

図 5-11 基準津波 5 の水位変動・流向ベクトル

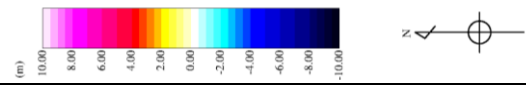
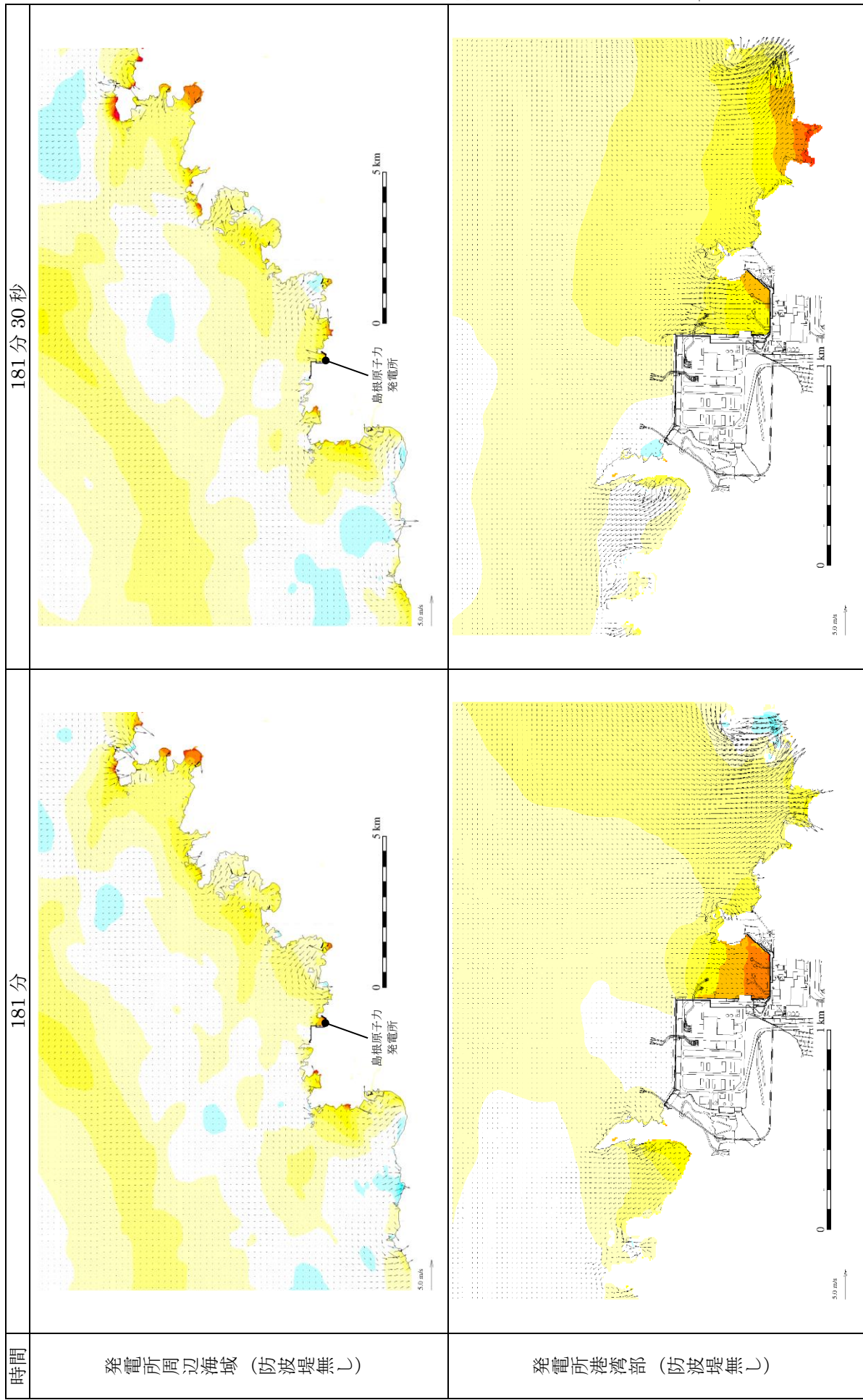


図 5-12 基準津波 5 の水位変動・流向ベクトル

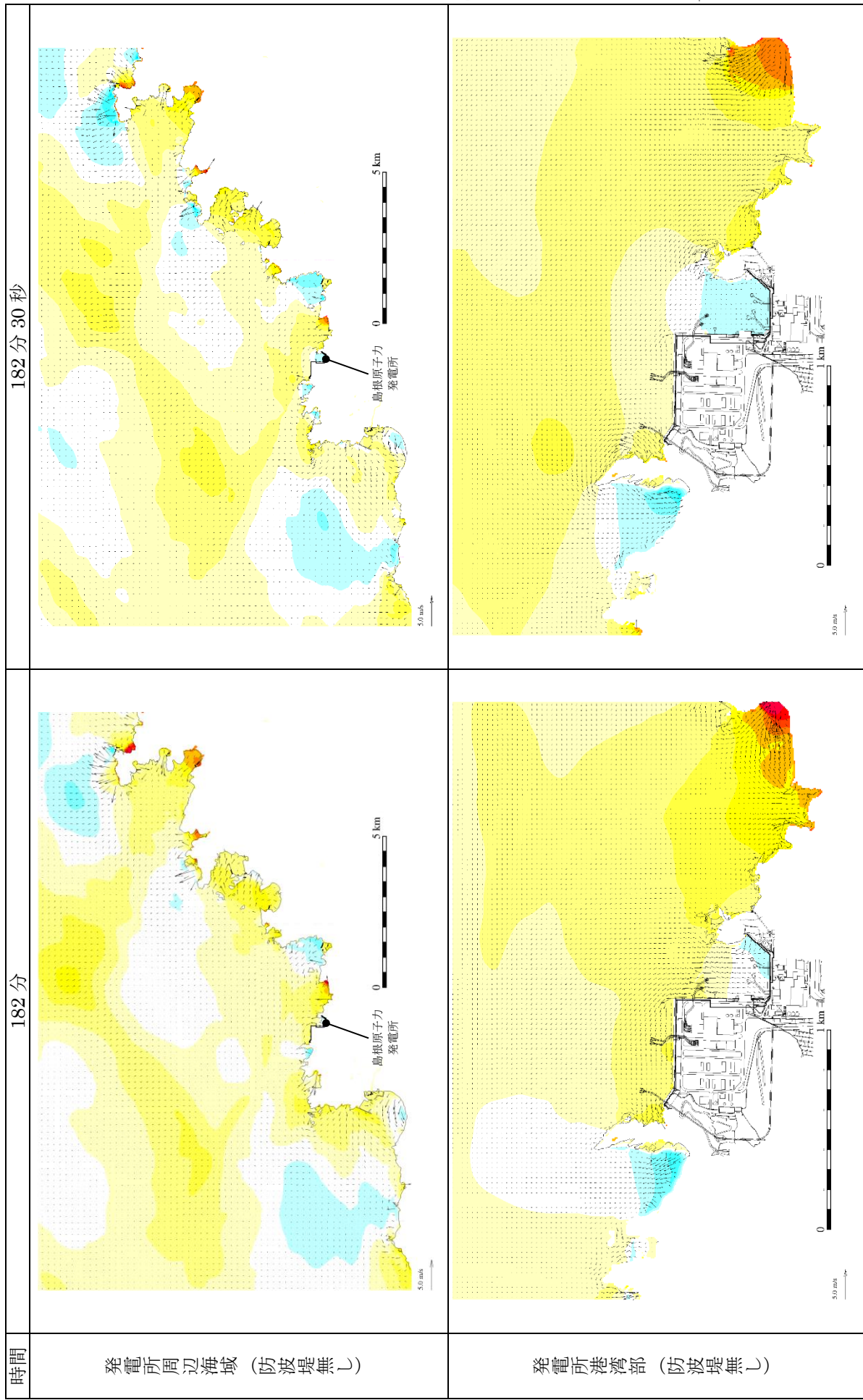


図5-13 基準津波5の水位変動・流向ベクトル

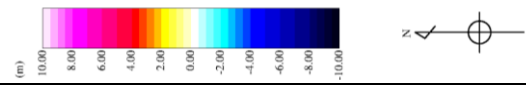
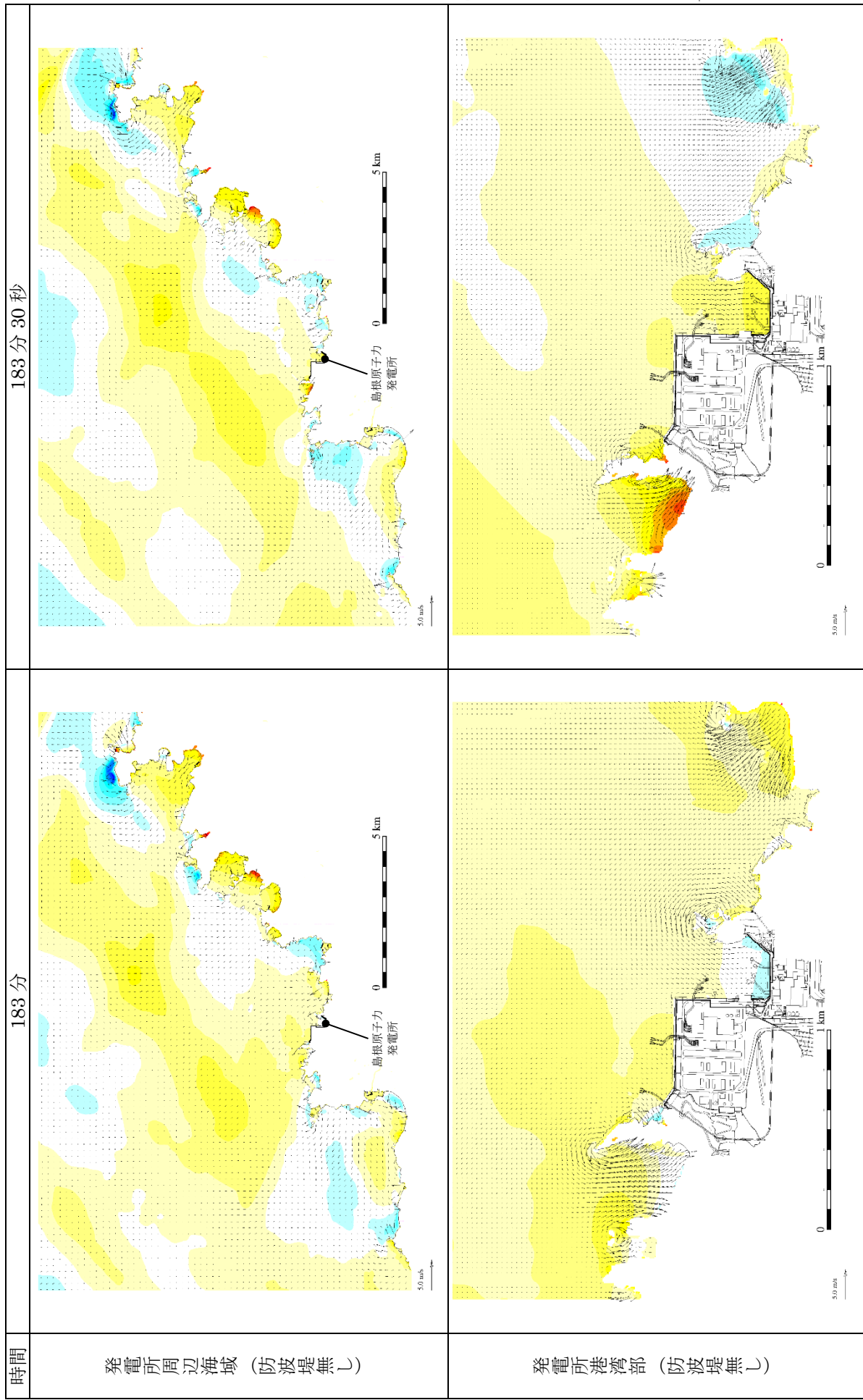


図5-14 基準津波5の水位変動・流向ベクトル

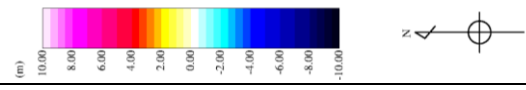
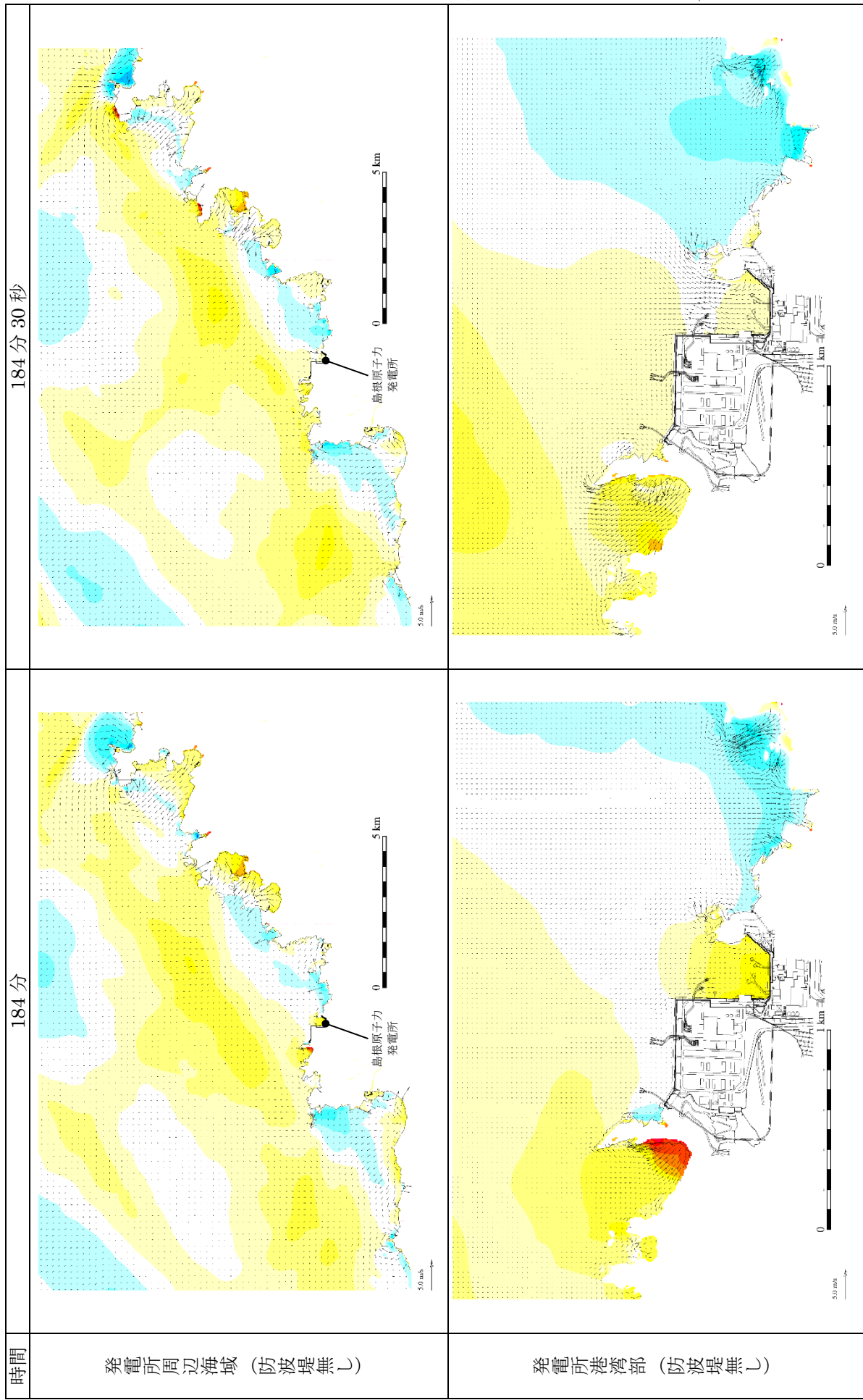


図 5-15 基準津波 5 の水位変動・流向ベクトル

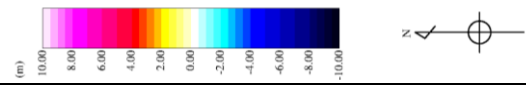
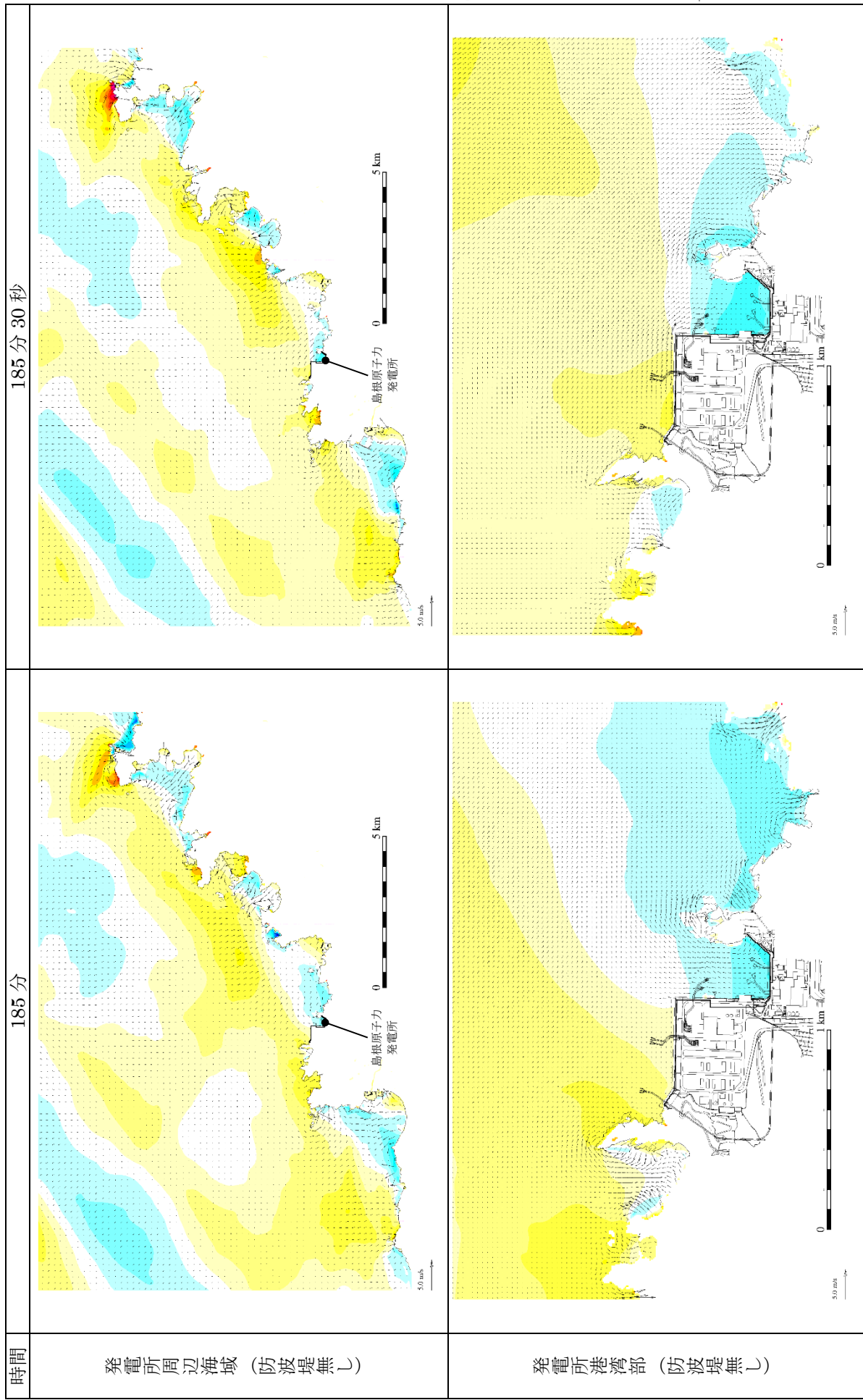


図 5-16 基準津波 5 の水位変動・流向ベクトル

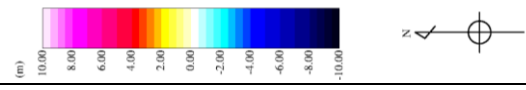
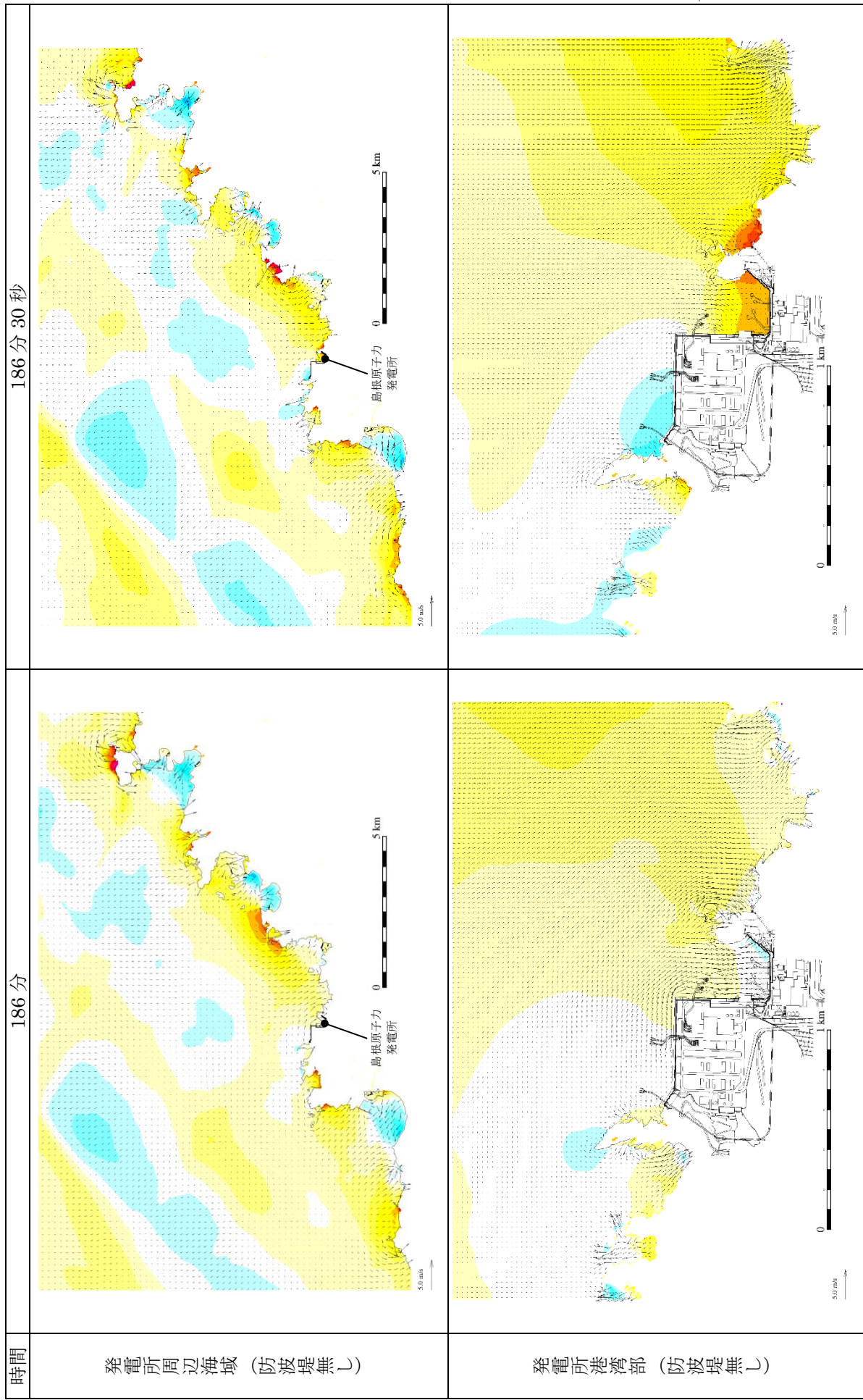


