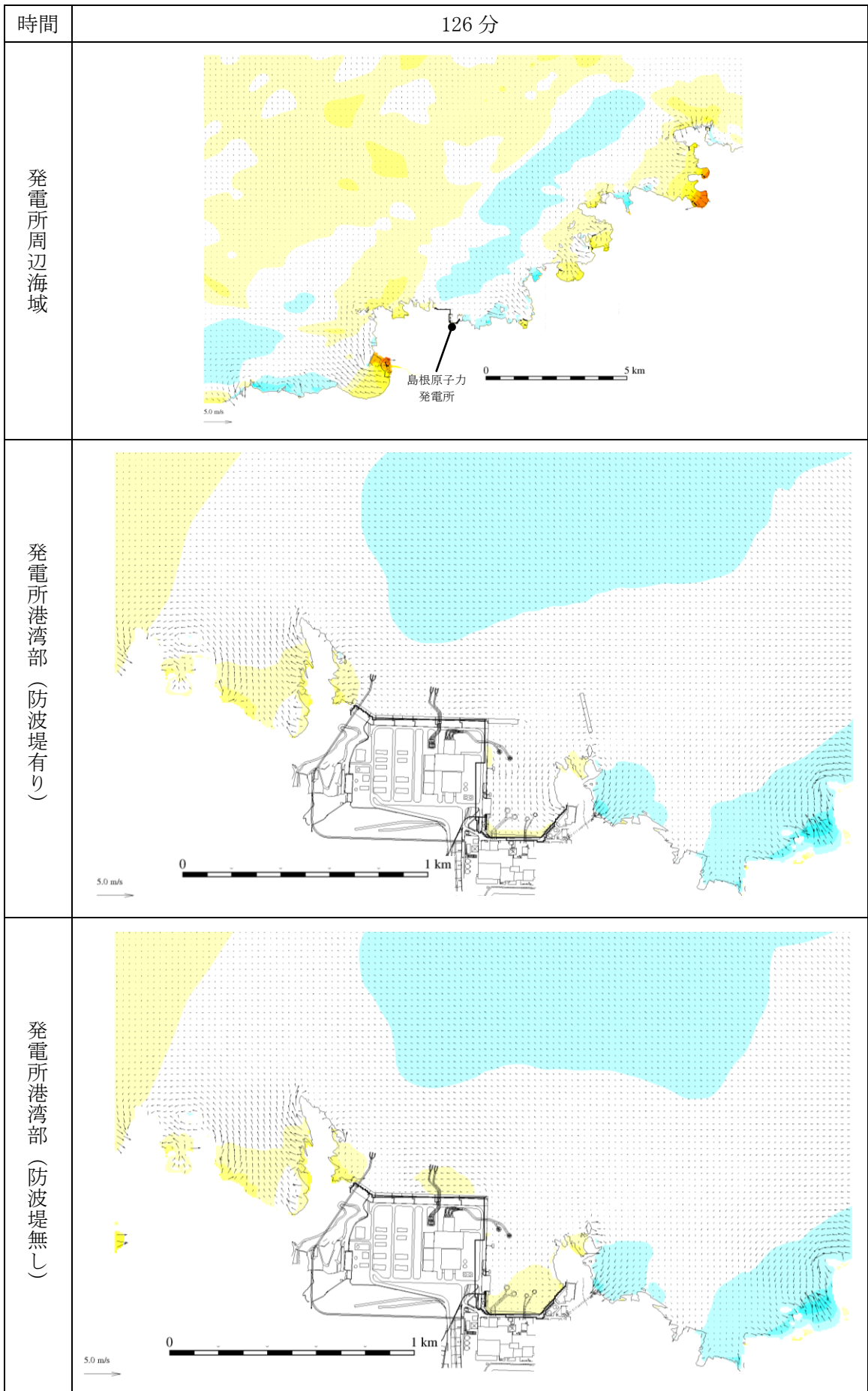
第 1 図(50) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



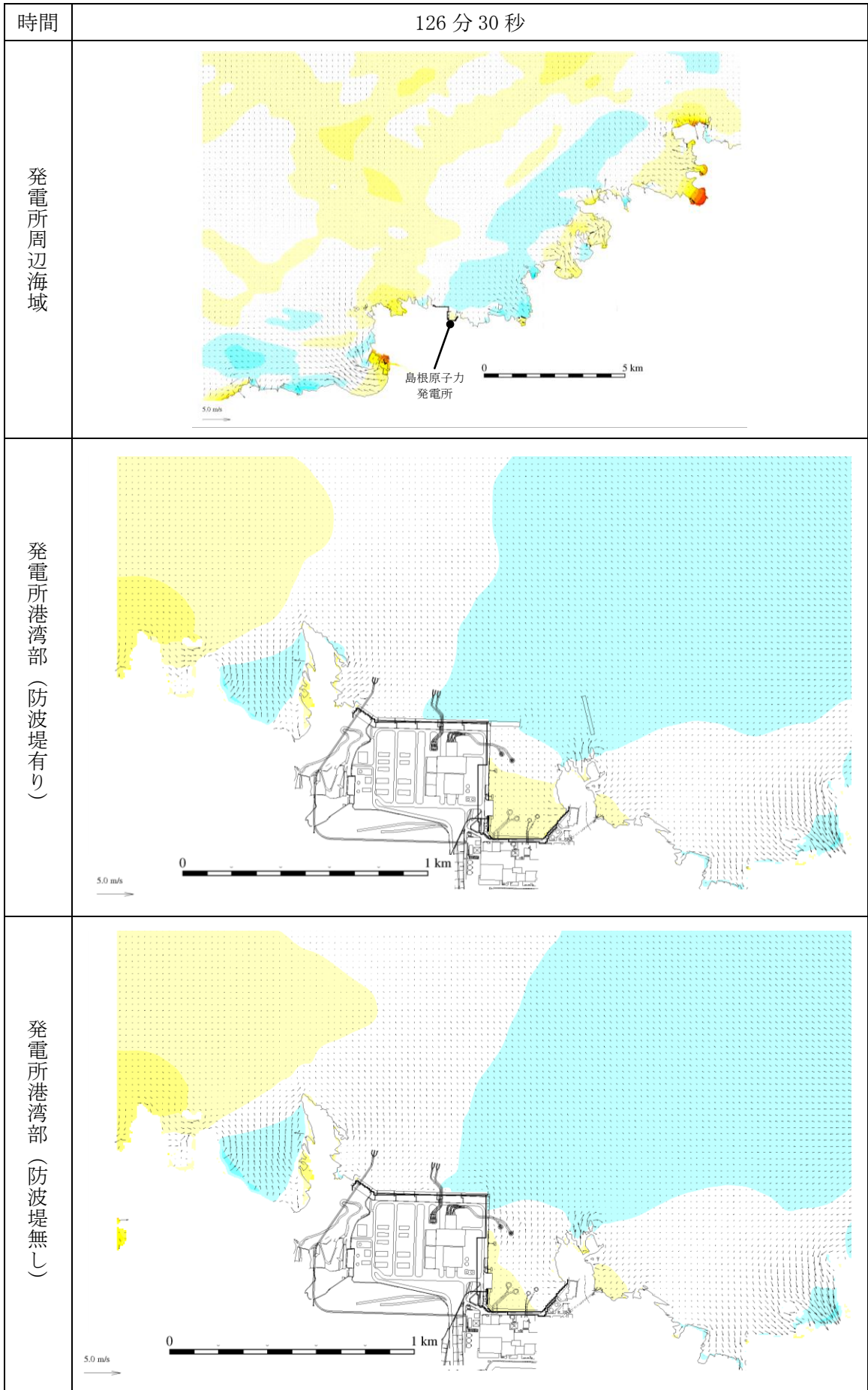
第 1 図(51) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