図5-17 基準津波5の水位変動・流向ベクトル

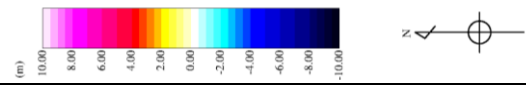
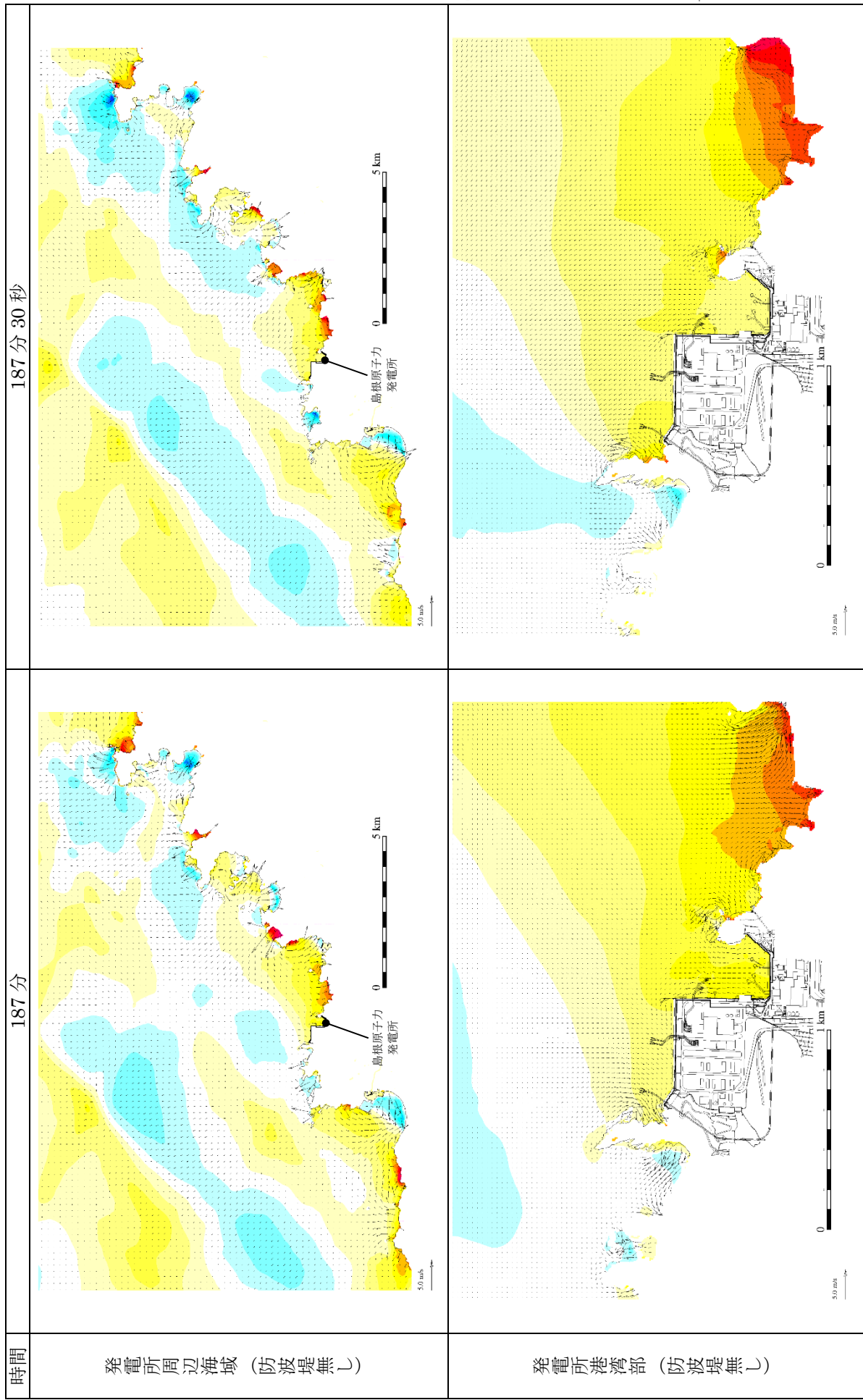


図5-18 基準津波5の水位変動・流向ベクトル

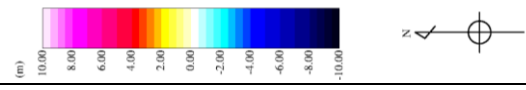
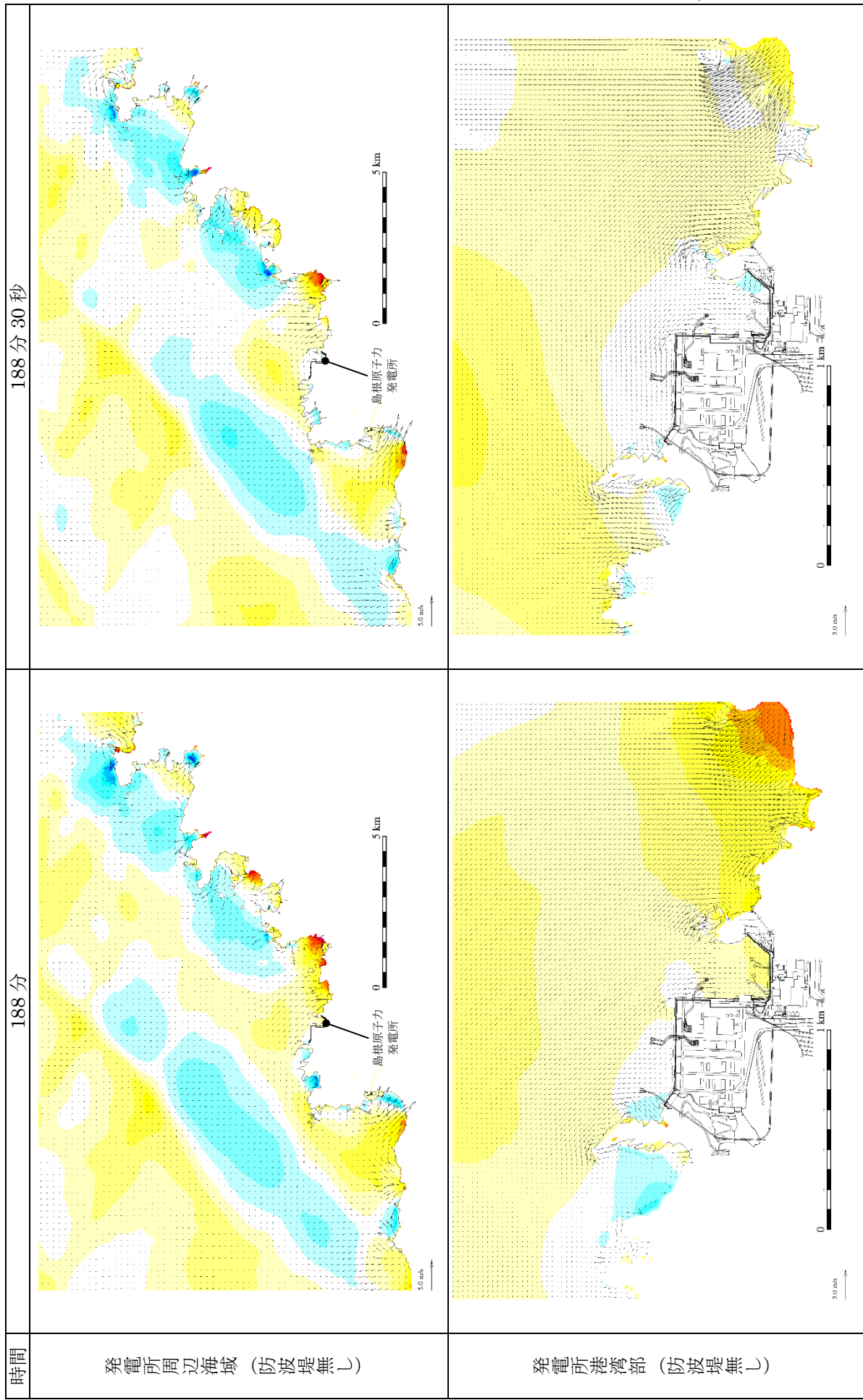


図5-19 基準津波5の水位変動・流向ベクトル

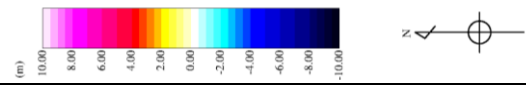
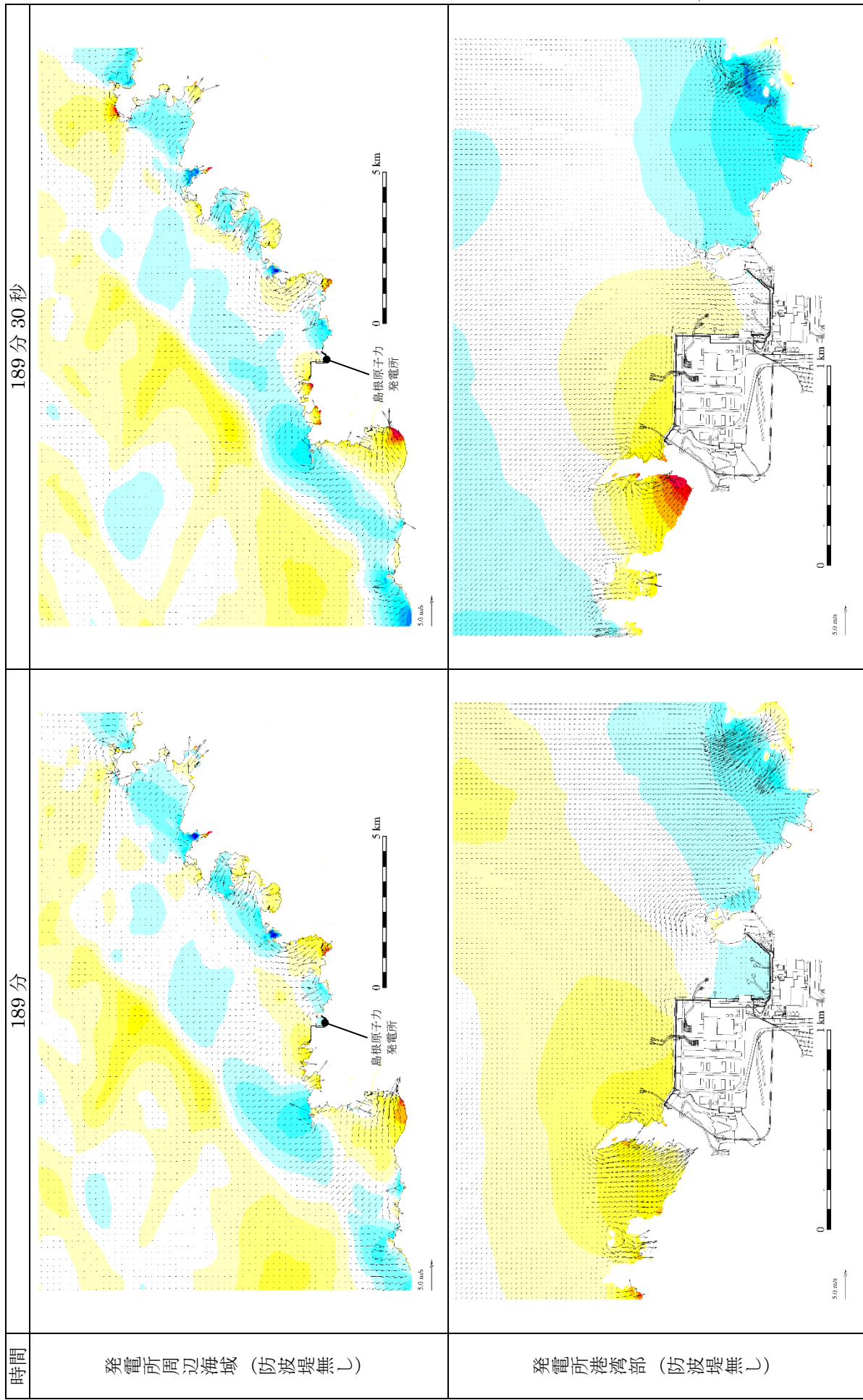


図 5-20 基準津波 5 の水位変動・流向ベクトル

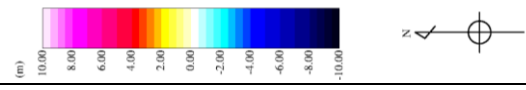
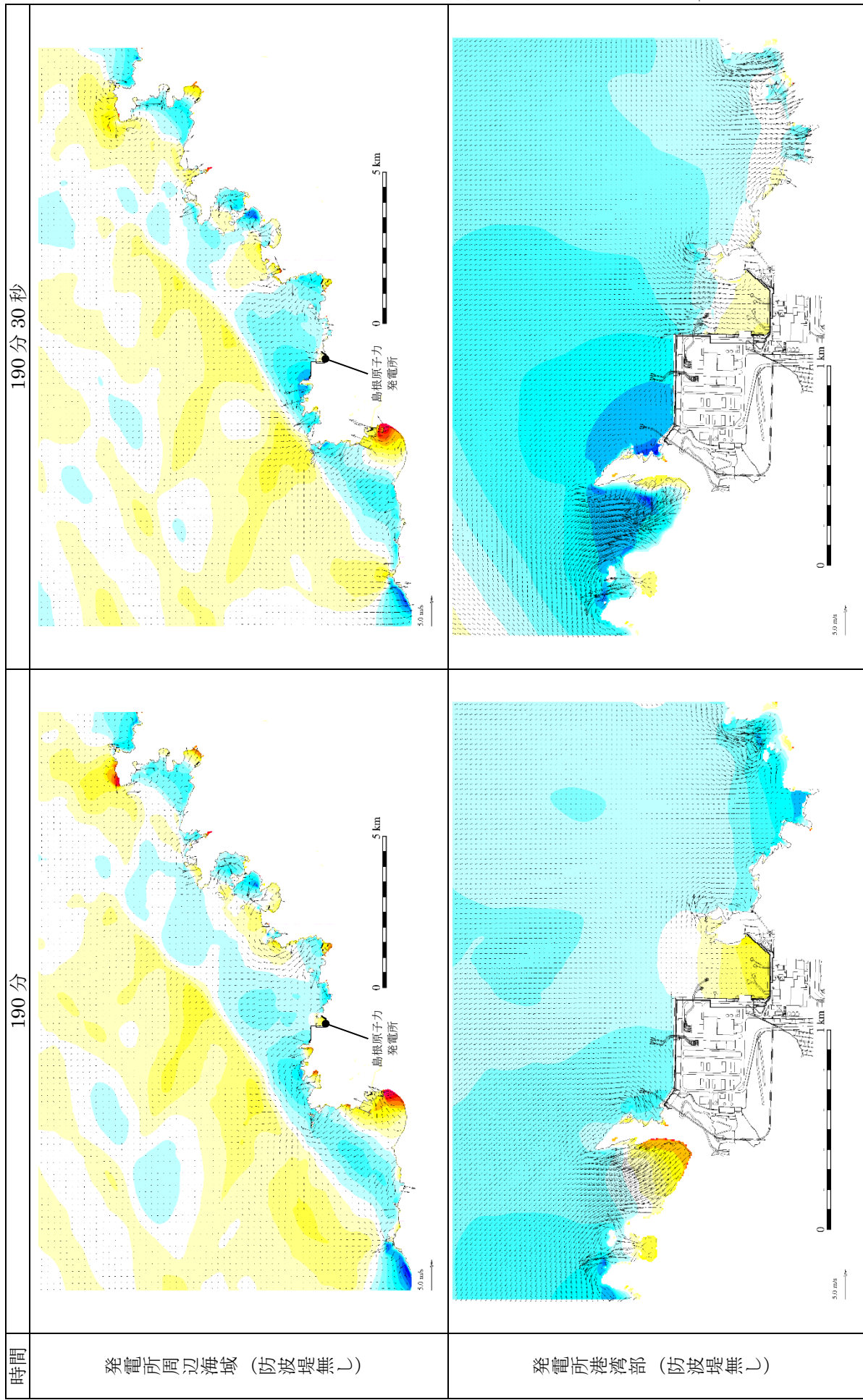


図 5-21 基準津波 5 の水位変動・流向ベクトル

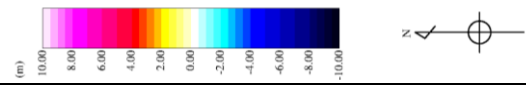
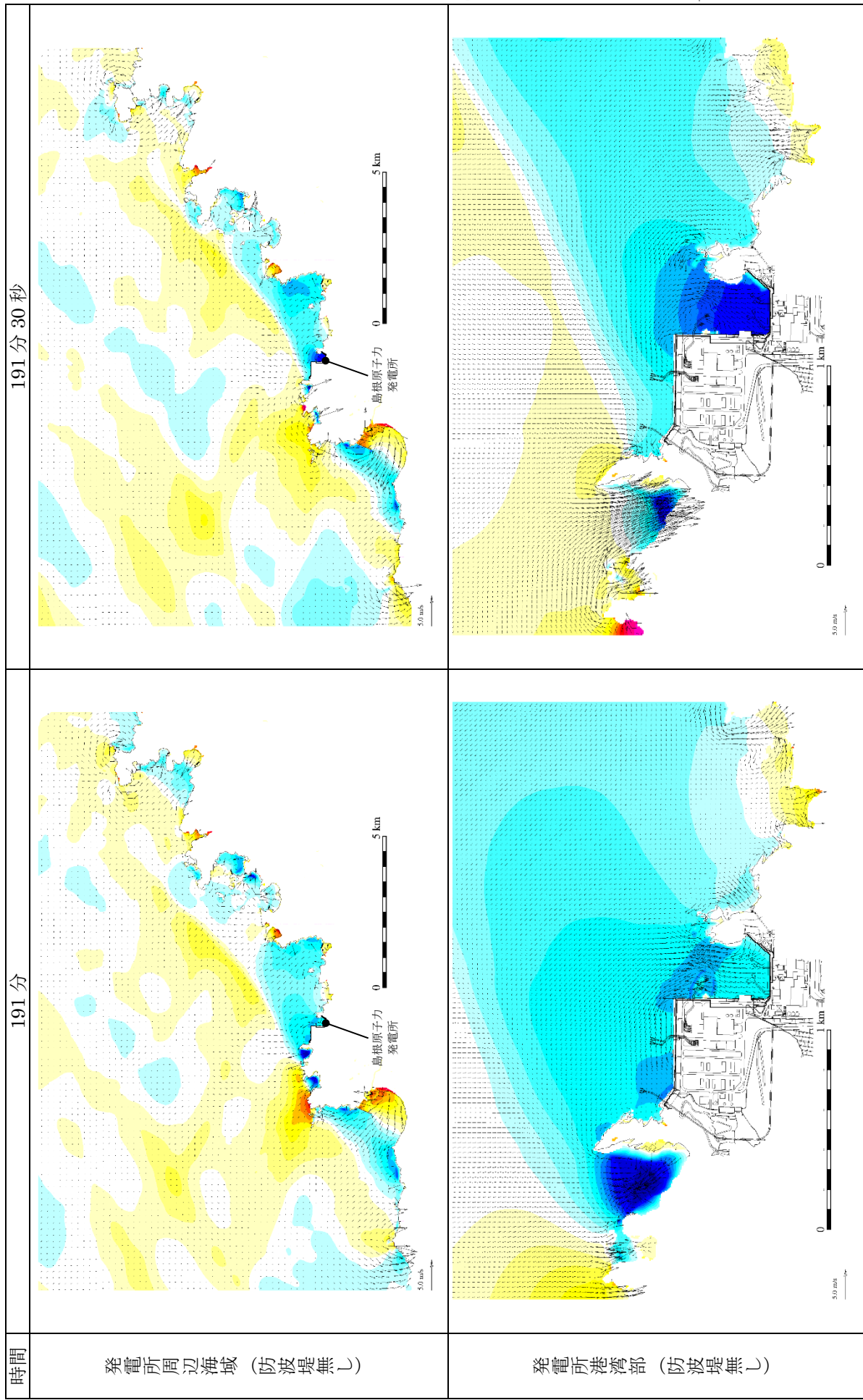


図 5-22 基準津波 5 の水位変動・流向ベクトル

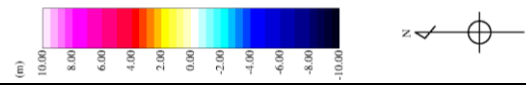
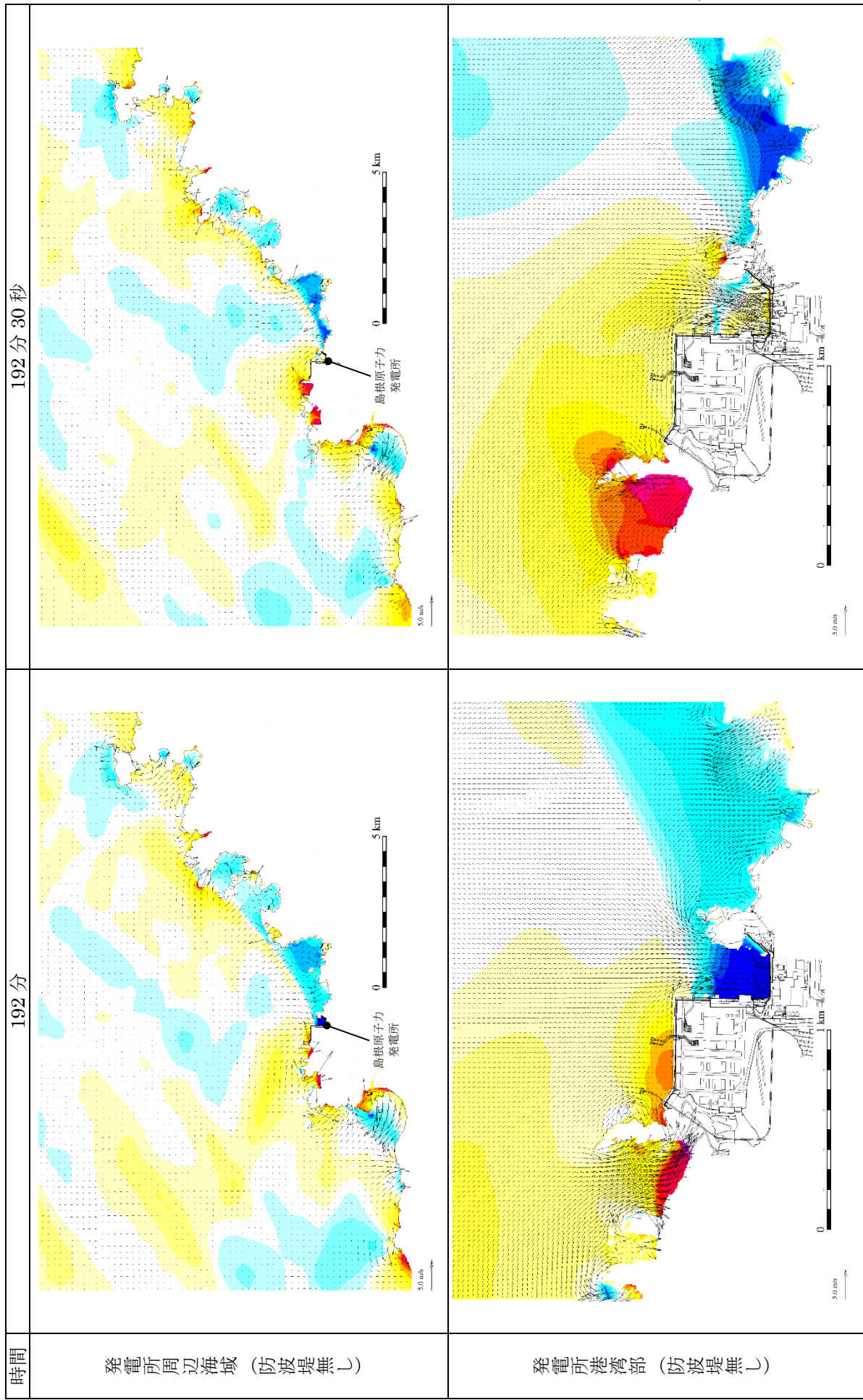


図 5-23 基準津波 5 の水位変動・流向ベクトル

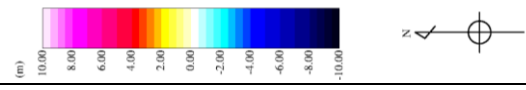
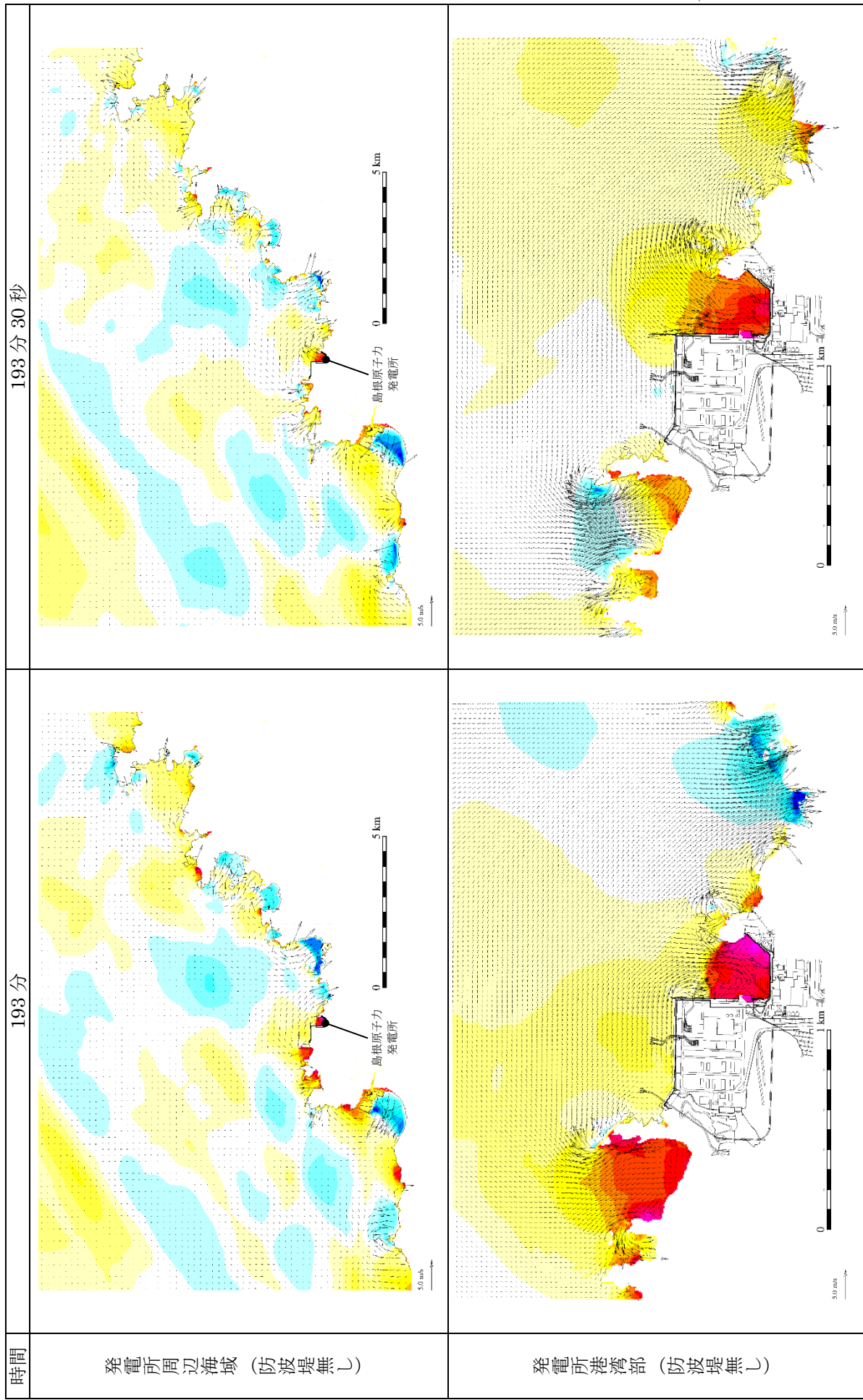


図 5-24 基準津波 5 の水位変動・流向ベクトル

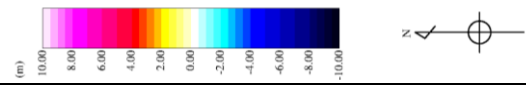
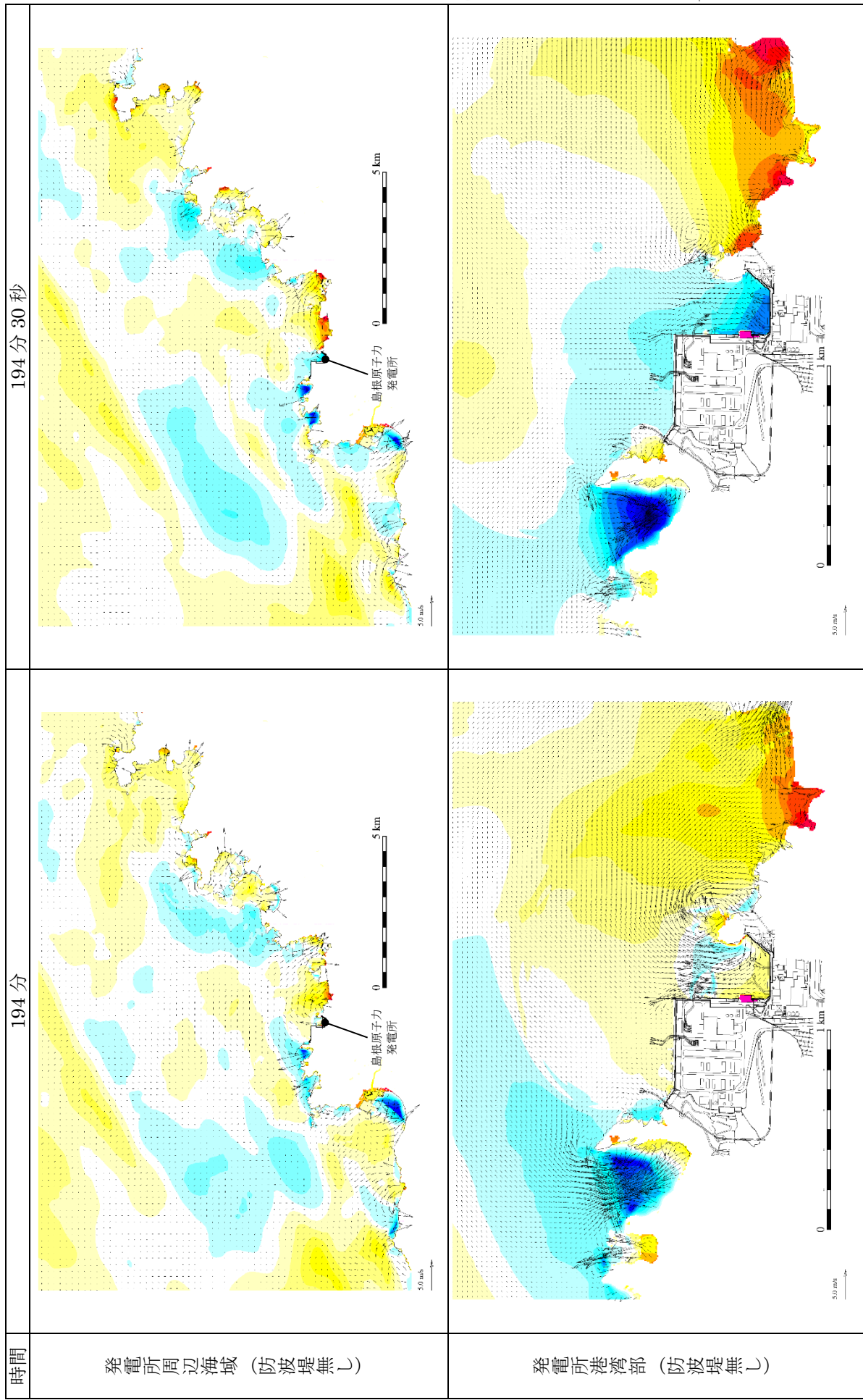


図 5-25 基準津波 5 の水位変動・流向ベクトル

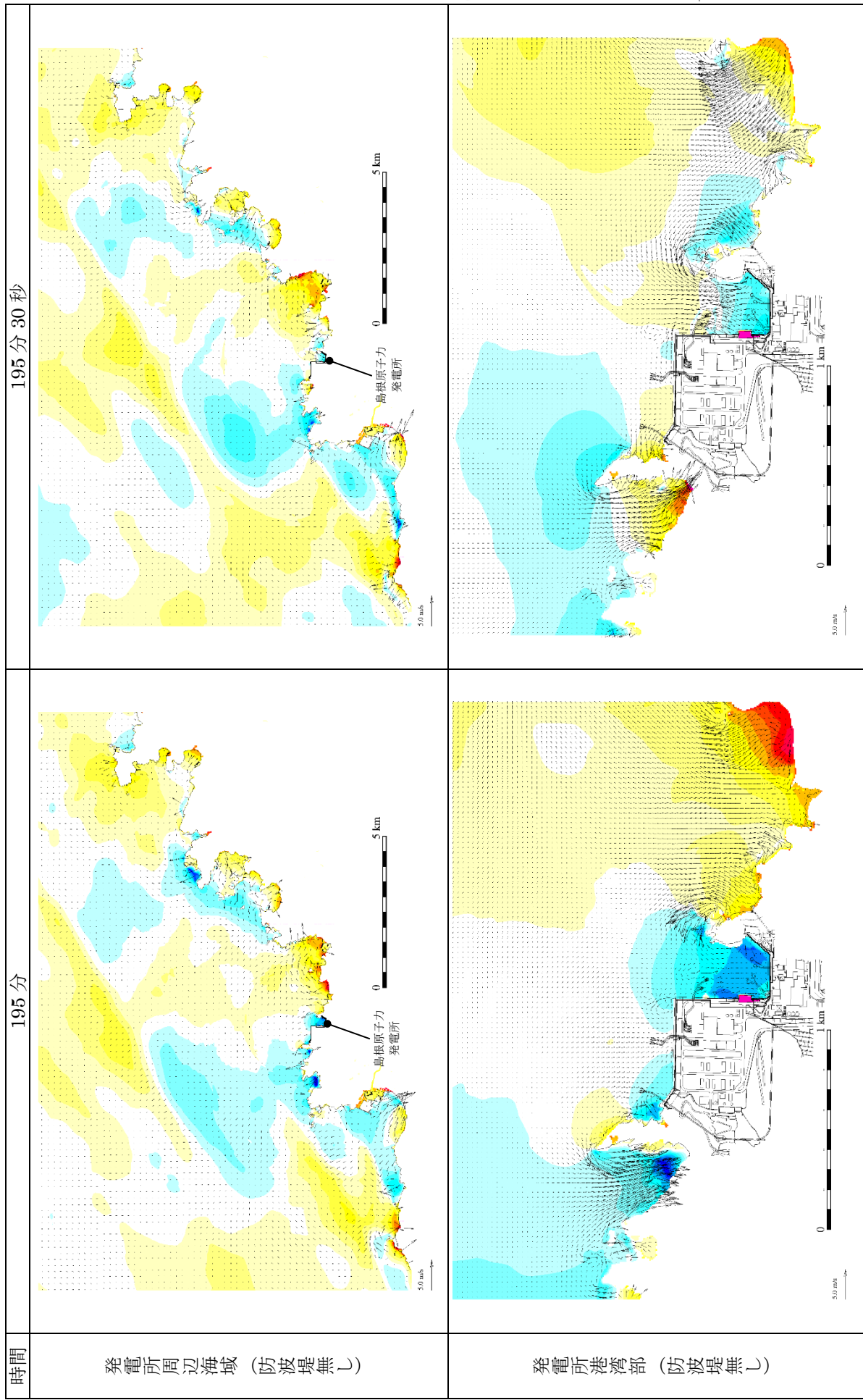


図 5-26 基準津波 5 の水位変動・流向ベクトル

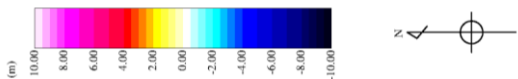
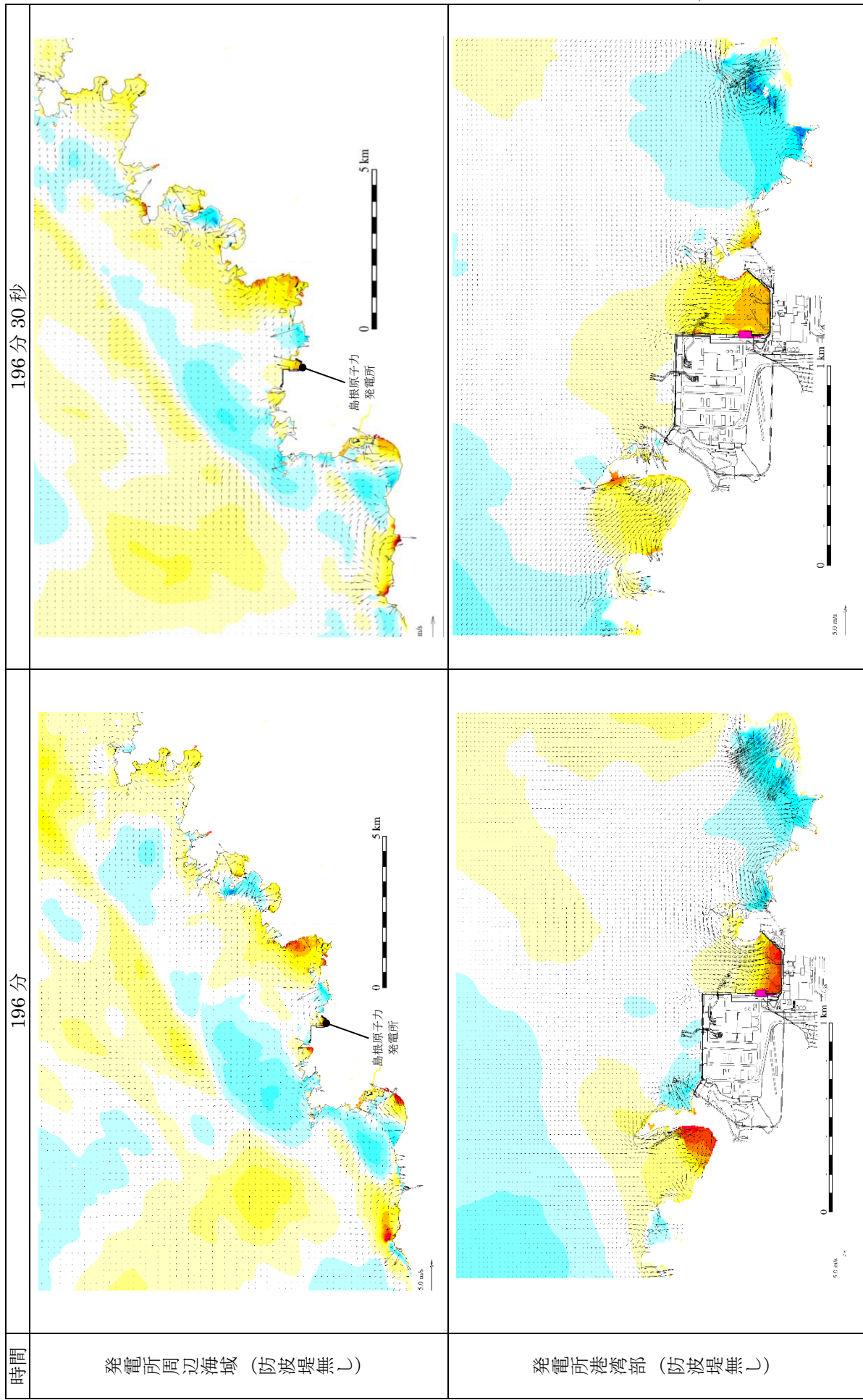


図 5-27 基準津波 5 の水位変動・流向ベクトル

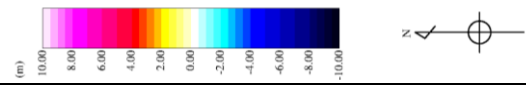
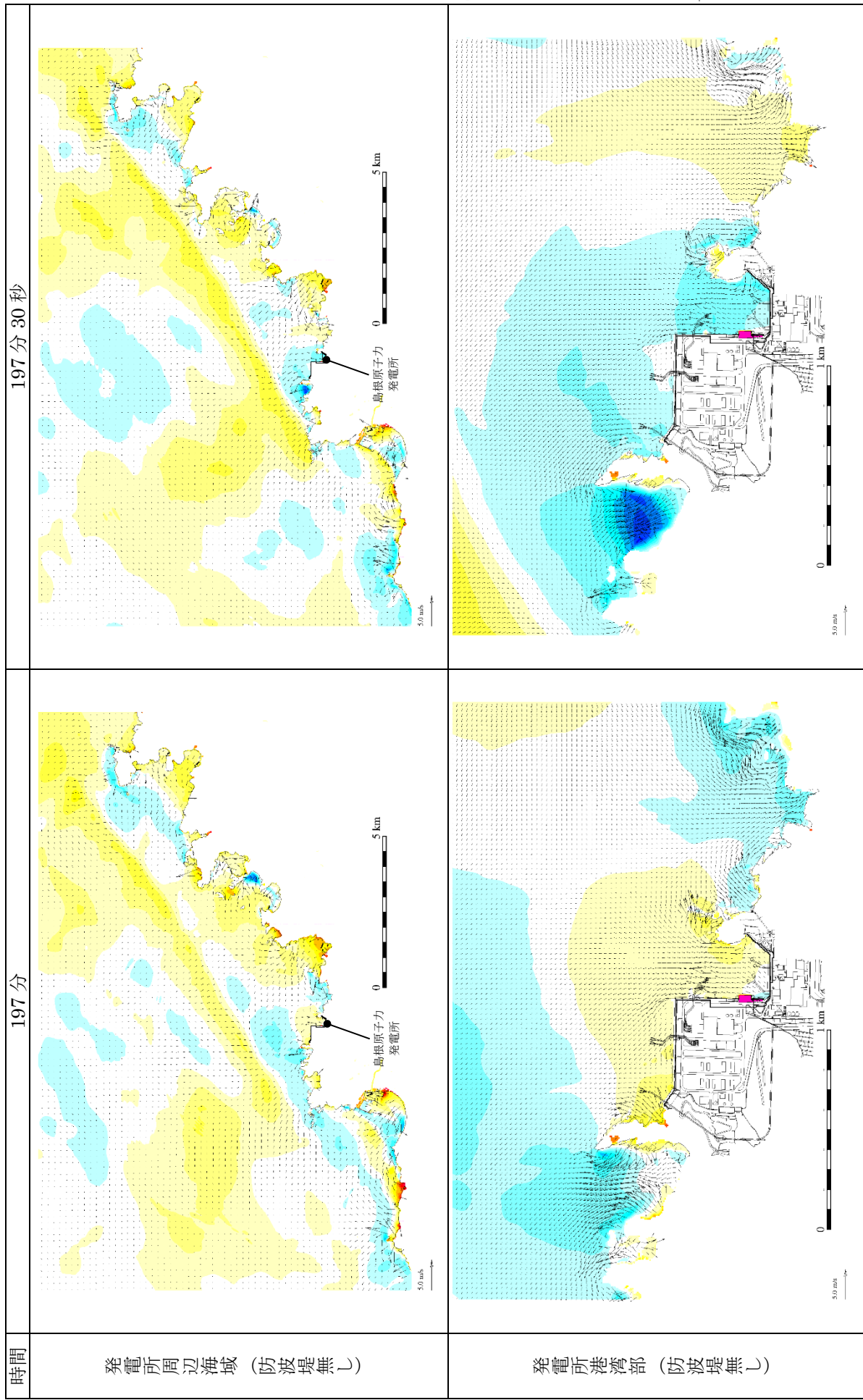


図 5-28 基準津波 5 の水位変動・流向ベクトル

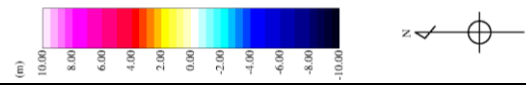
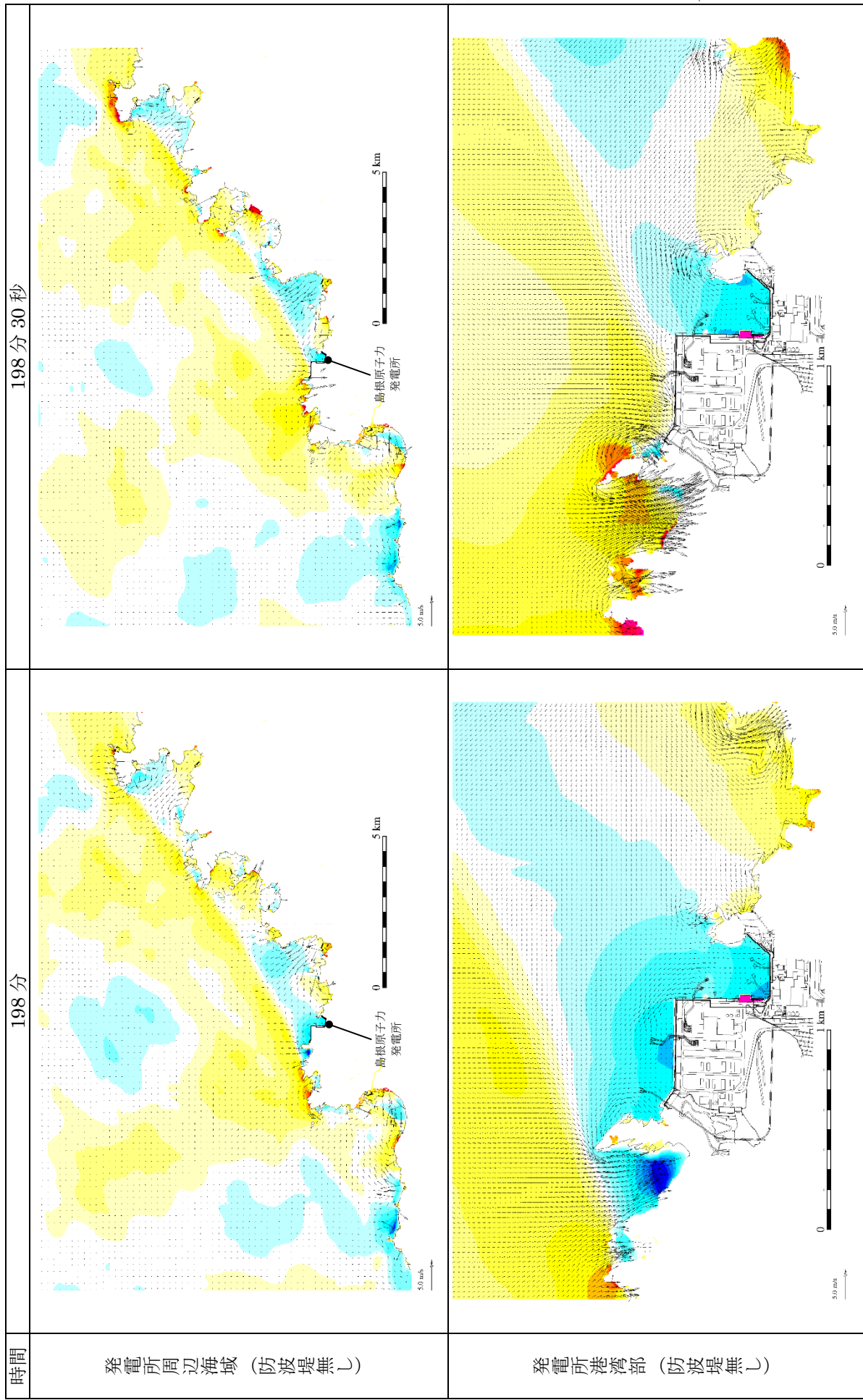