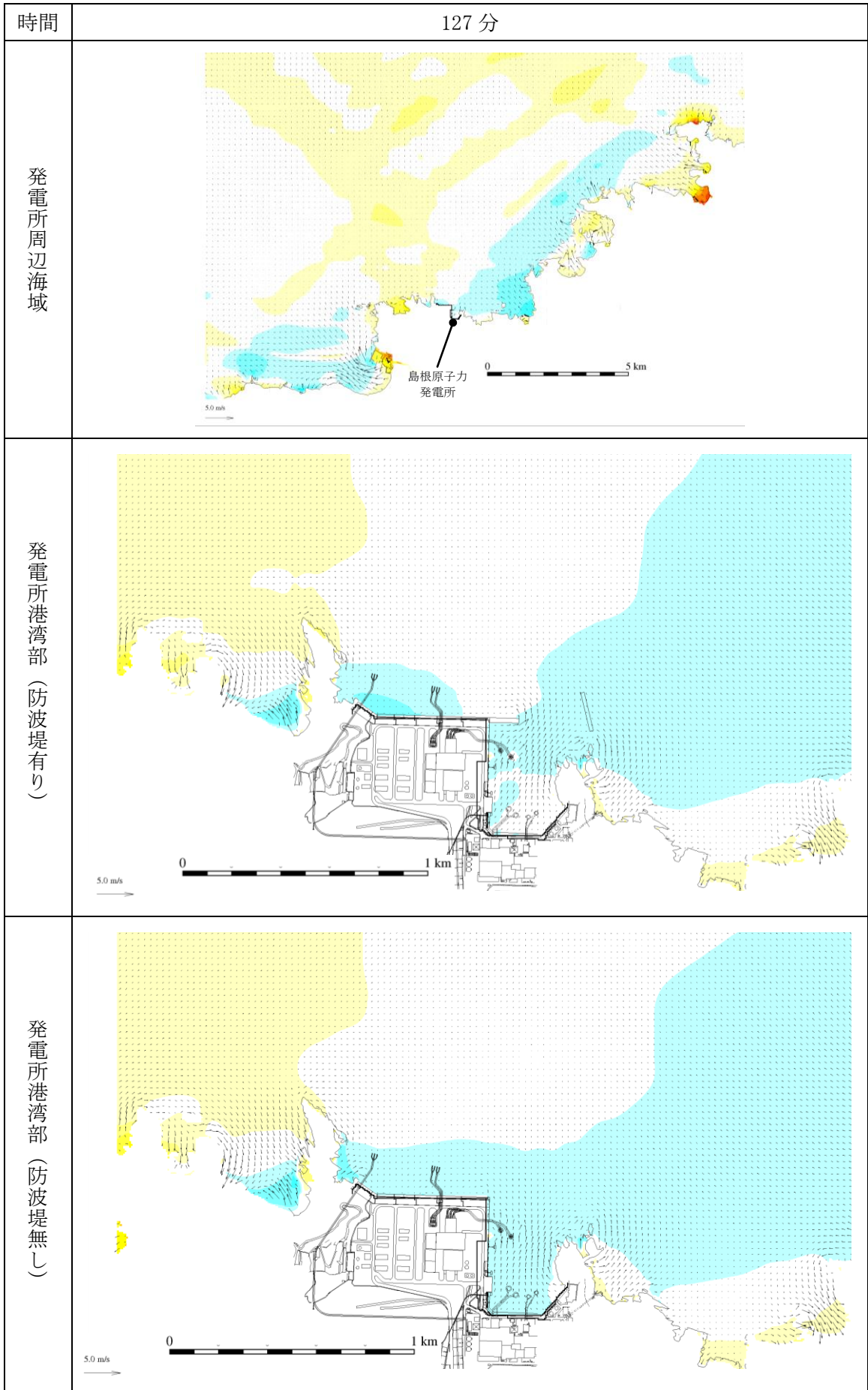
第 1 図(52) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