図 5-29 基準津波 5 の水位変動・流向ベクトル

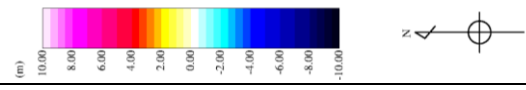
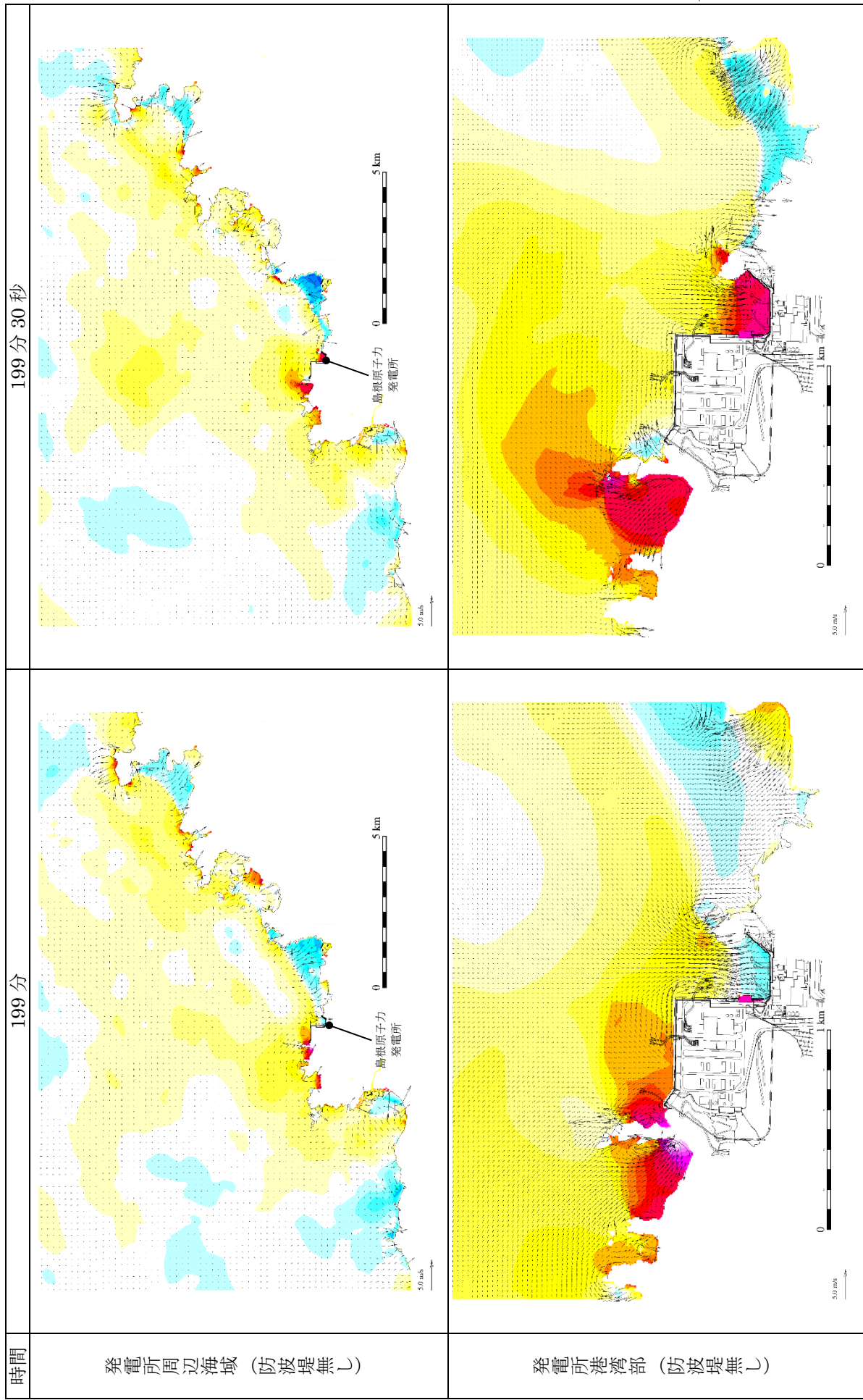


図 5-30 基準津波 5 の水位変動・流向ベクトル

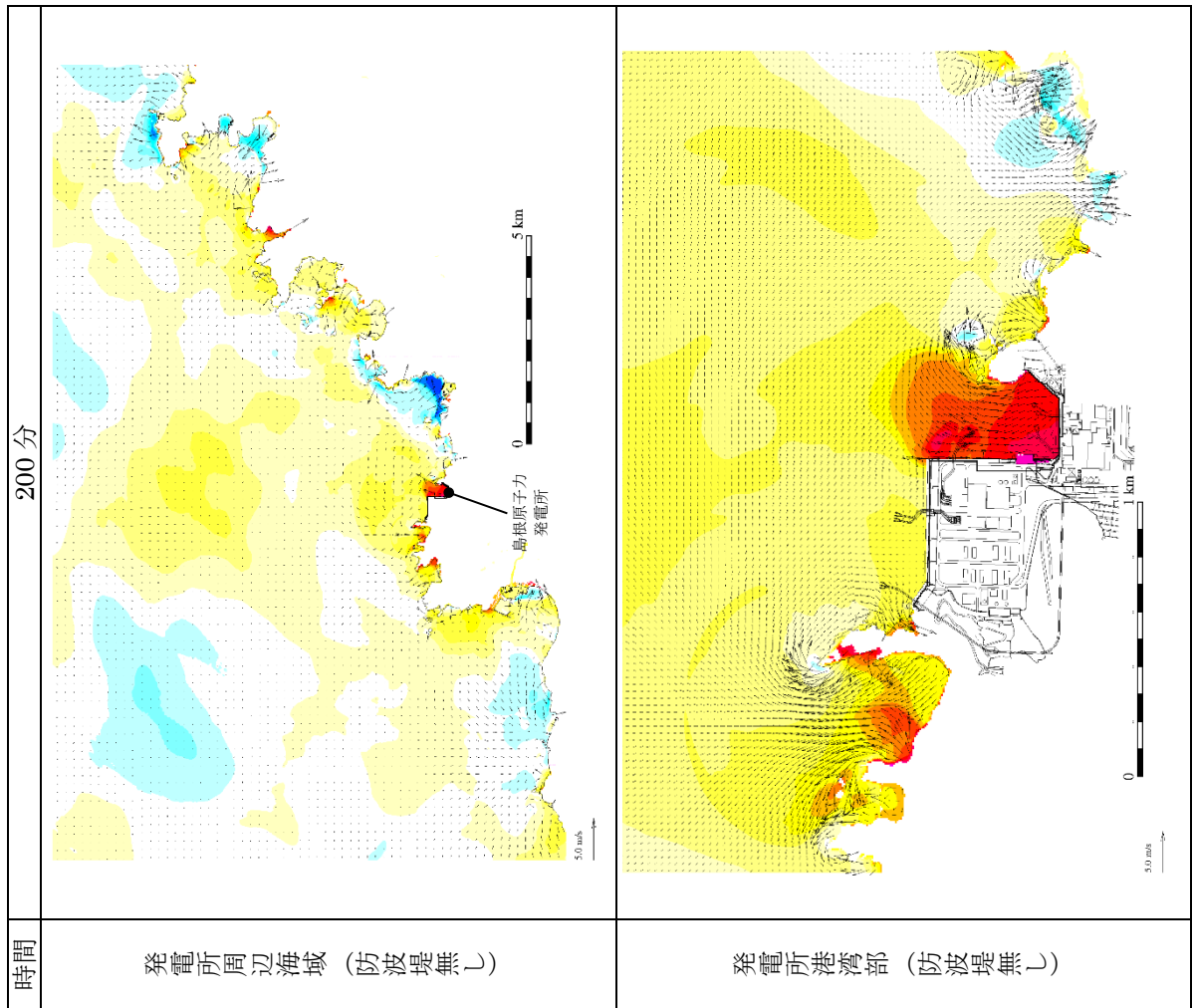


図 5-31 基準津波 5 の水位変動・流向ベクトル

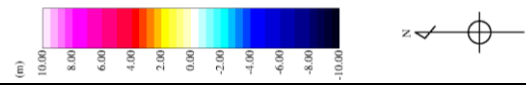
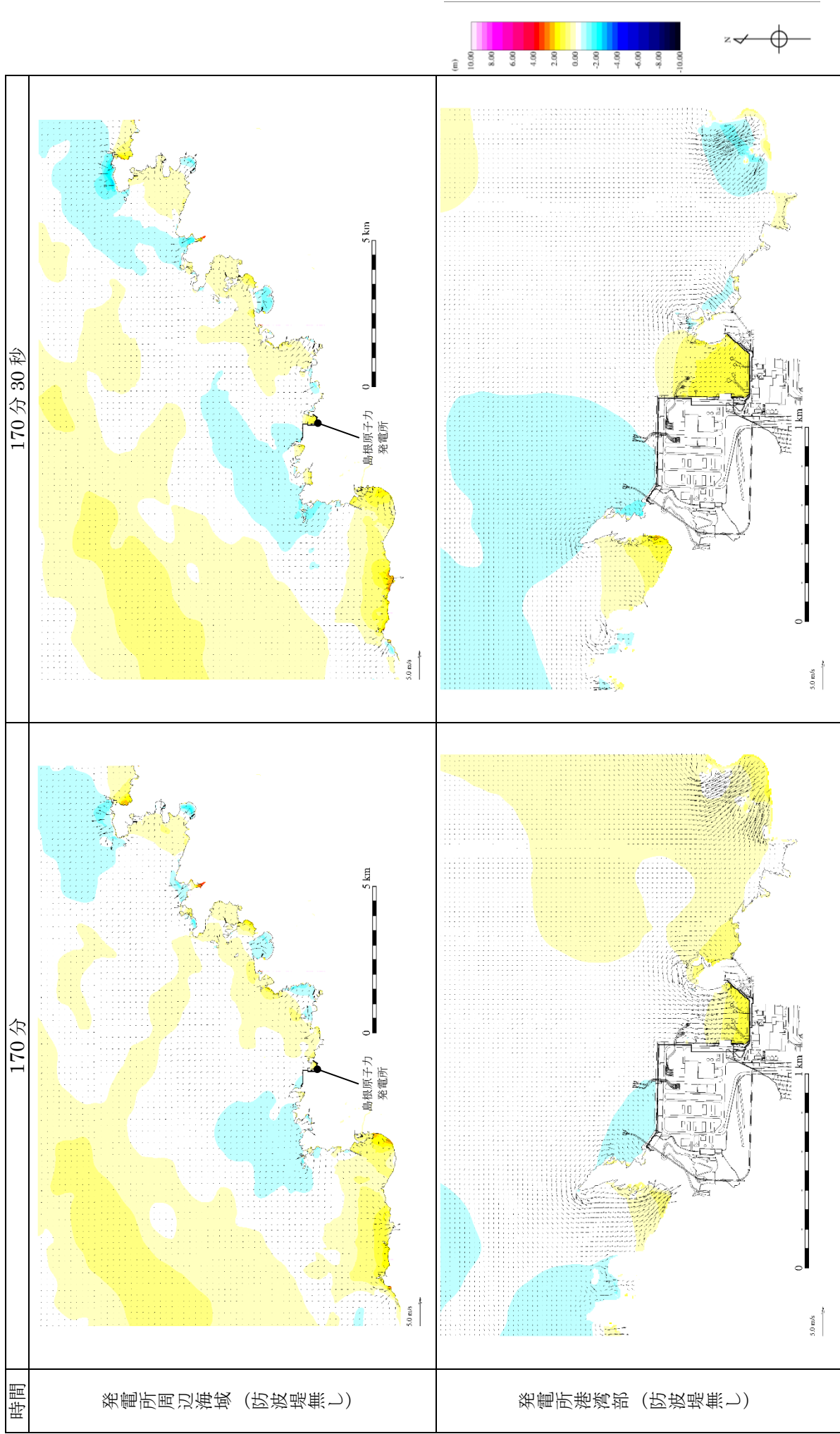


図 6-1-1 基準津波 6 の水位変動・流向ベクトル

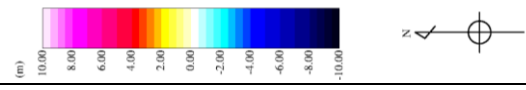
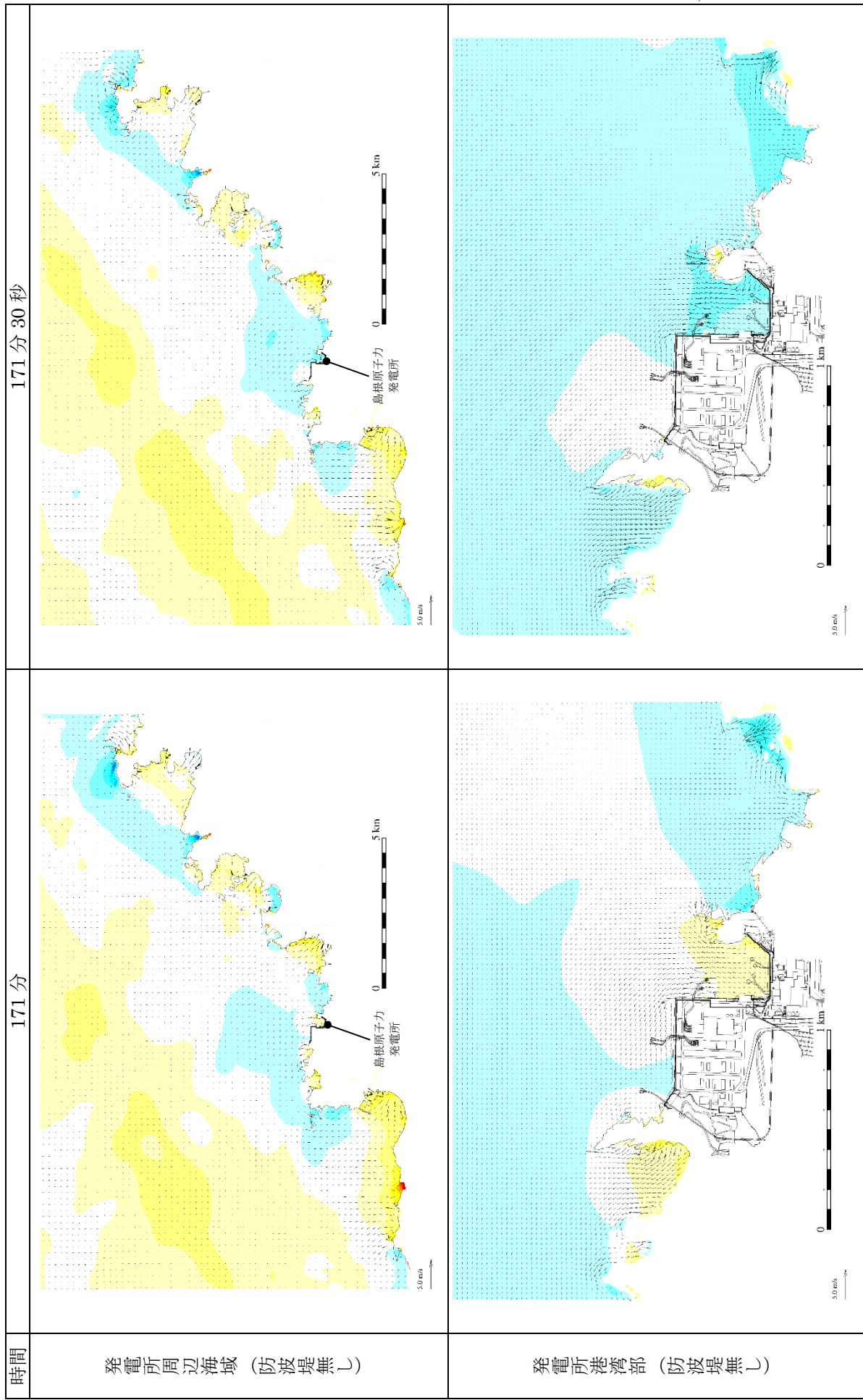


図 6-2 基準津波 6 の水位変動・流向ベクトル

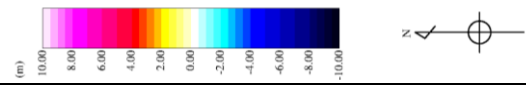
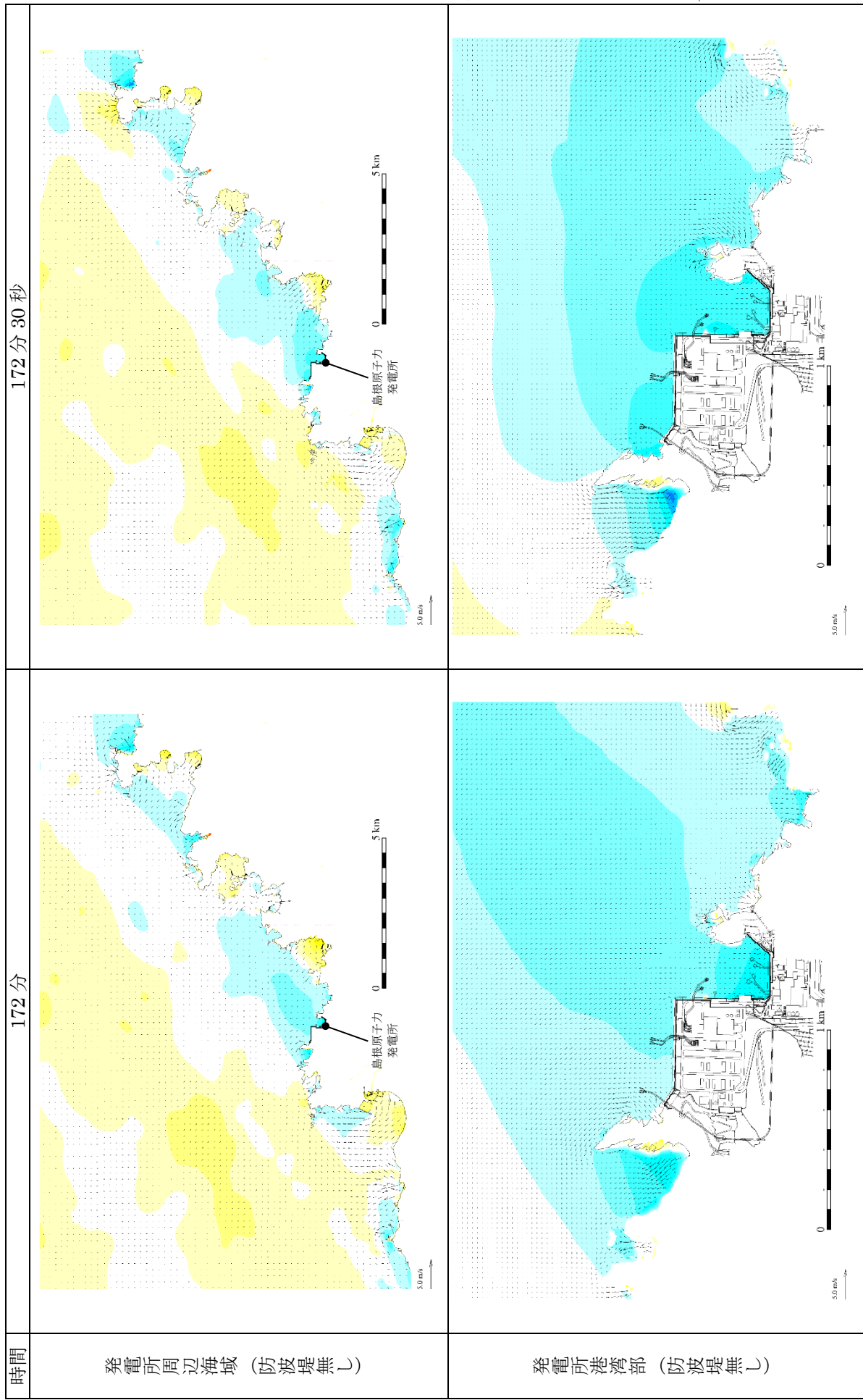