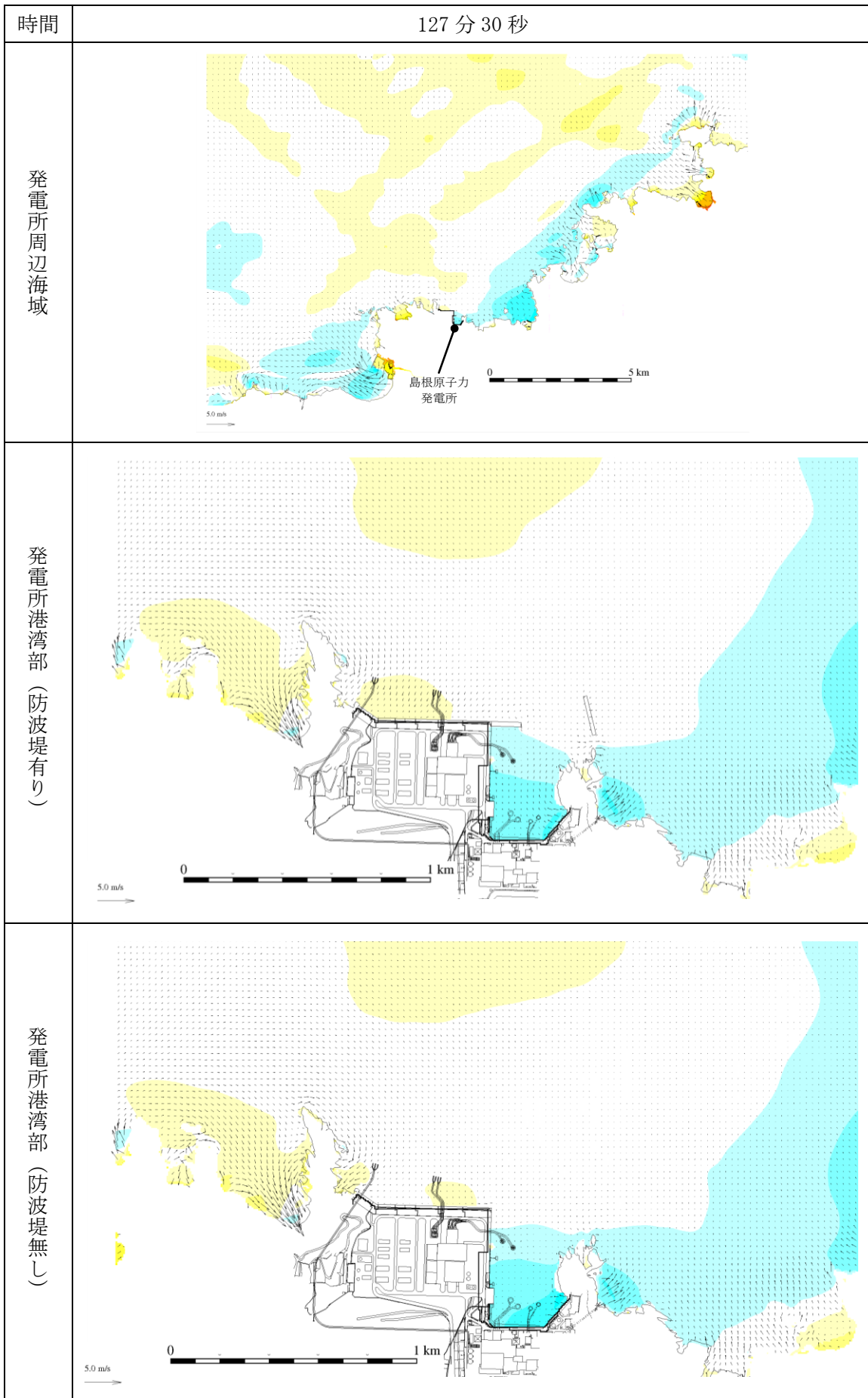
第 1 図(53) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



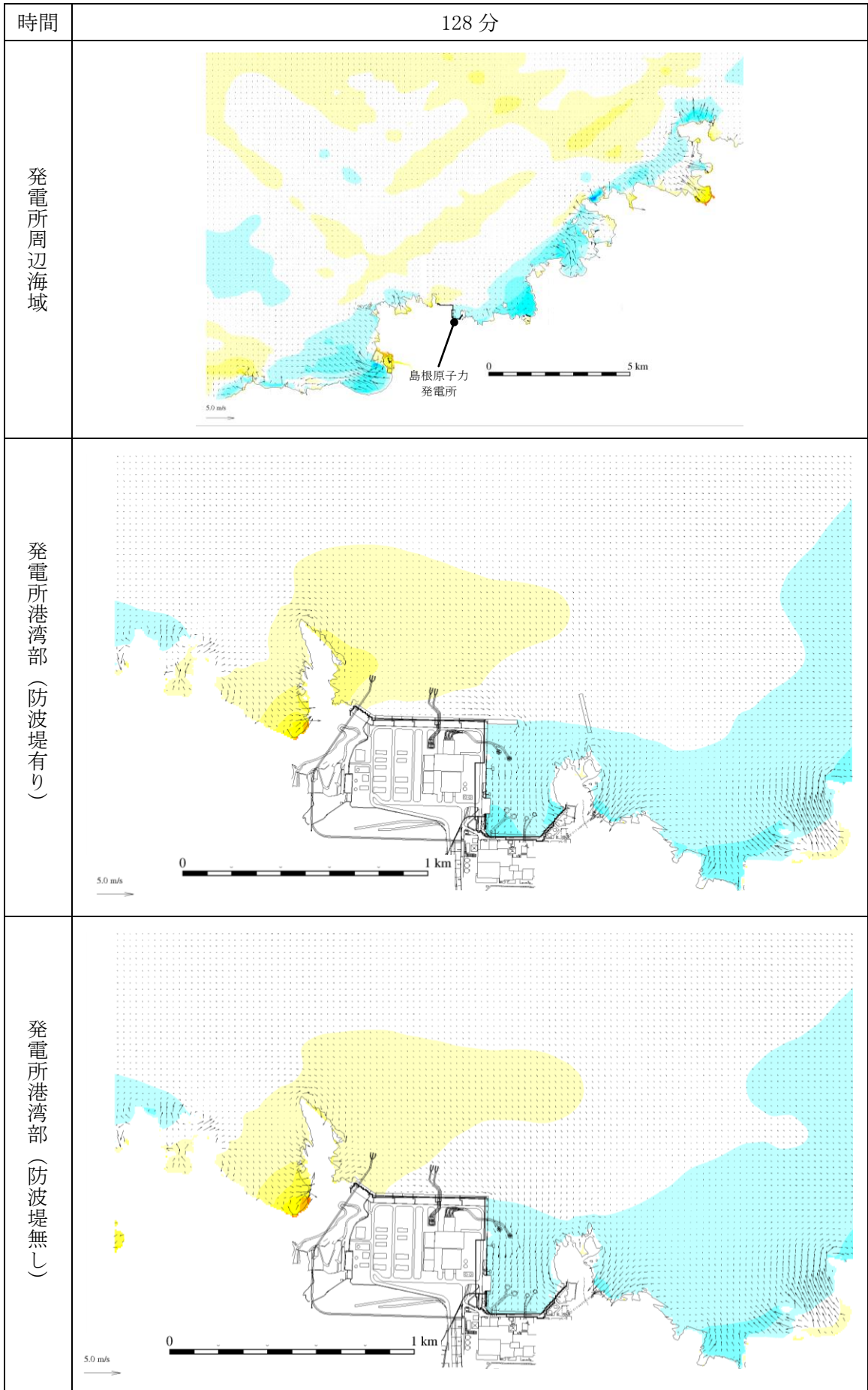
第 1 図(54) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



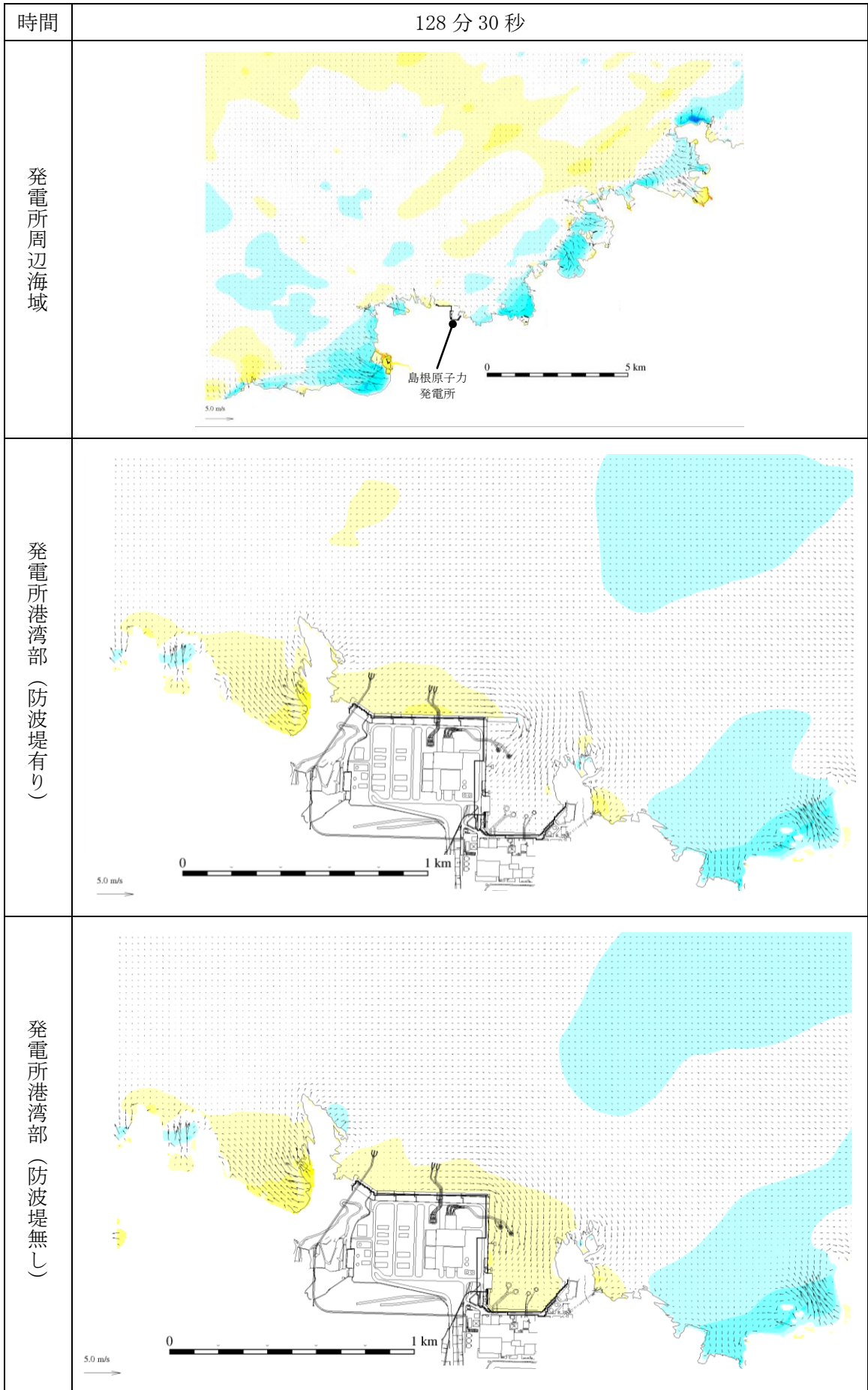
第 1 図 (55) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



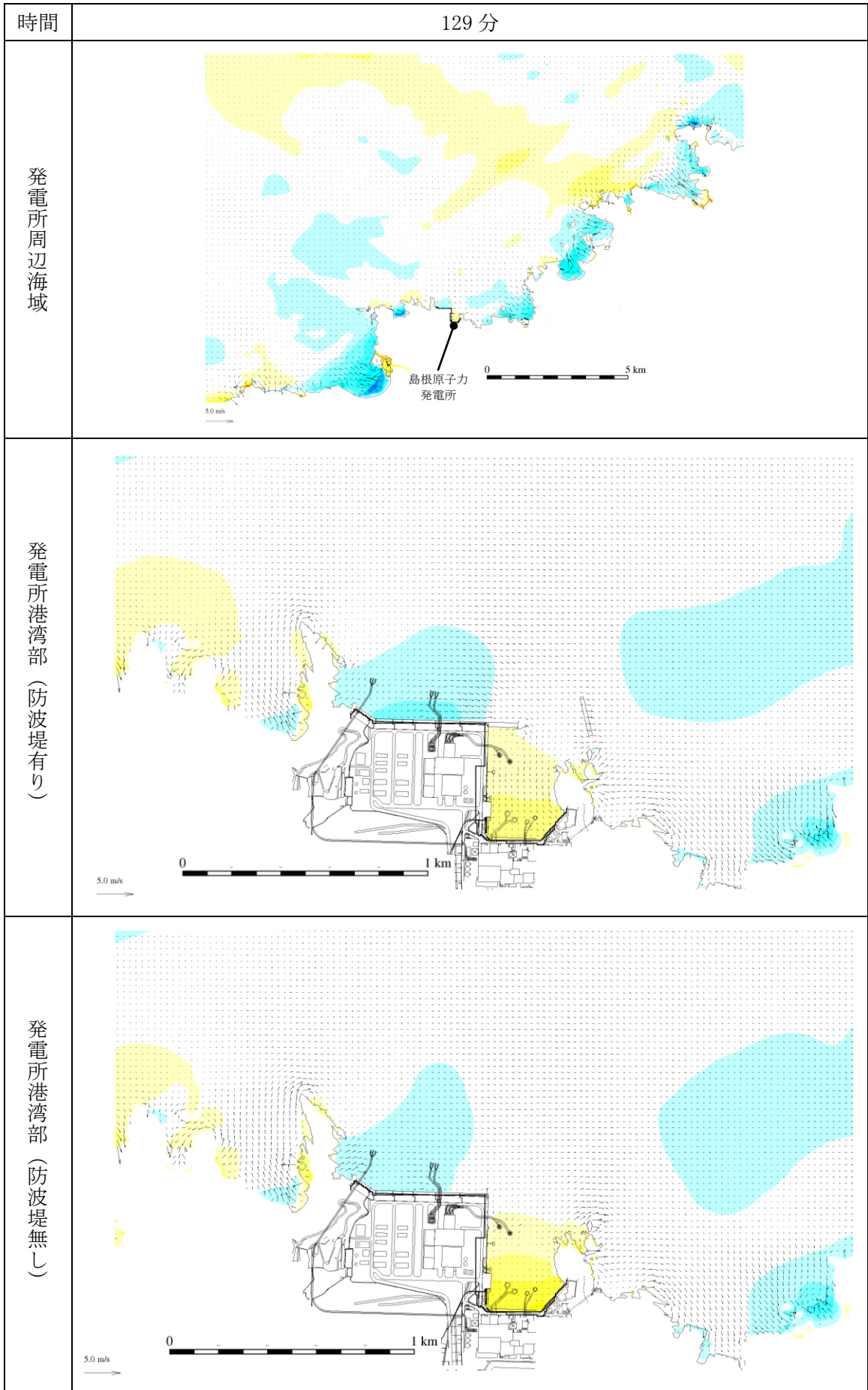
第 1 図 (56) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