図 6-3 基準津波 6 の水位変動・流向ベクトル

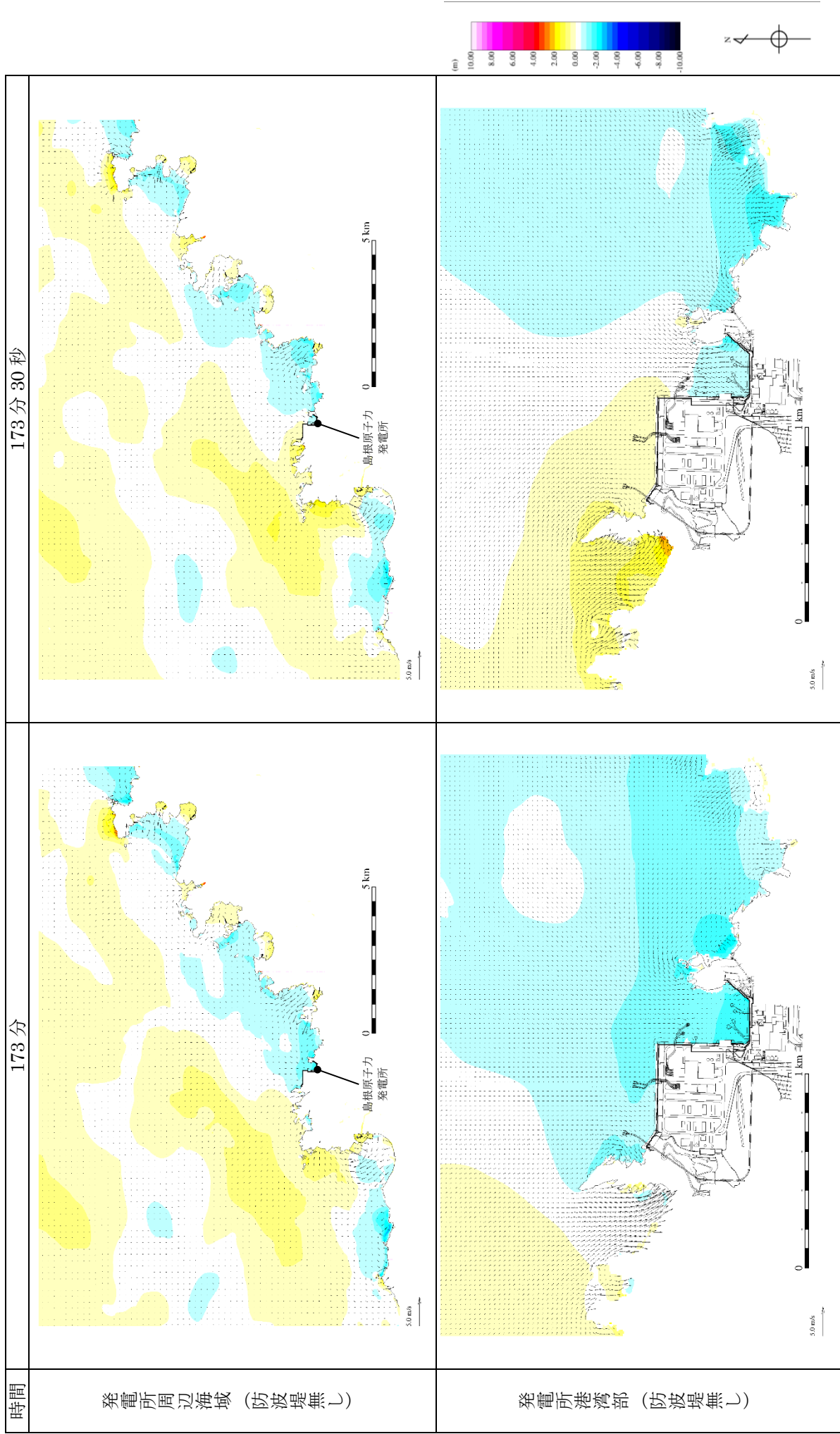


図 6-4 基準津波 6 の水位変動・流向ベクトル

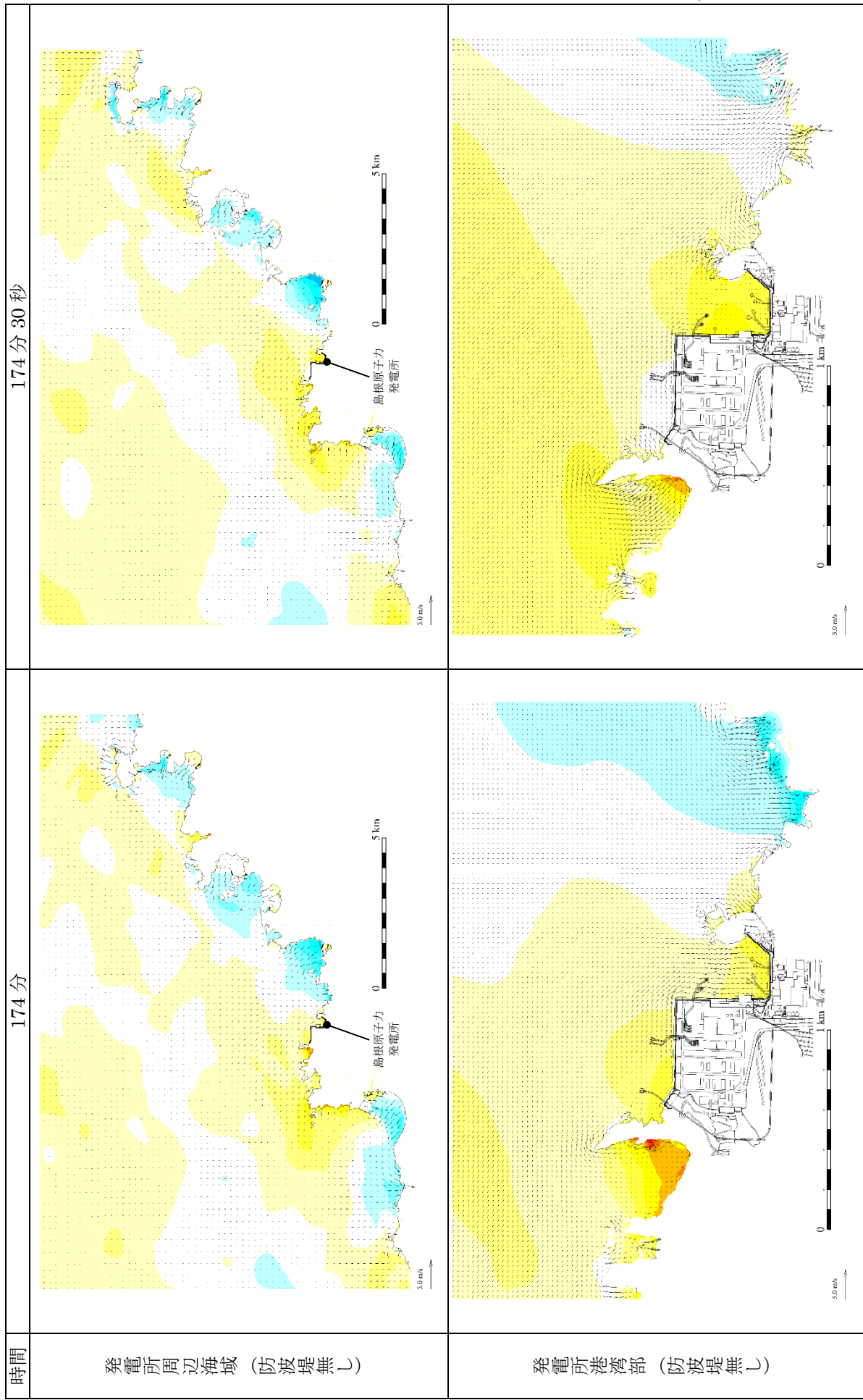


図 6-5 基準津波 6 の水位変動・流向ベクトル

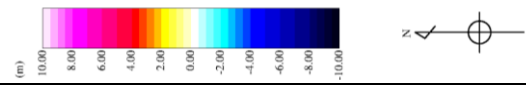
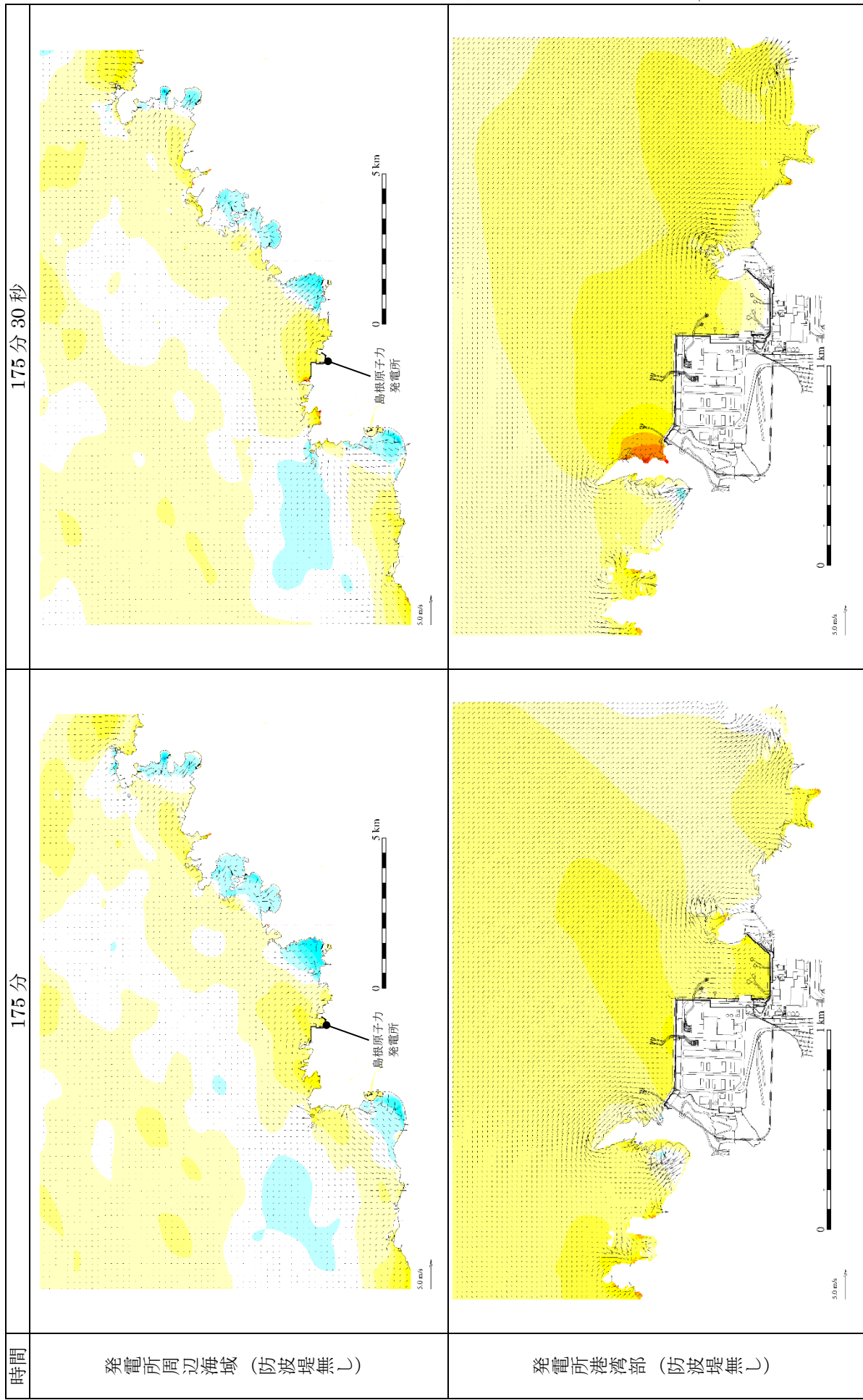


図 6-6 基準津波 6 の水位変動・流向ベクトル

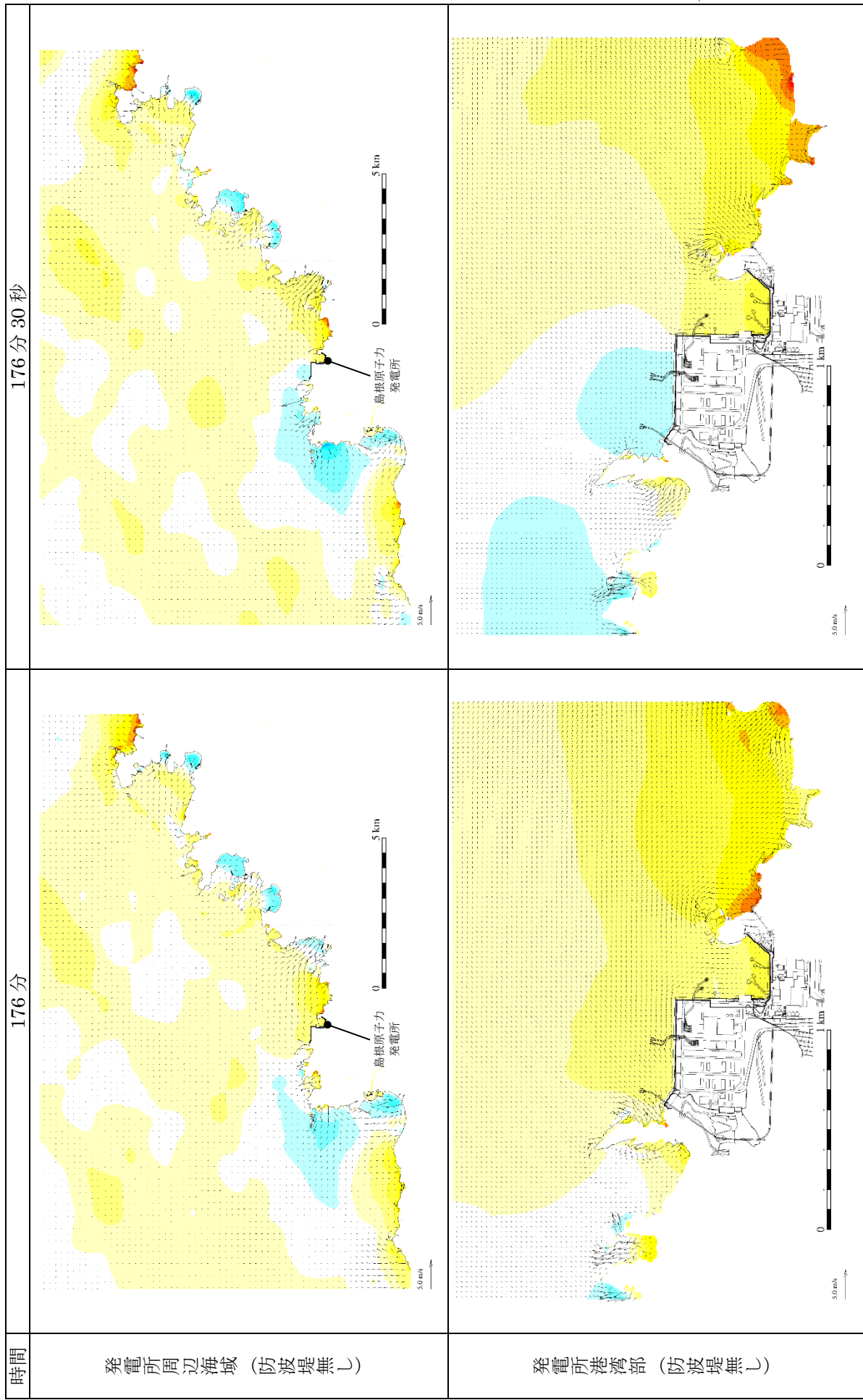


図 6-7 基準津波 6 の水位変動・流向ベクトル

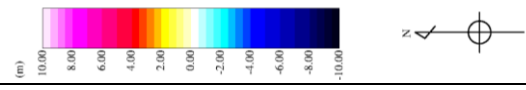
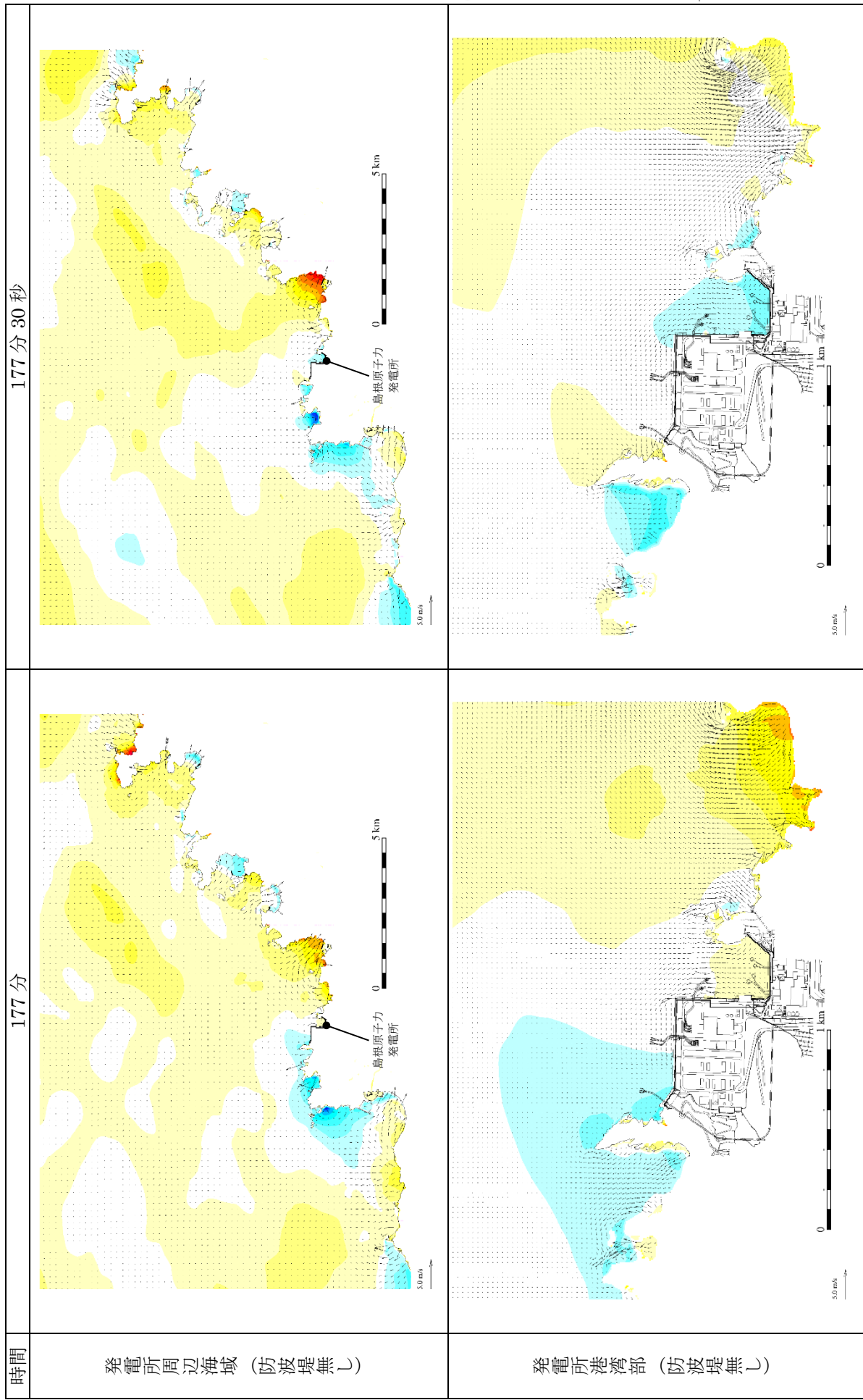


図 6-8 基準津波 6 の水位変動・流向ベクトル

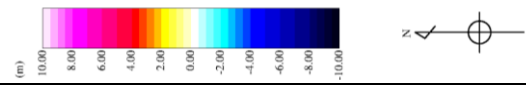
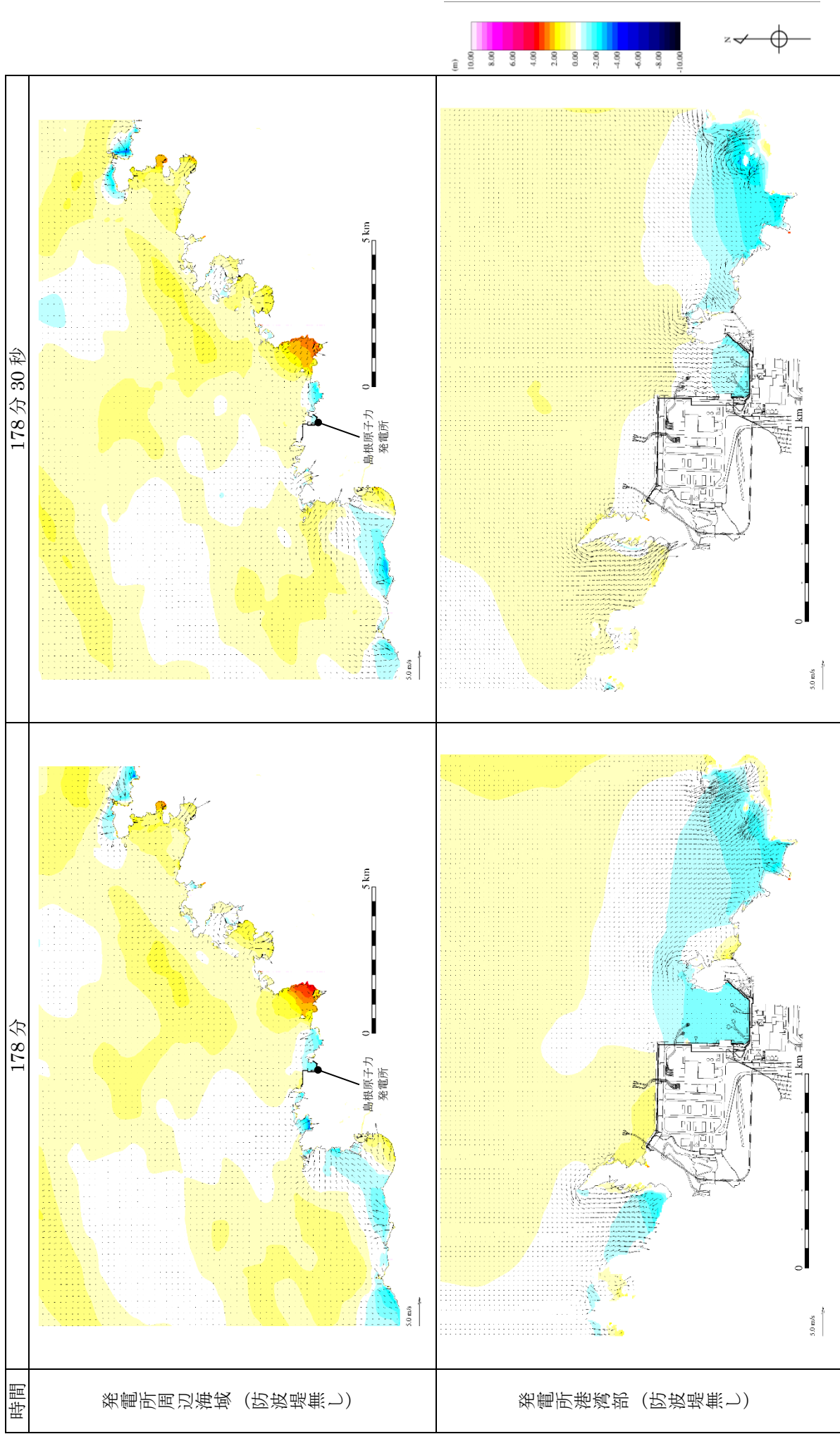


図 6-9 基準津波 6 の水位変動・流向ベクトル

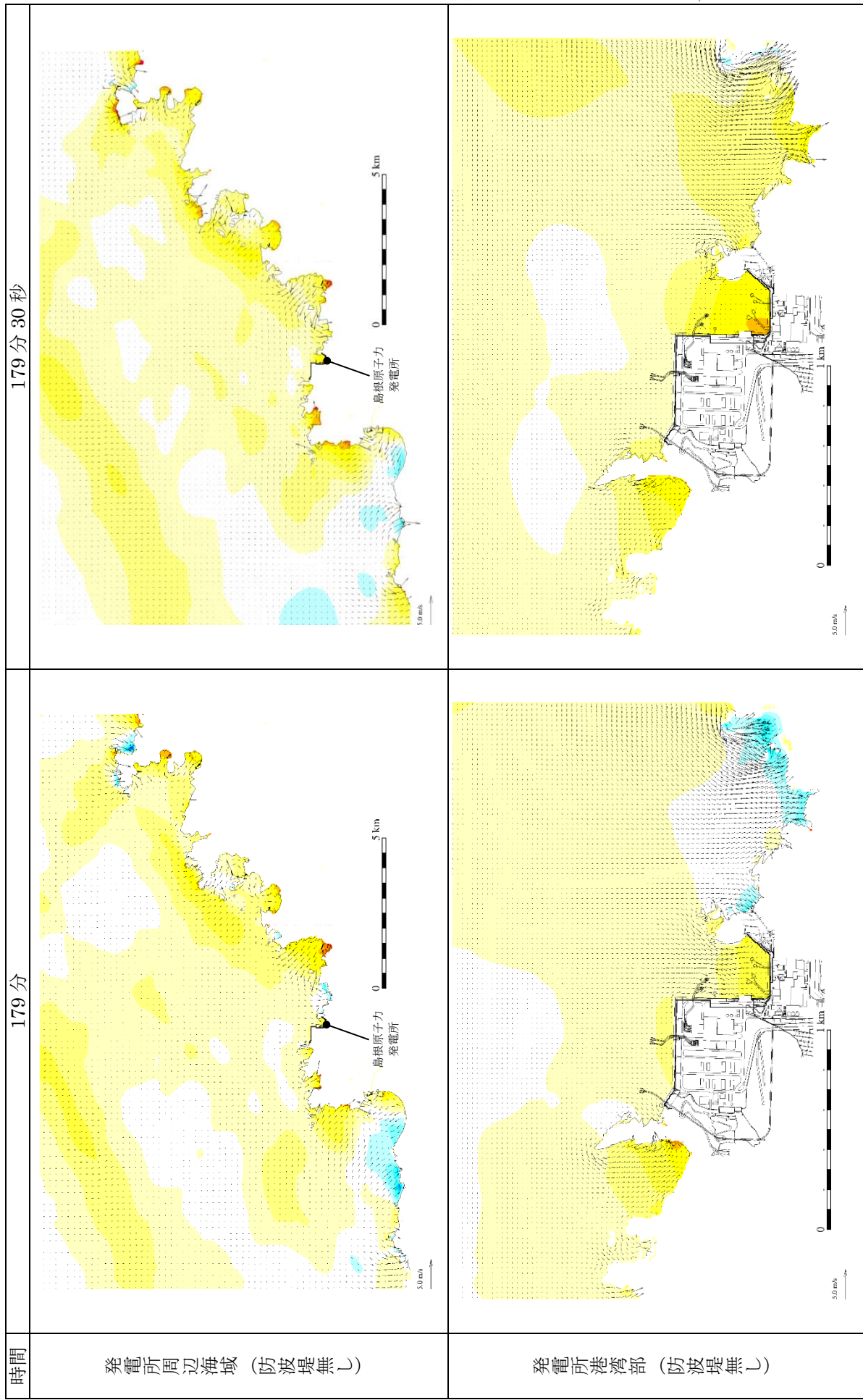


図 6-10 基準津波 6 の水位変動・流向ベクトル

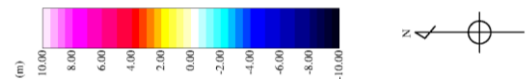
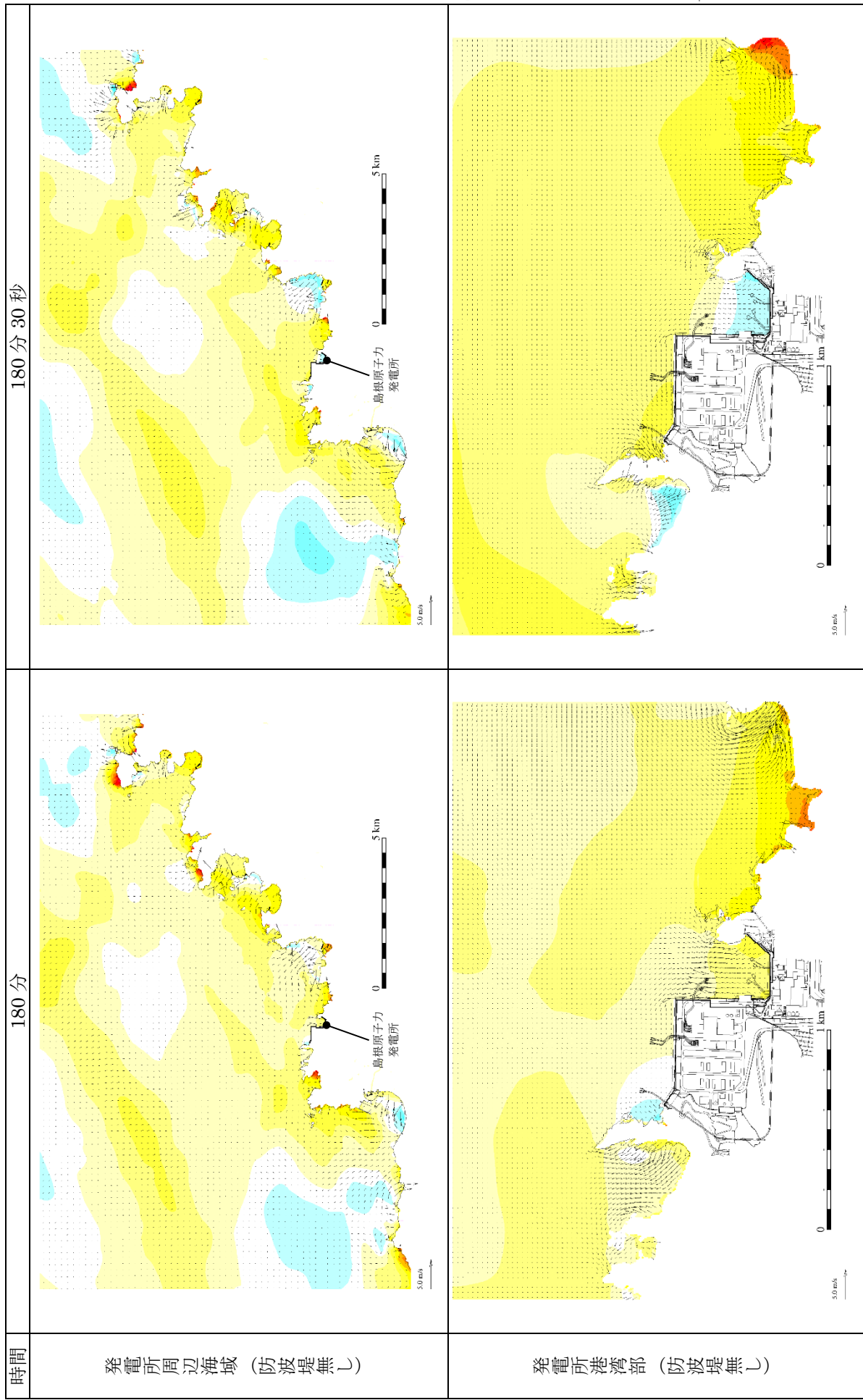