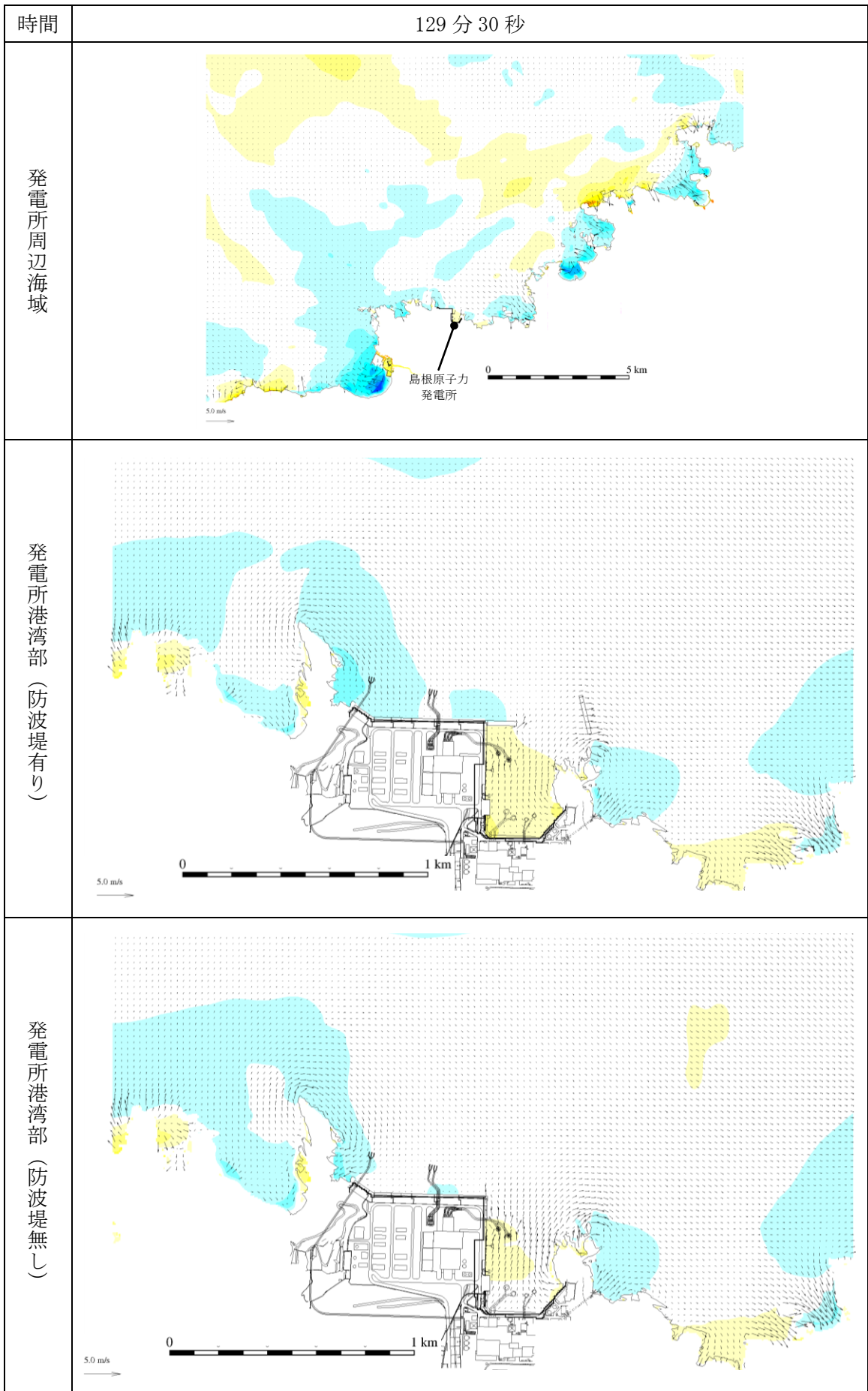
第 1 図(57) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



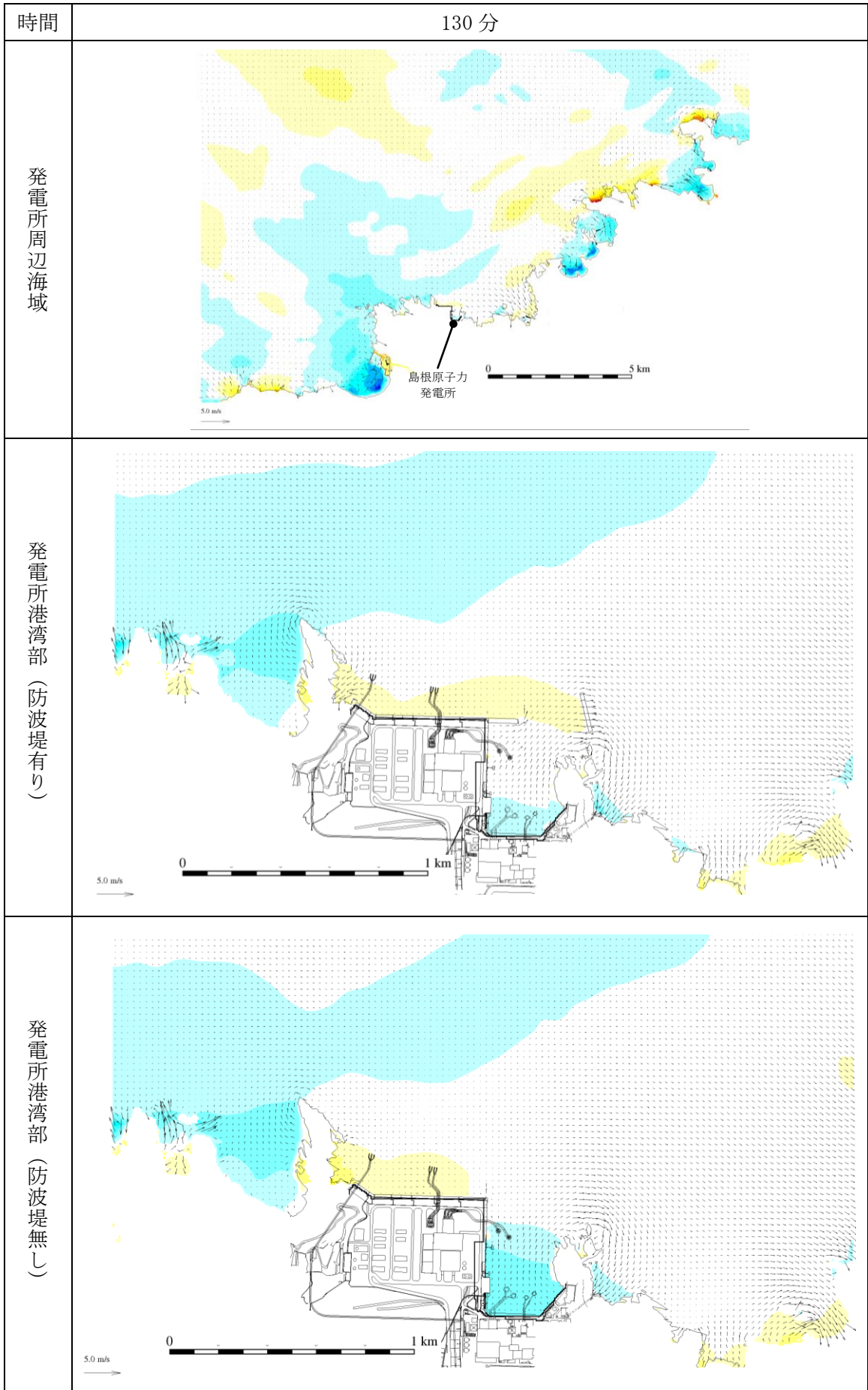
第 1 図(58) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



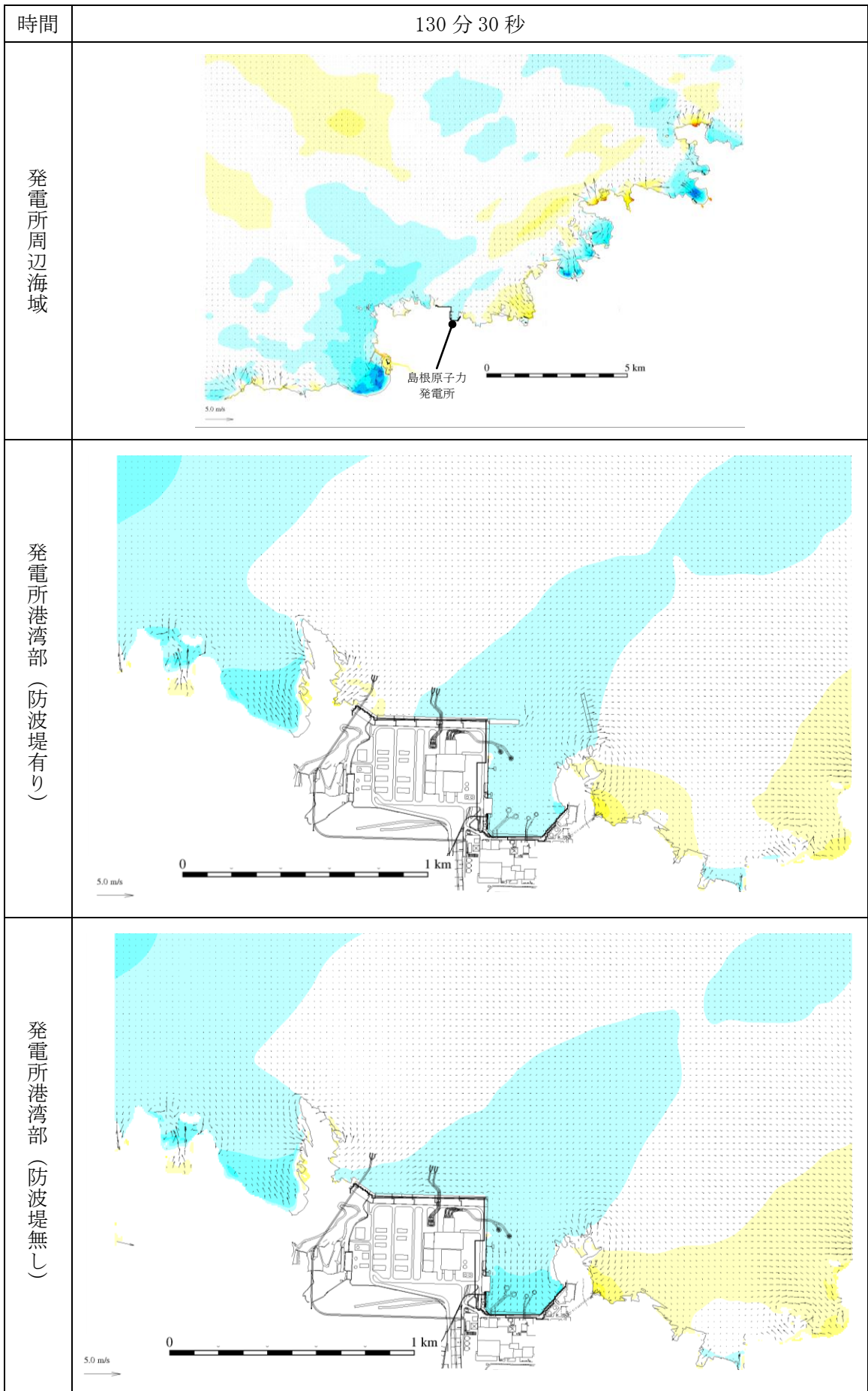
第 1 図(59) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