図6-11 基準津波6の水位変動・流向ベクトル

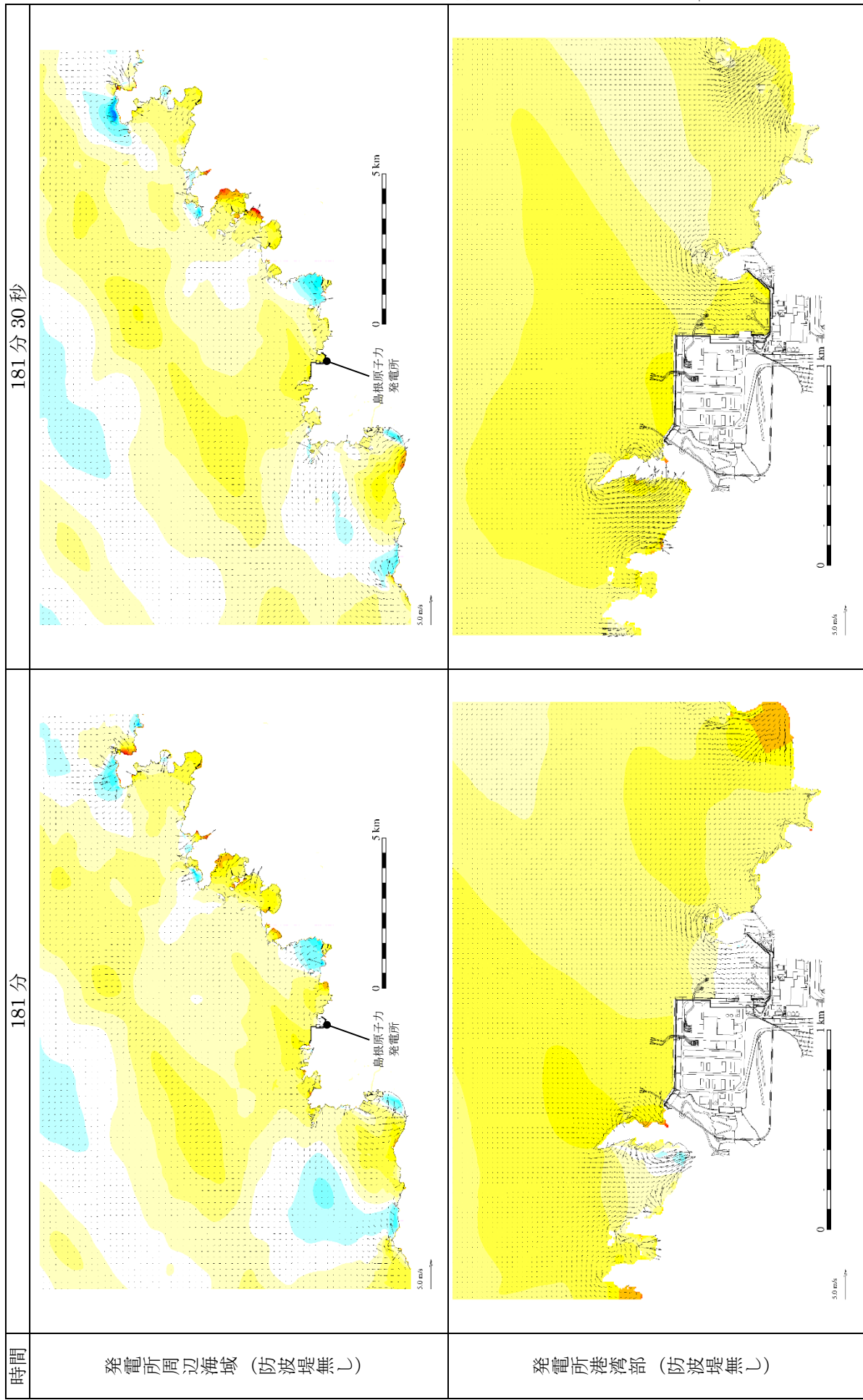


図 6-12 基準津波 6 の水位変動・流向ベクトル

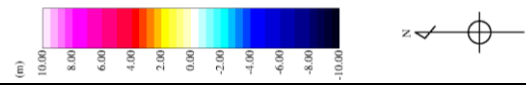
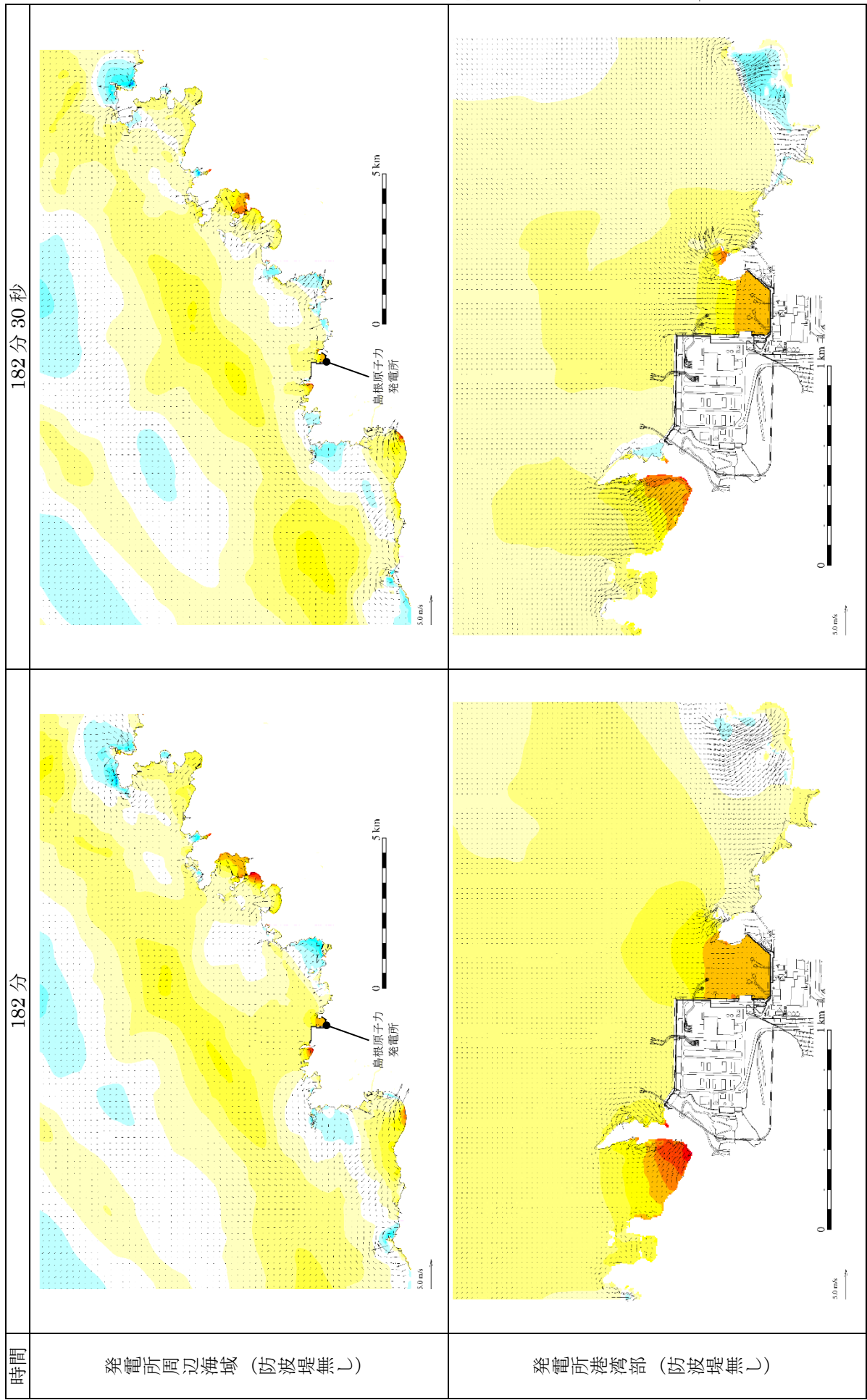


図6-13 基準津波6の水位変動・流向ベクトル

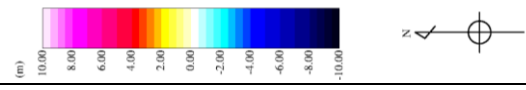
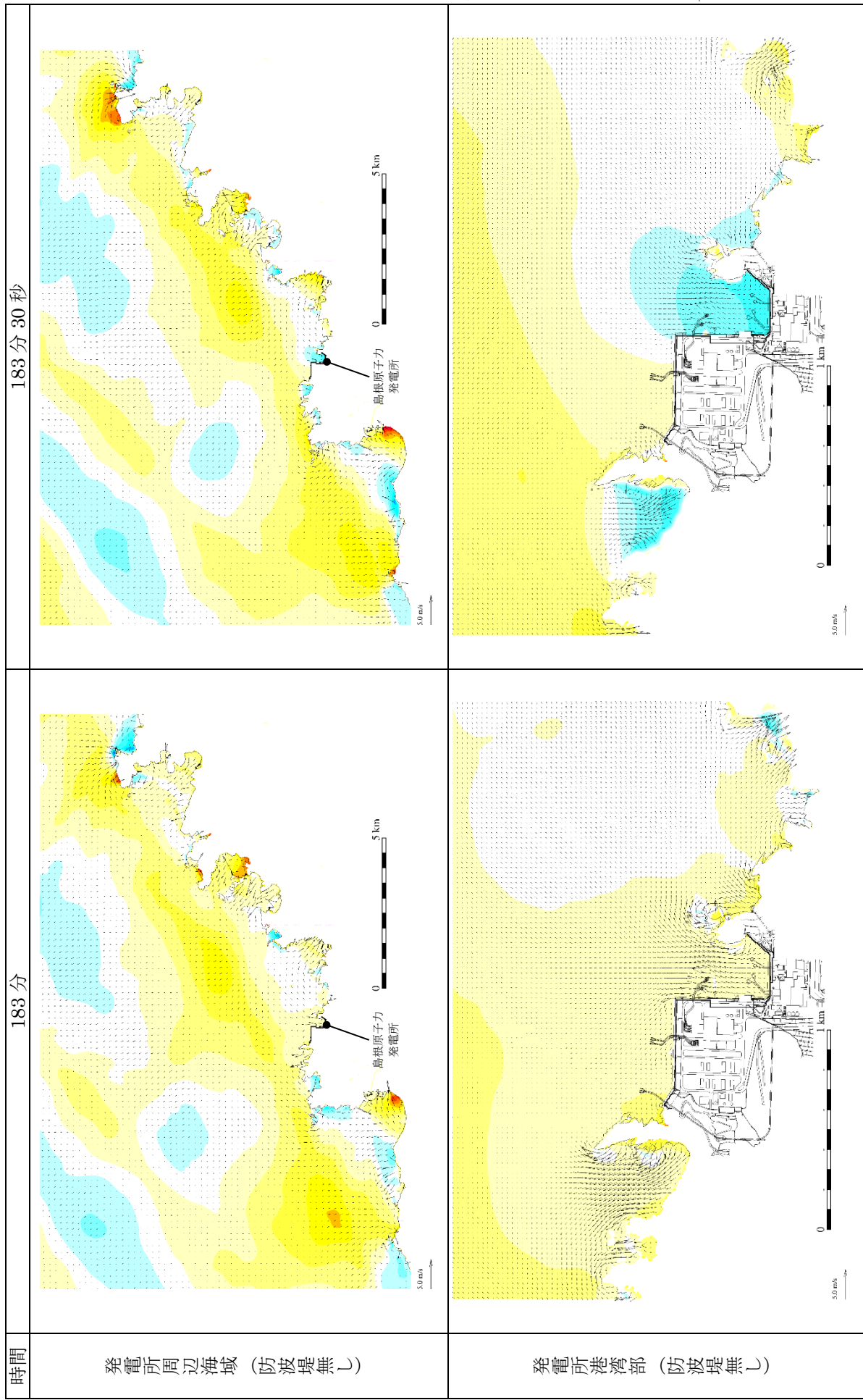


図6-14 基準津波6の水位変動・流向ベクトル

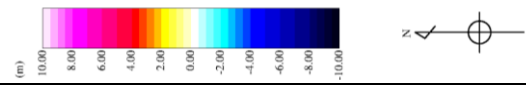
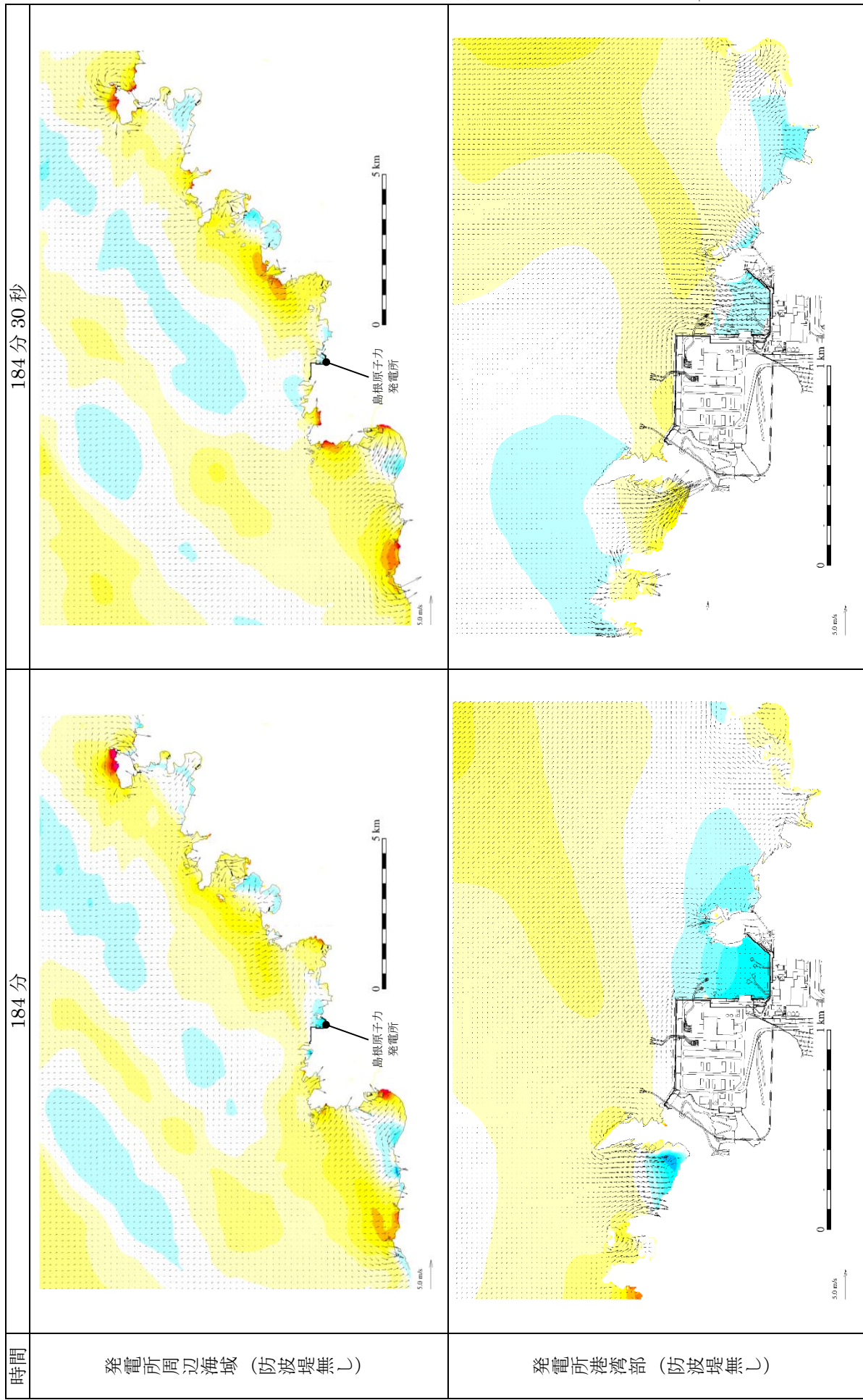


図 6-15 基準津波 6 の水位変動・流向ベクトル

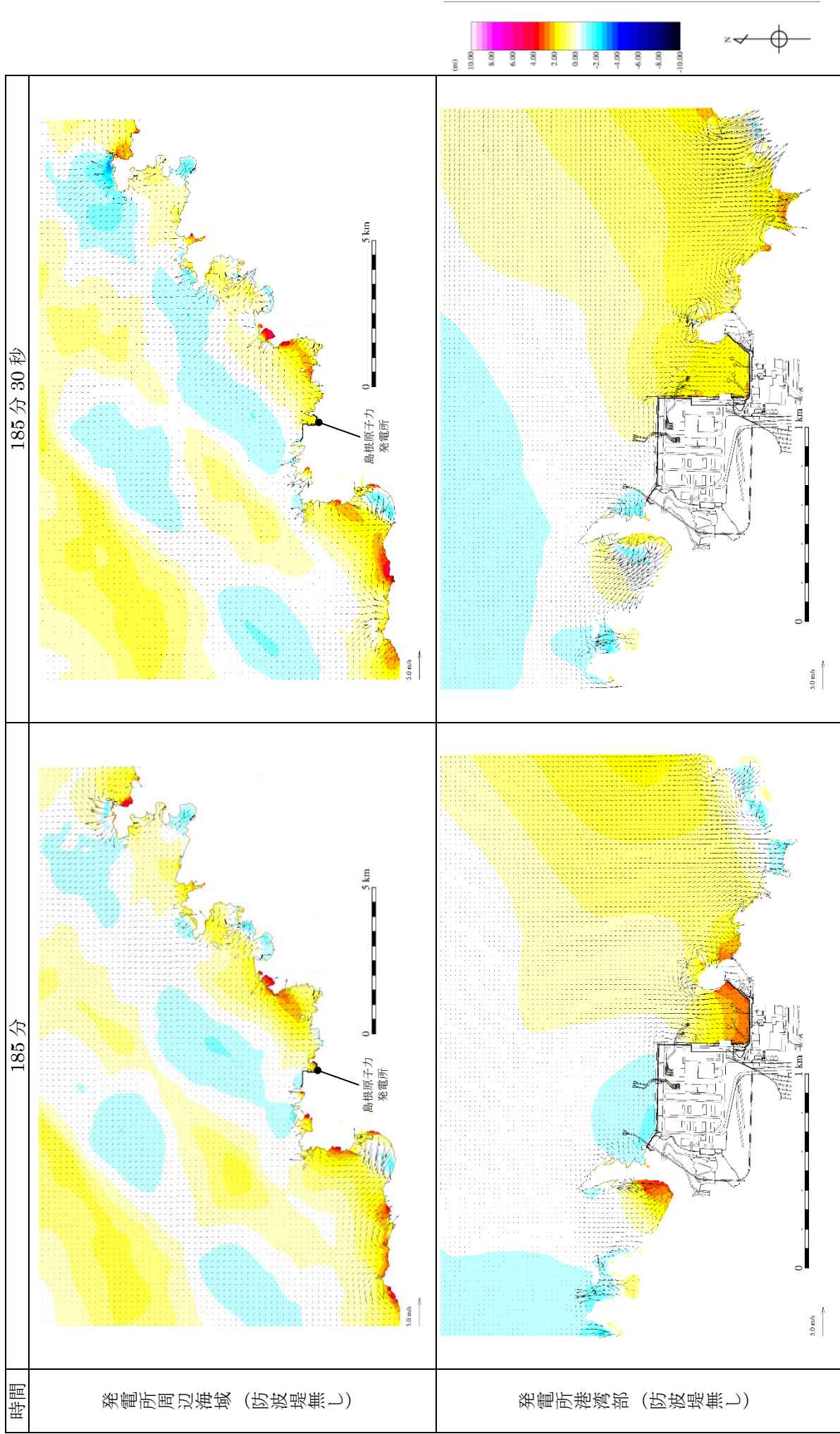


図 6-16 基準津波 6 の水位変動・流向ベクトル

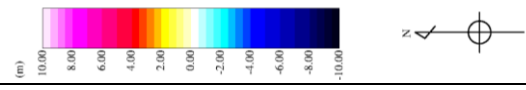
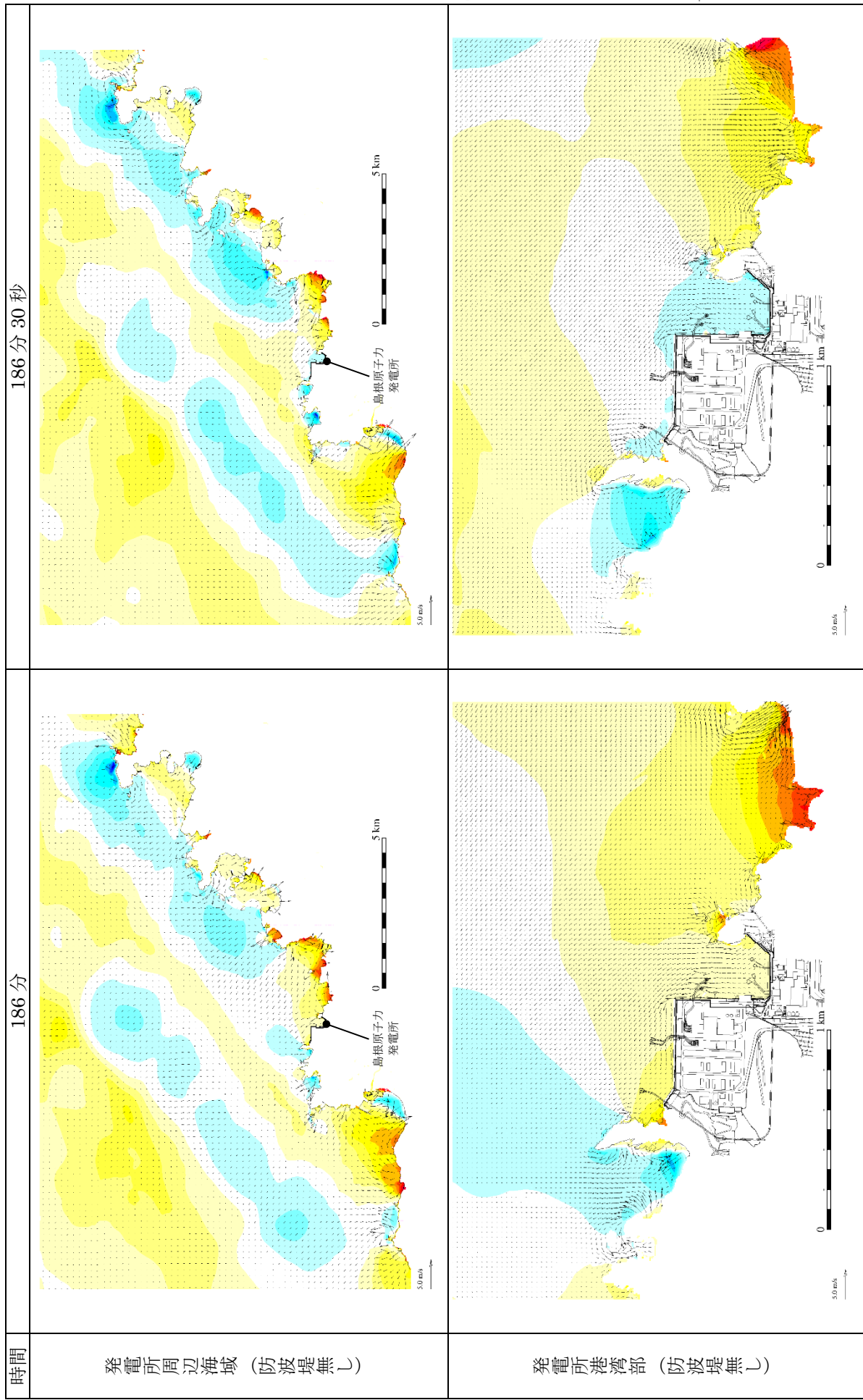


図6-17 基準津波6の水位変動・流向ベクトル

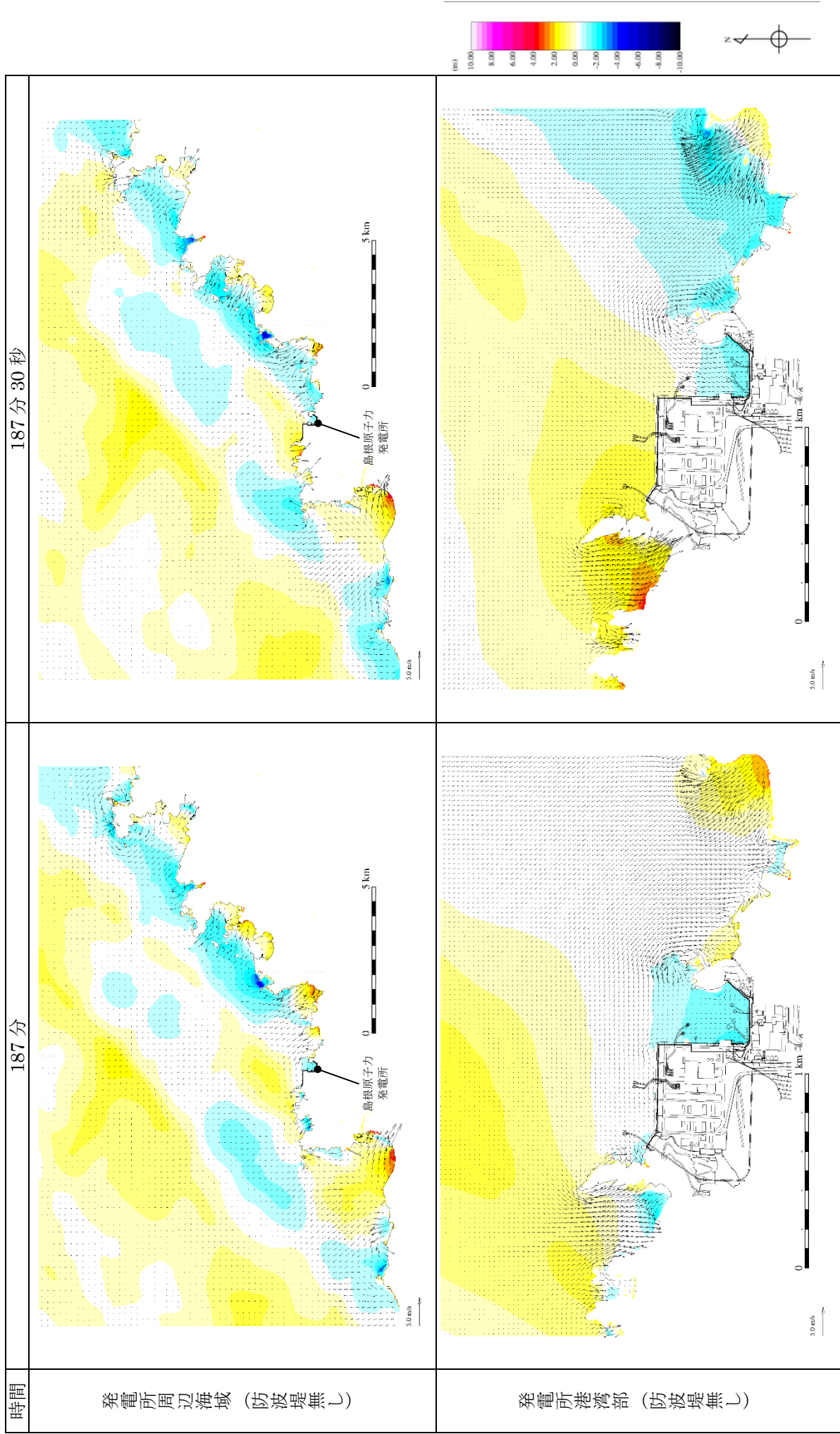


図6-18 基準津波6の水位変動・流向ベクトル

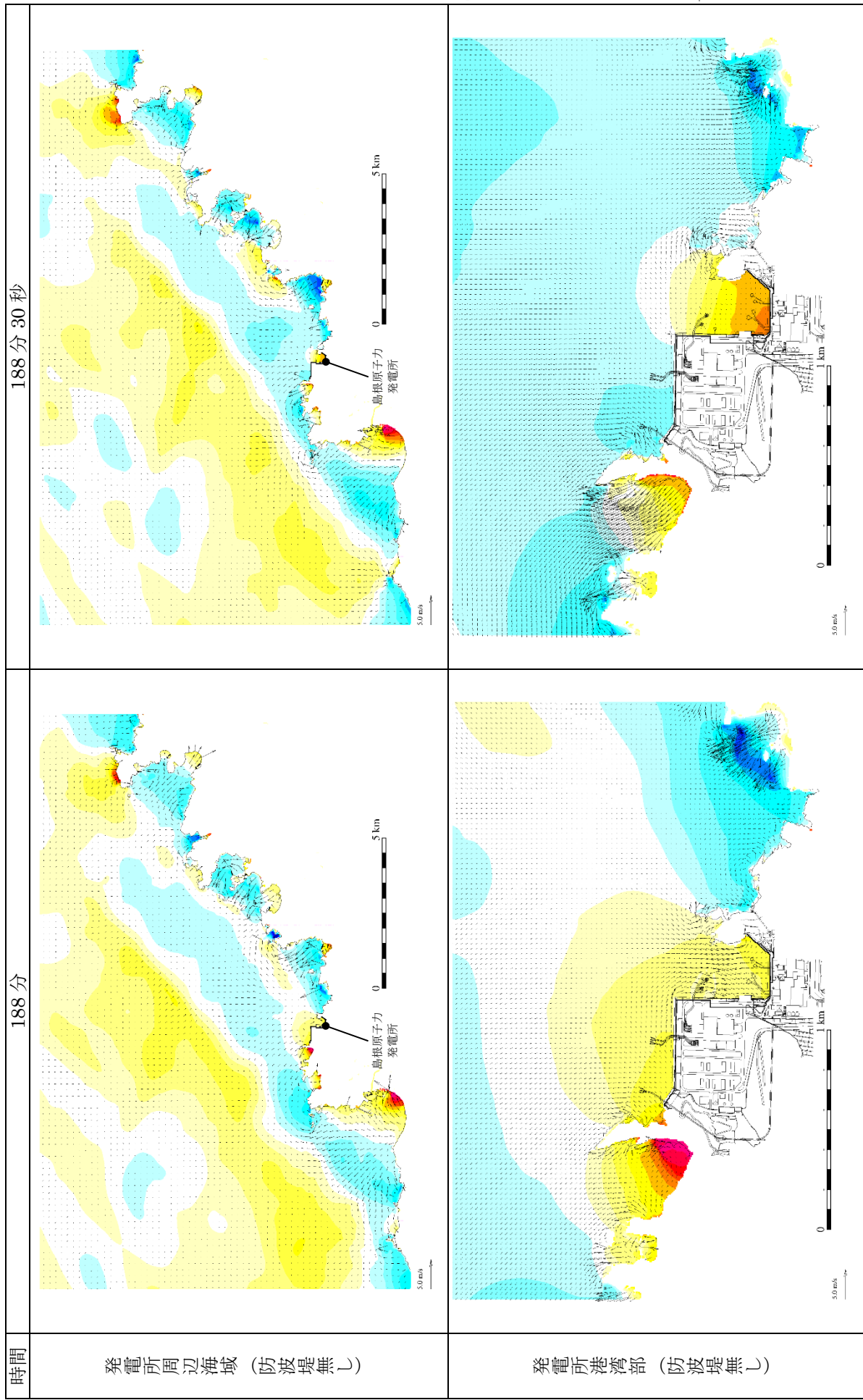


図6-19 基準津波6の水位変動・流向ベクトル

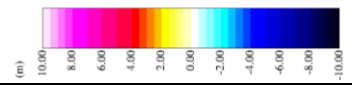
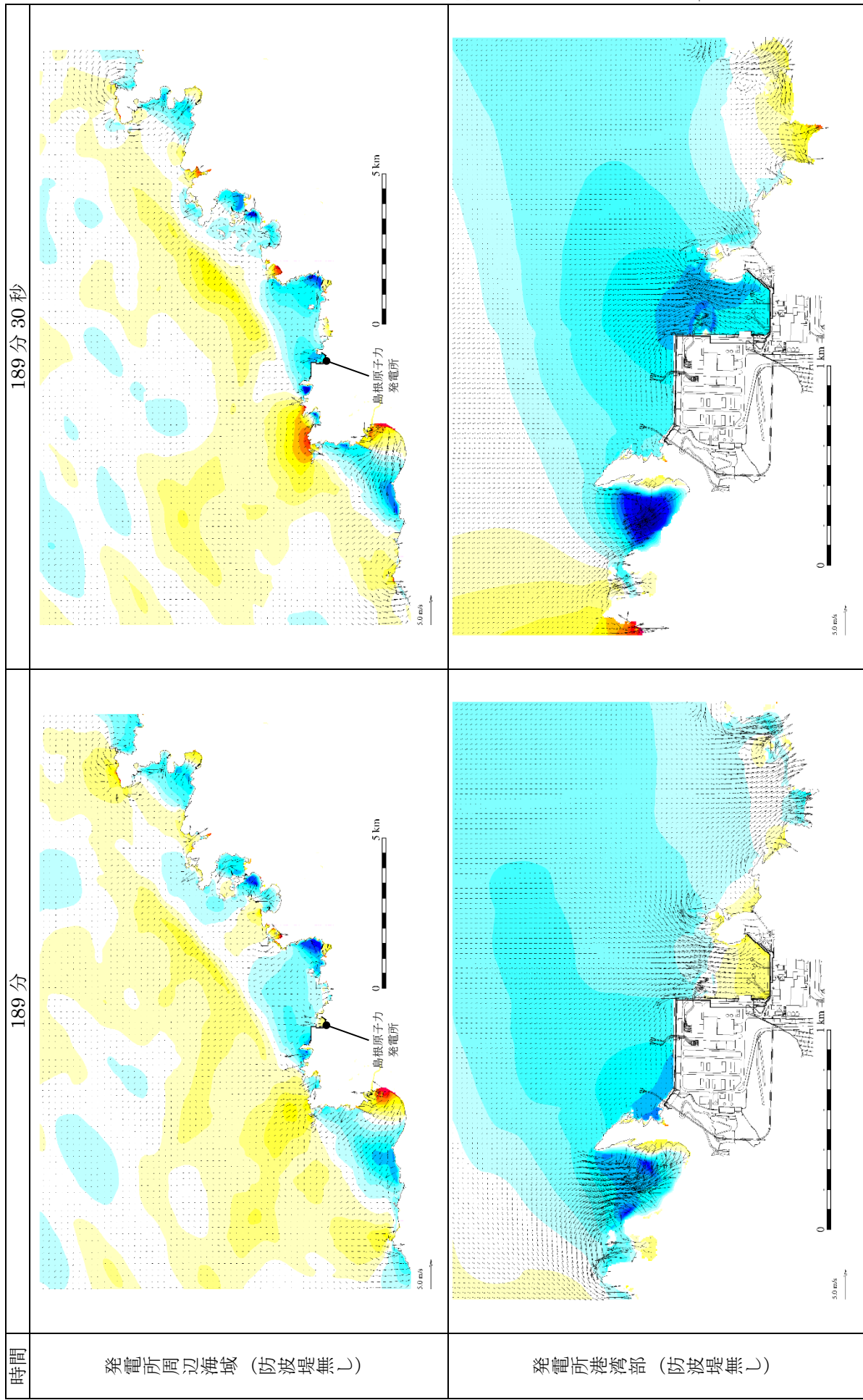


図 6-20 基準津波 6 の水位変動・流向ベクトル

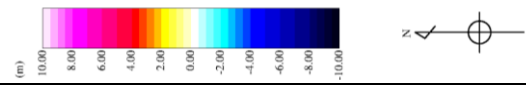
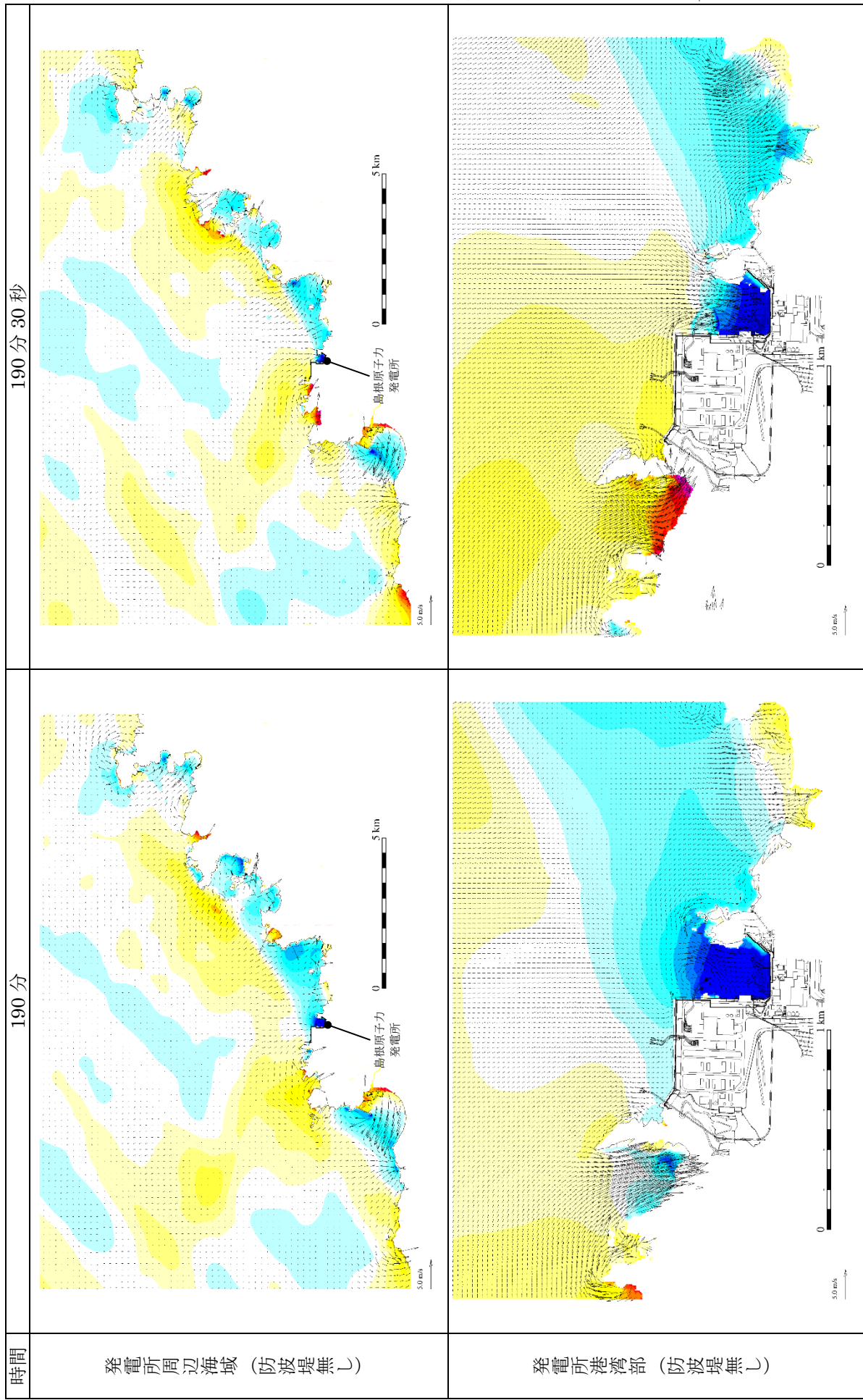


図 6-21 基準津波 6 の水位変動・流向ベクトル

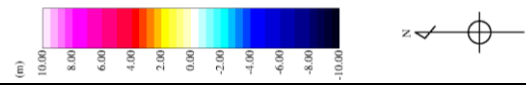
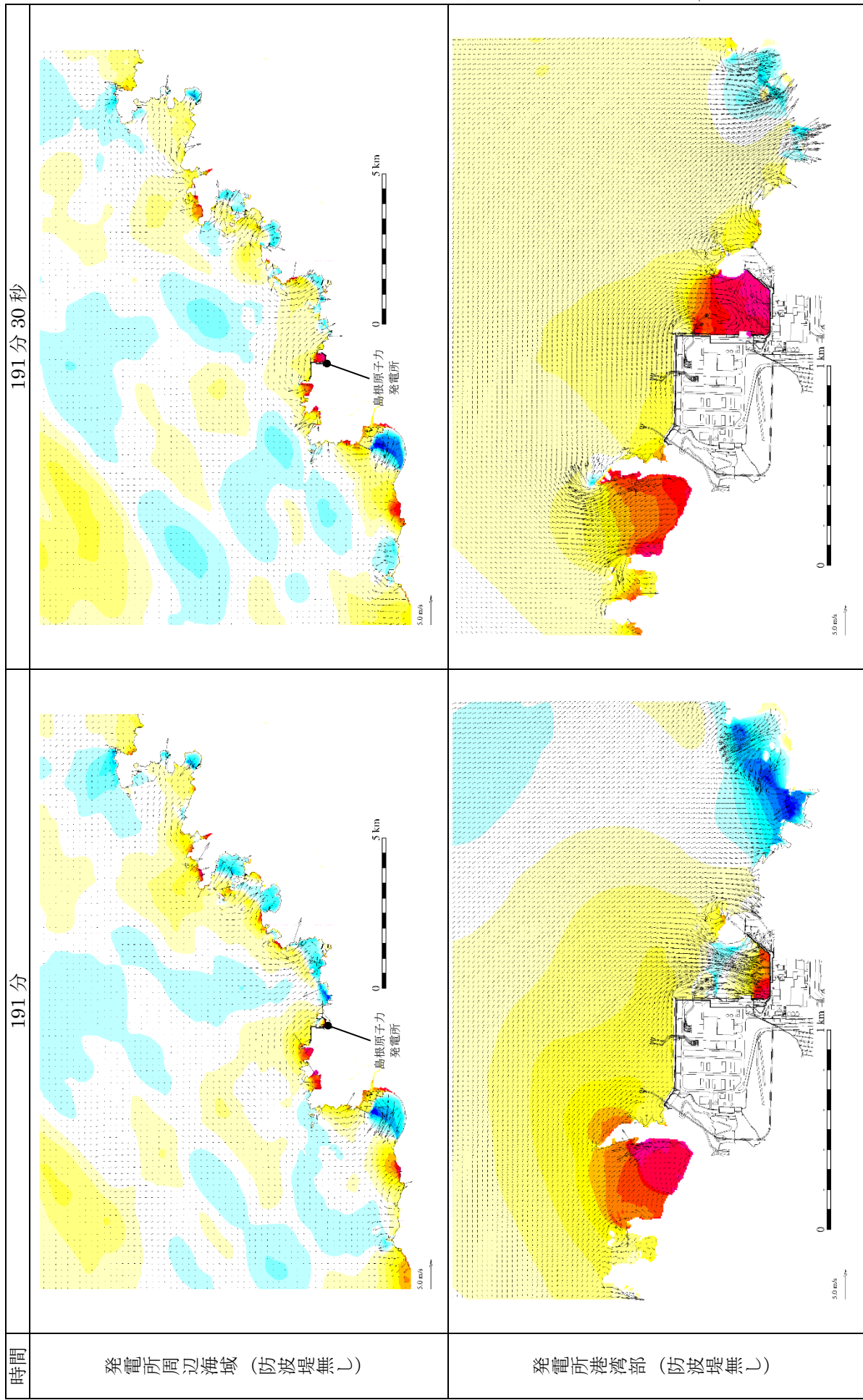


図 6-22 基準津波 6 の水位変動・流向ベクトル

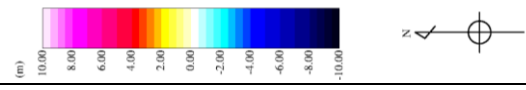
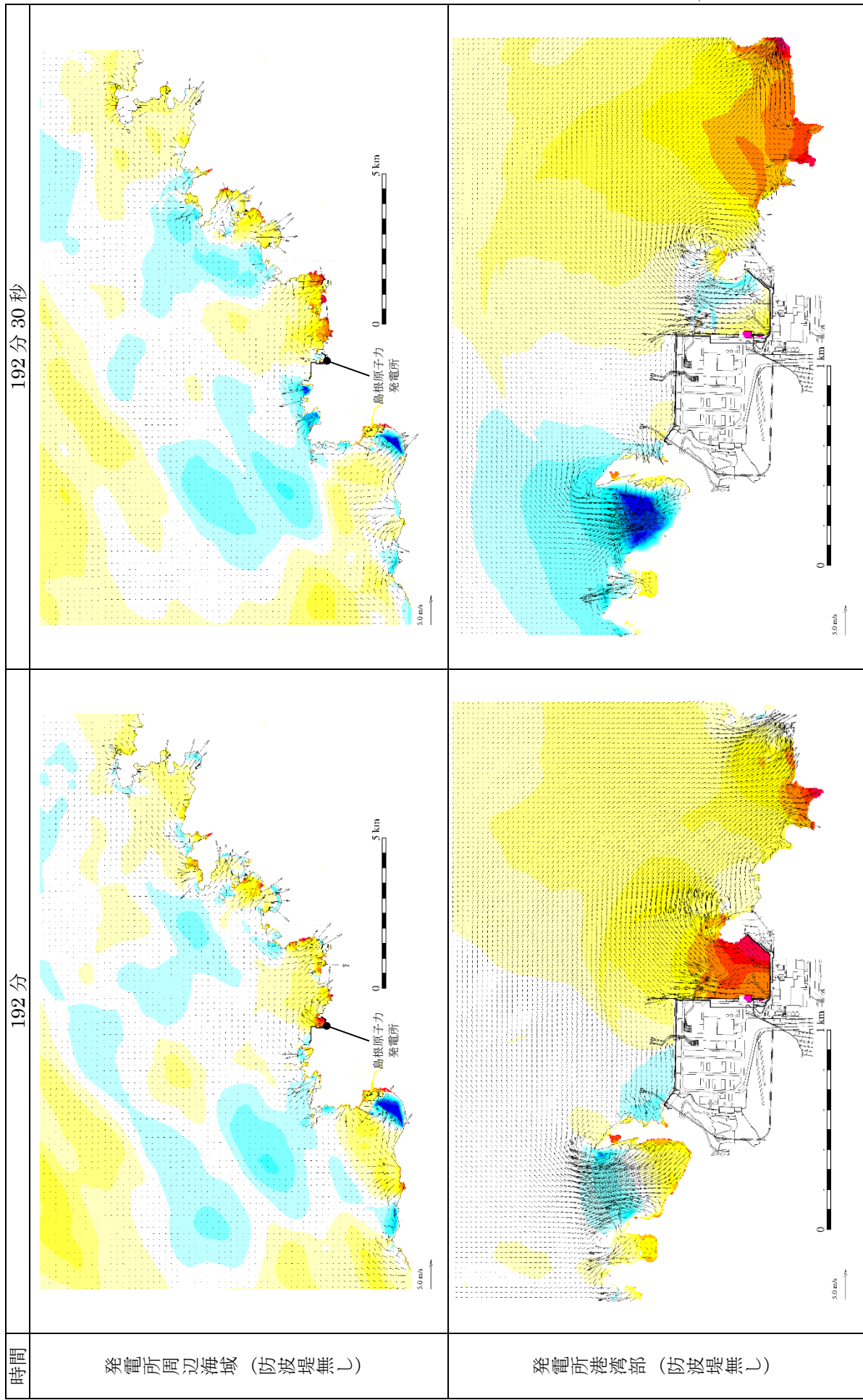