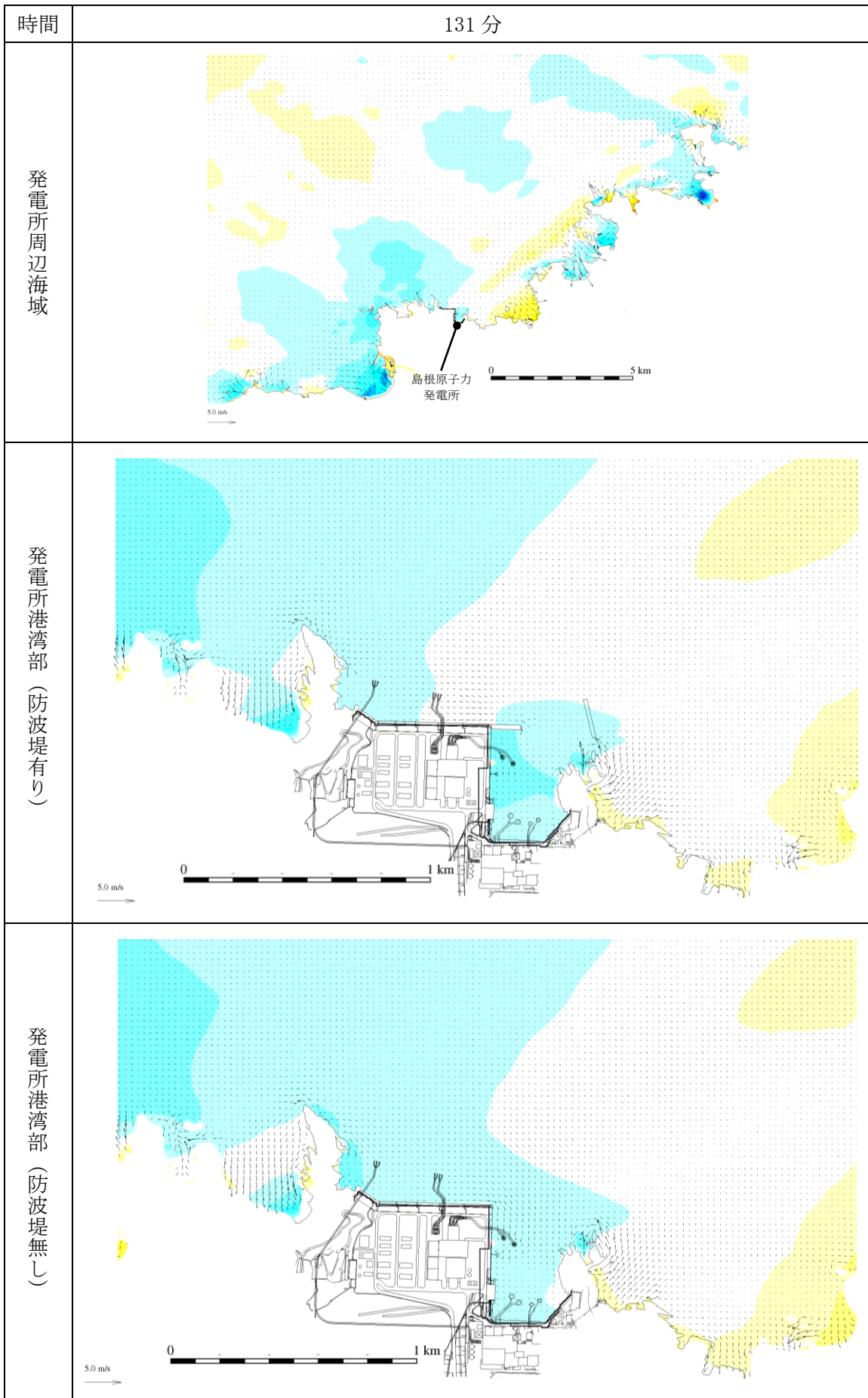
第 1 図(60) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