図 6-23 基準津波 6 の水位変動・流向ベクトル

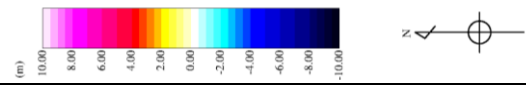
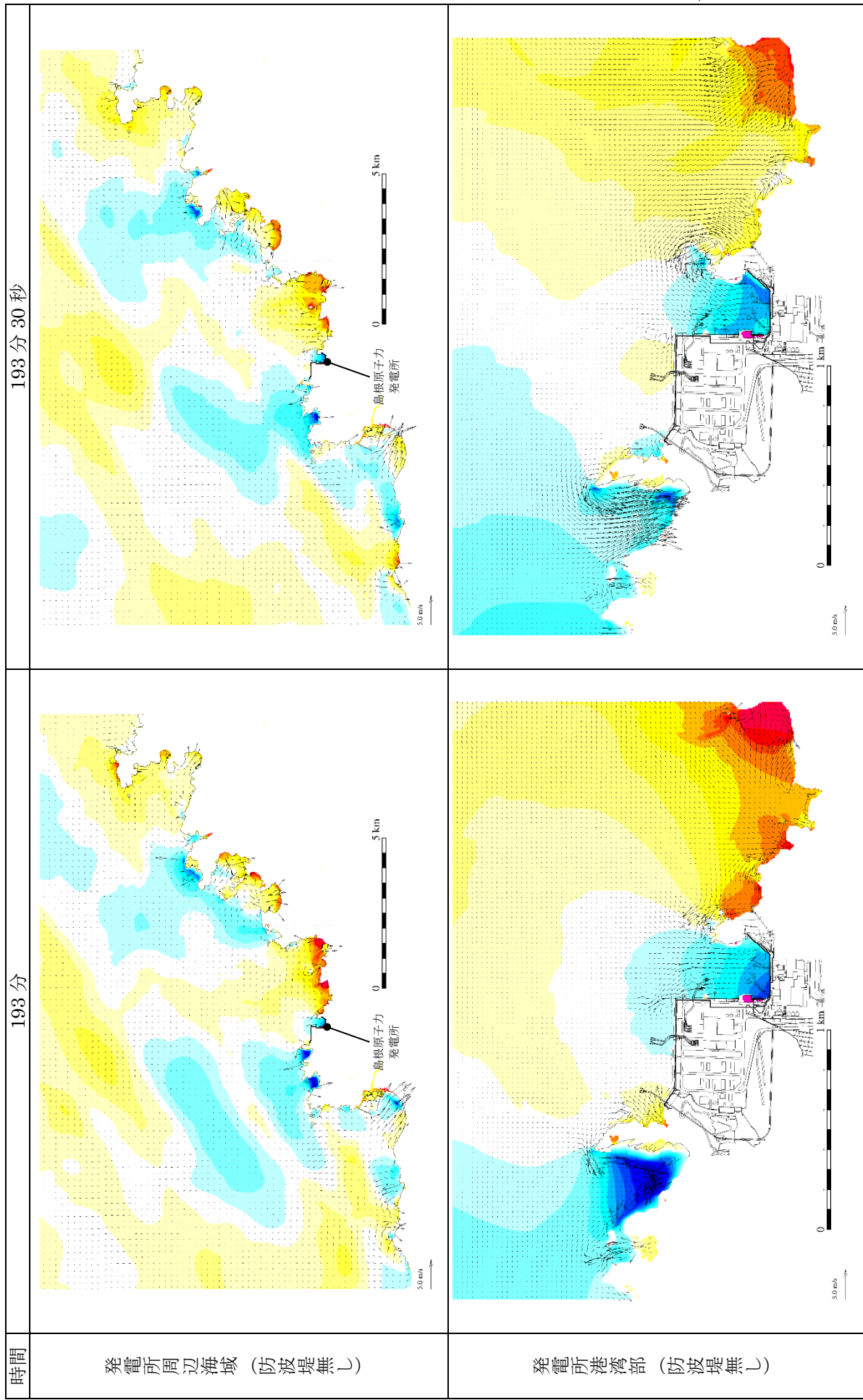


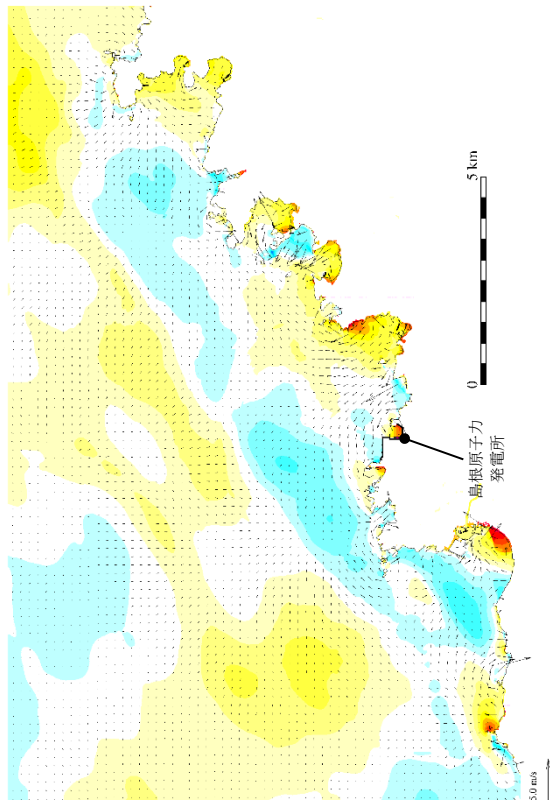
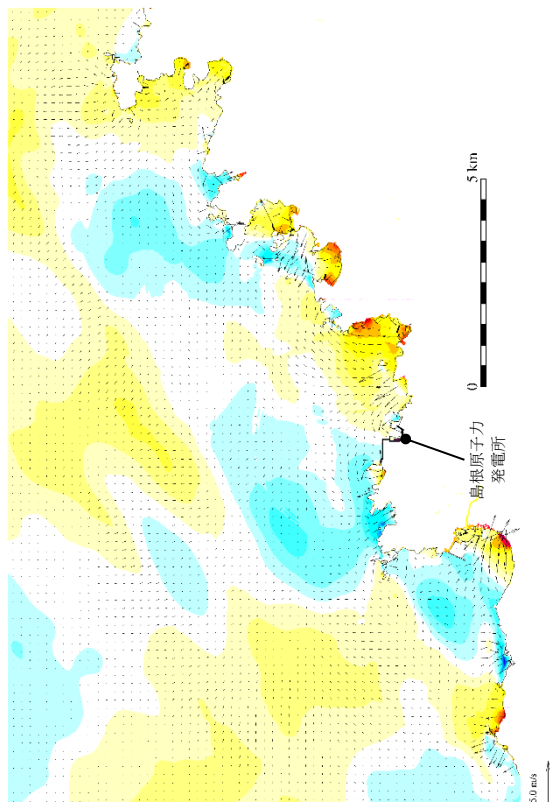
図 6-24 基準津波 6 の水位変動・流向ベクトル

時間

194 分

194 分 30 秒

発電所周辺海域 (防波堤無し)



発電所港湾部 (防波堤無し)

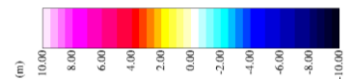
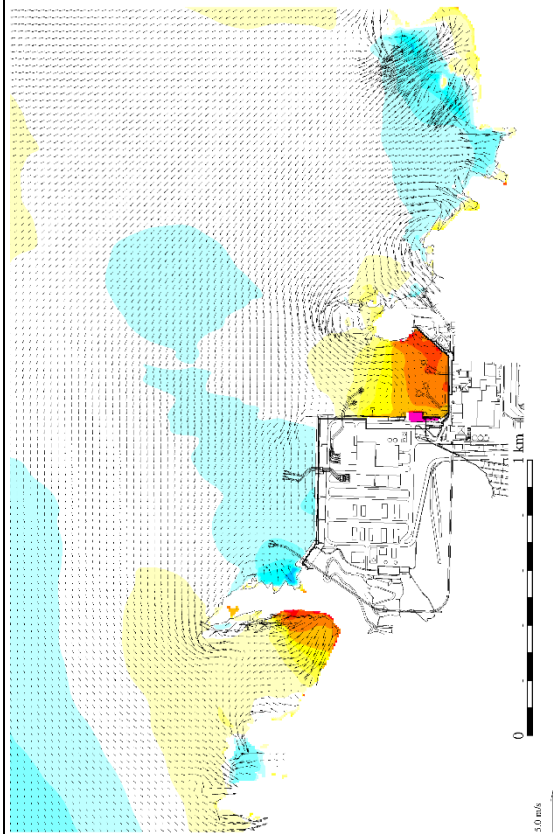
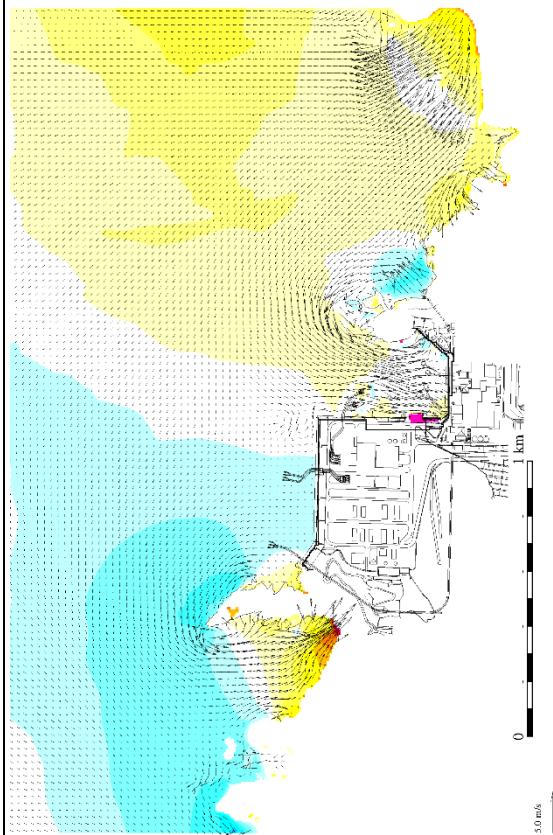


図 6-25 基準津波 6 の水位変動・流向ベクトル

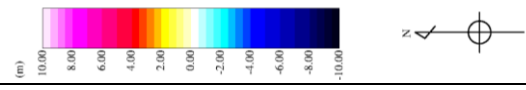
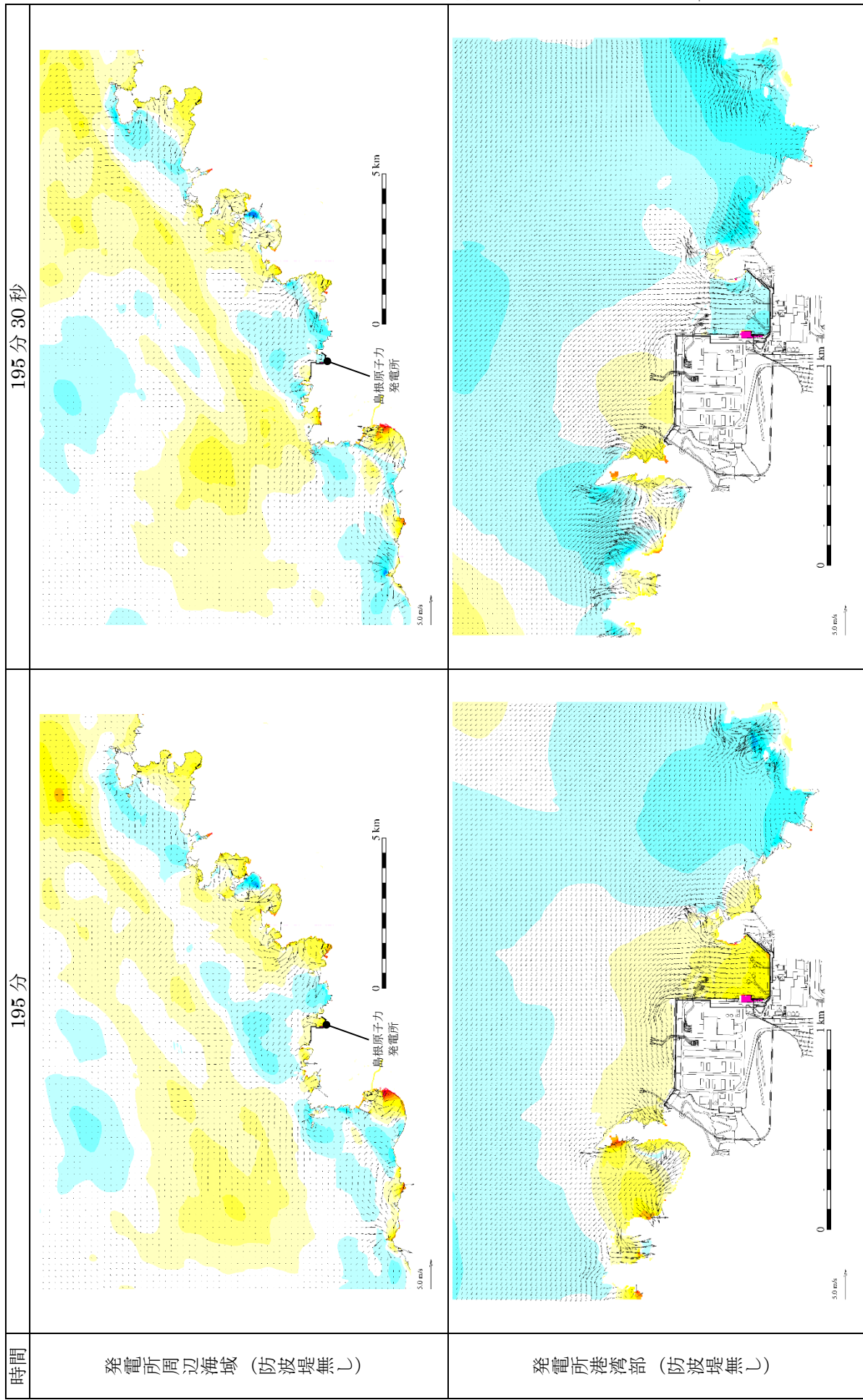


図 6-26 基準津波 6 の水位変動・流向ベクトル

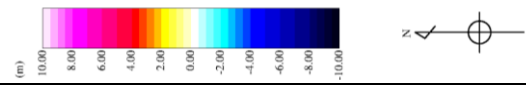
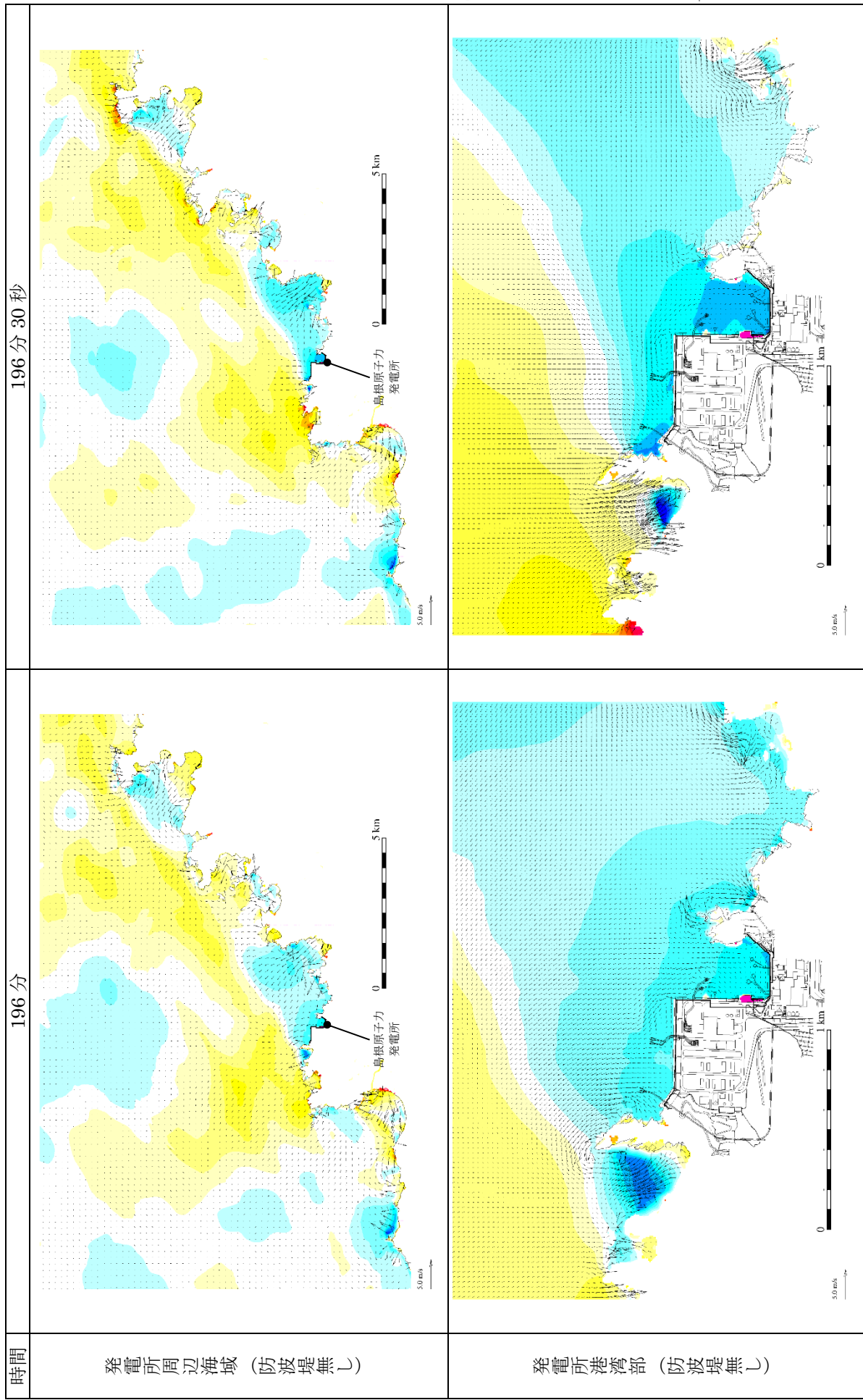


図 6-27 基準津波 6 の水位変動・流向ベクトル

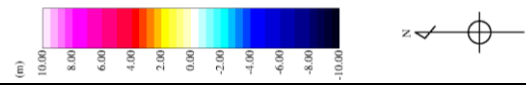
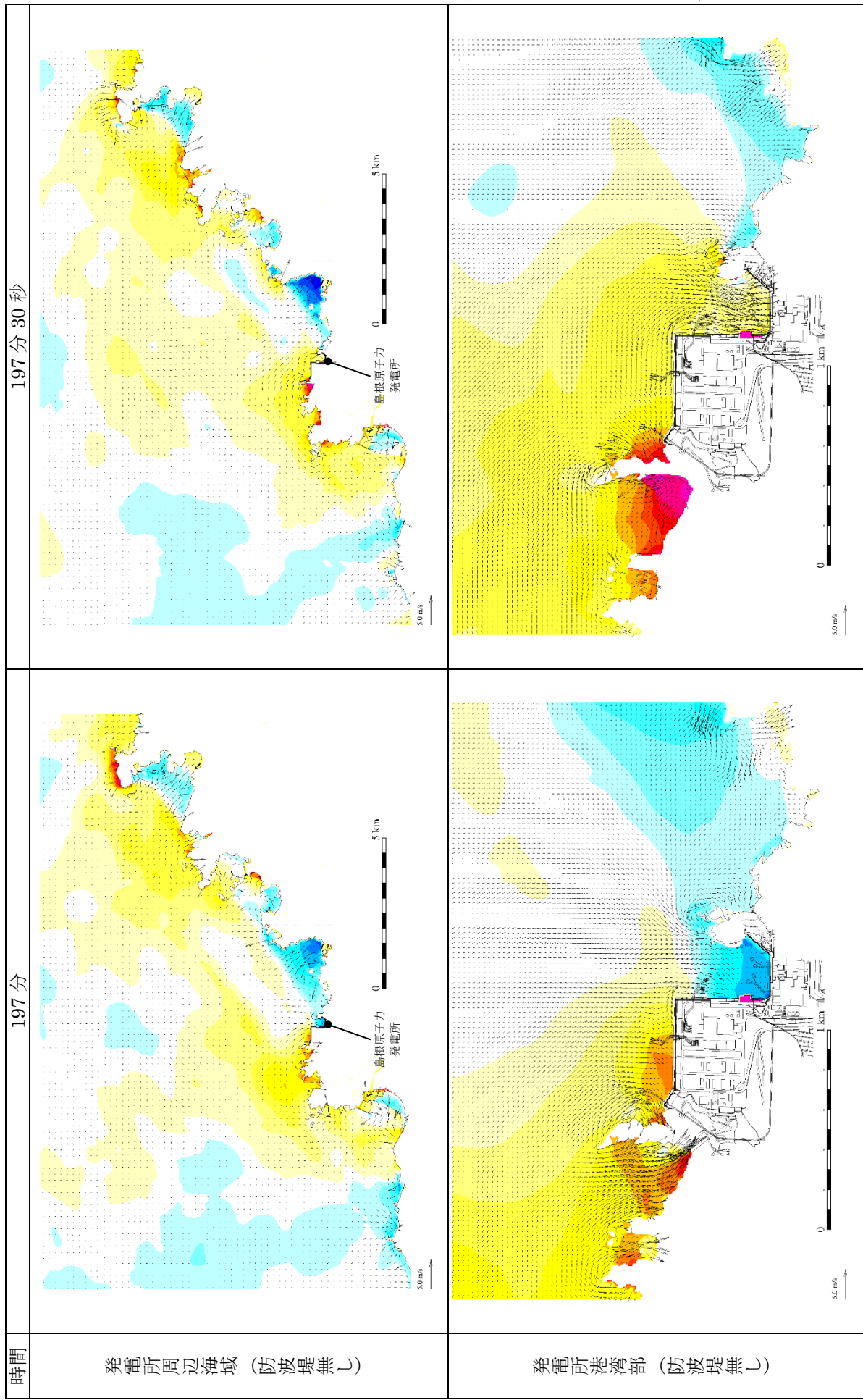


図 6-28 基準津波 6 の水位変動・流向ベクトル

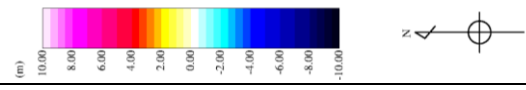
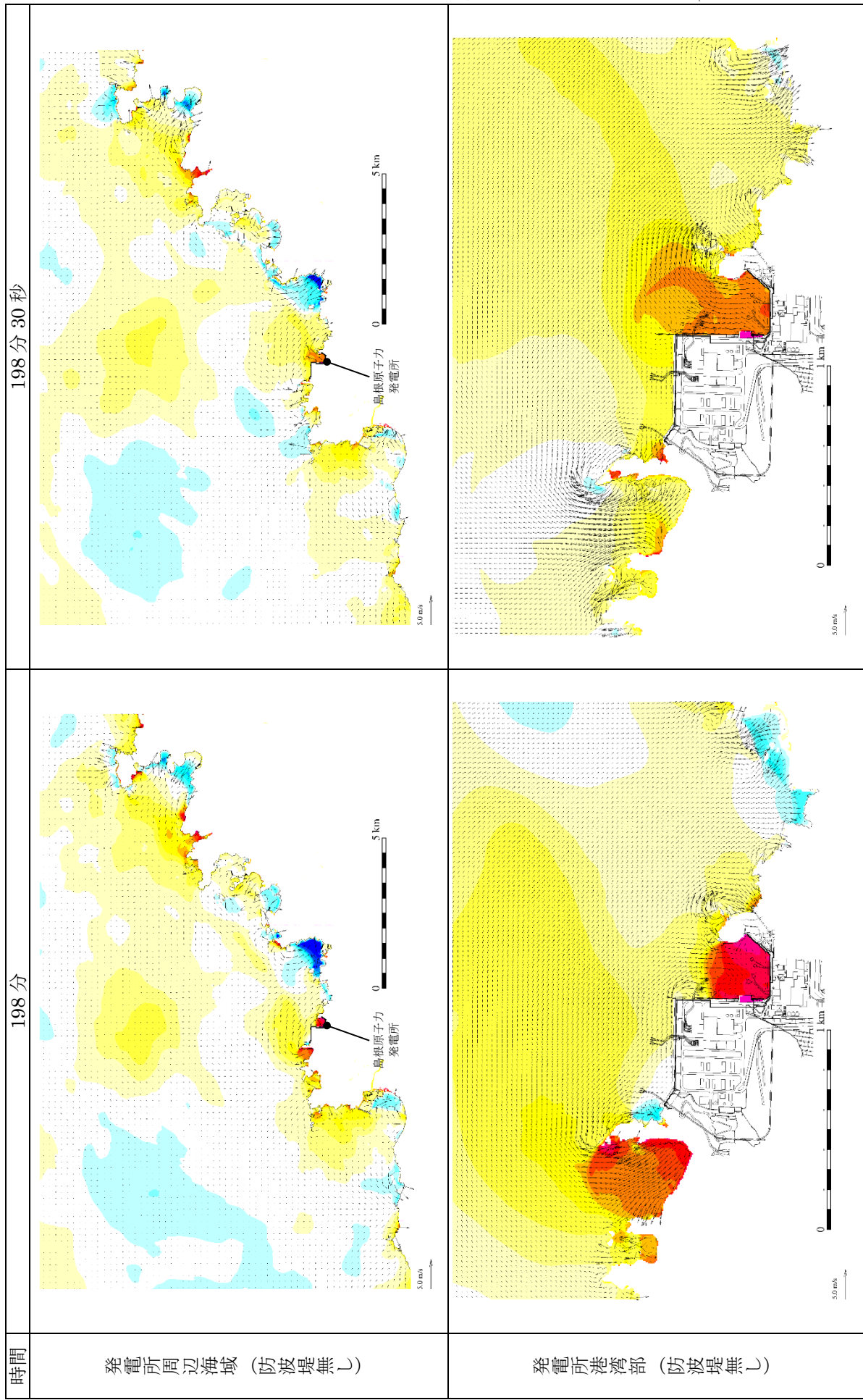


図 6-29 基準津波 6 の水位変動・流向ベクトル