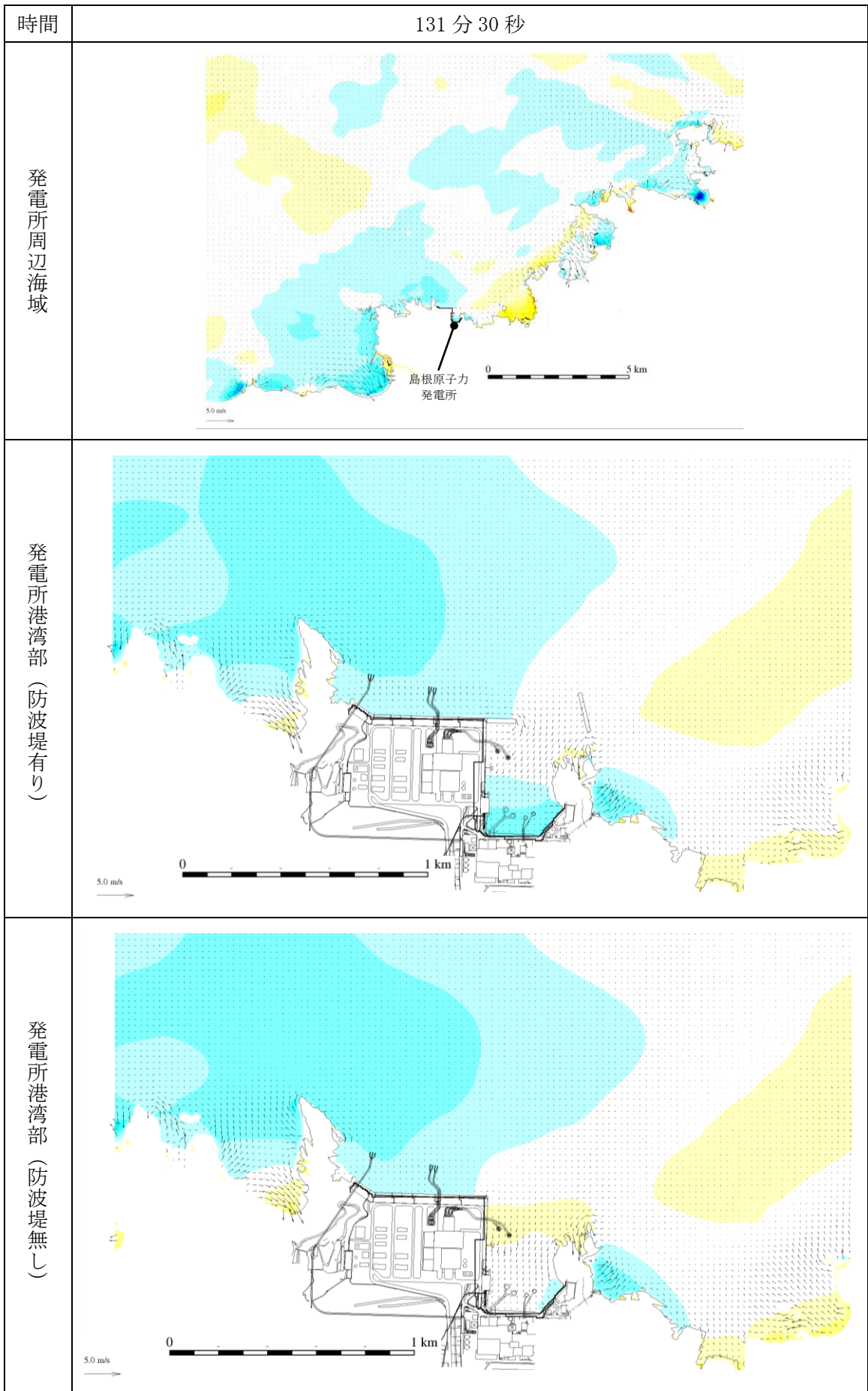
第 1 図(61) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



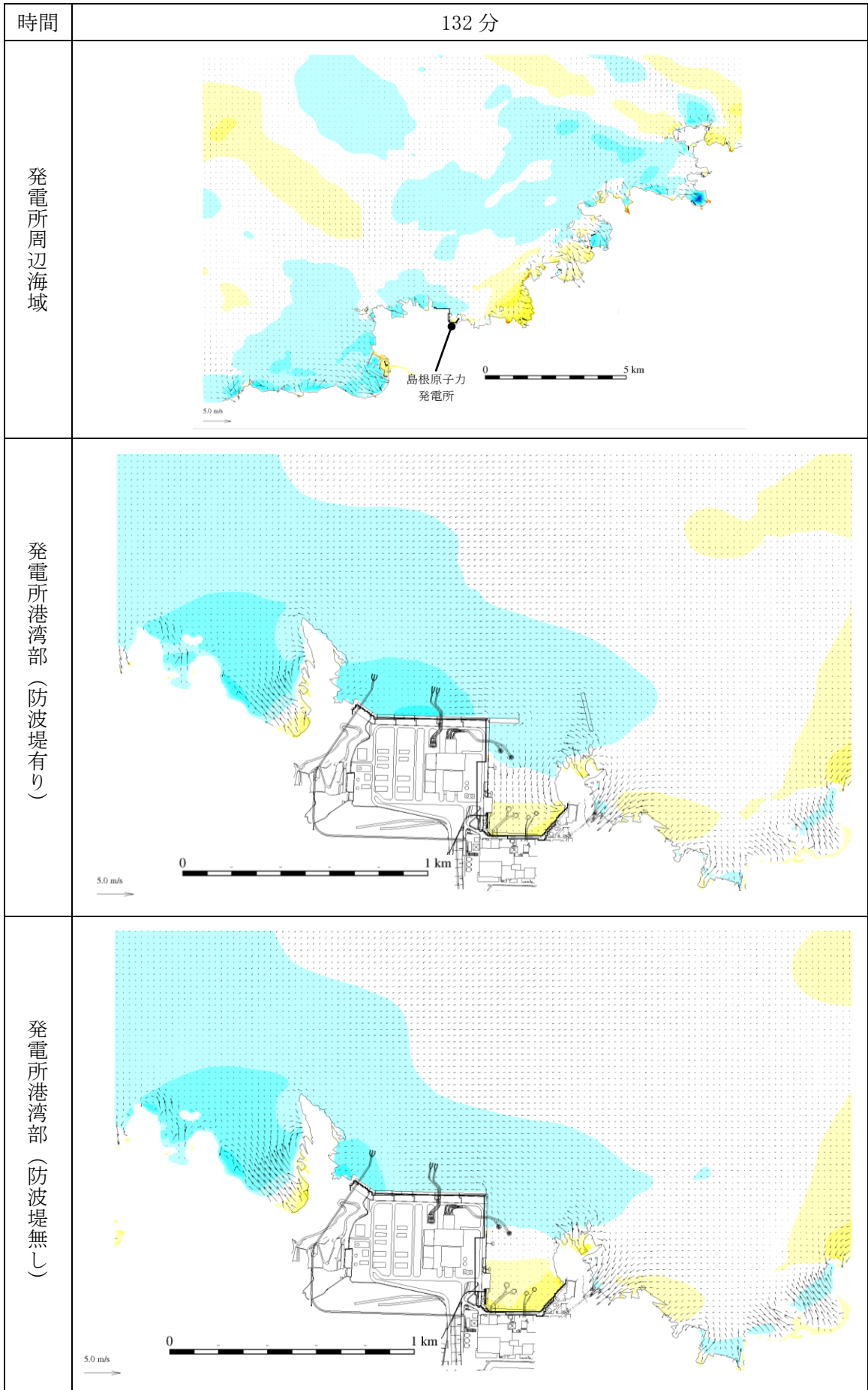
第 1 図(62) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



第 1 図 (63) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



第 1 図(64) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル



第 1 図(65) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル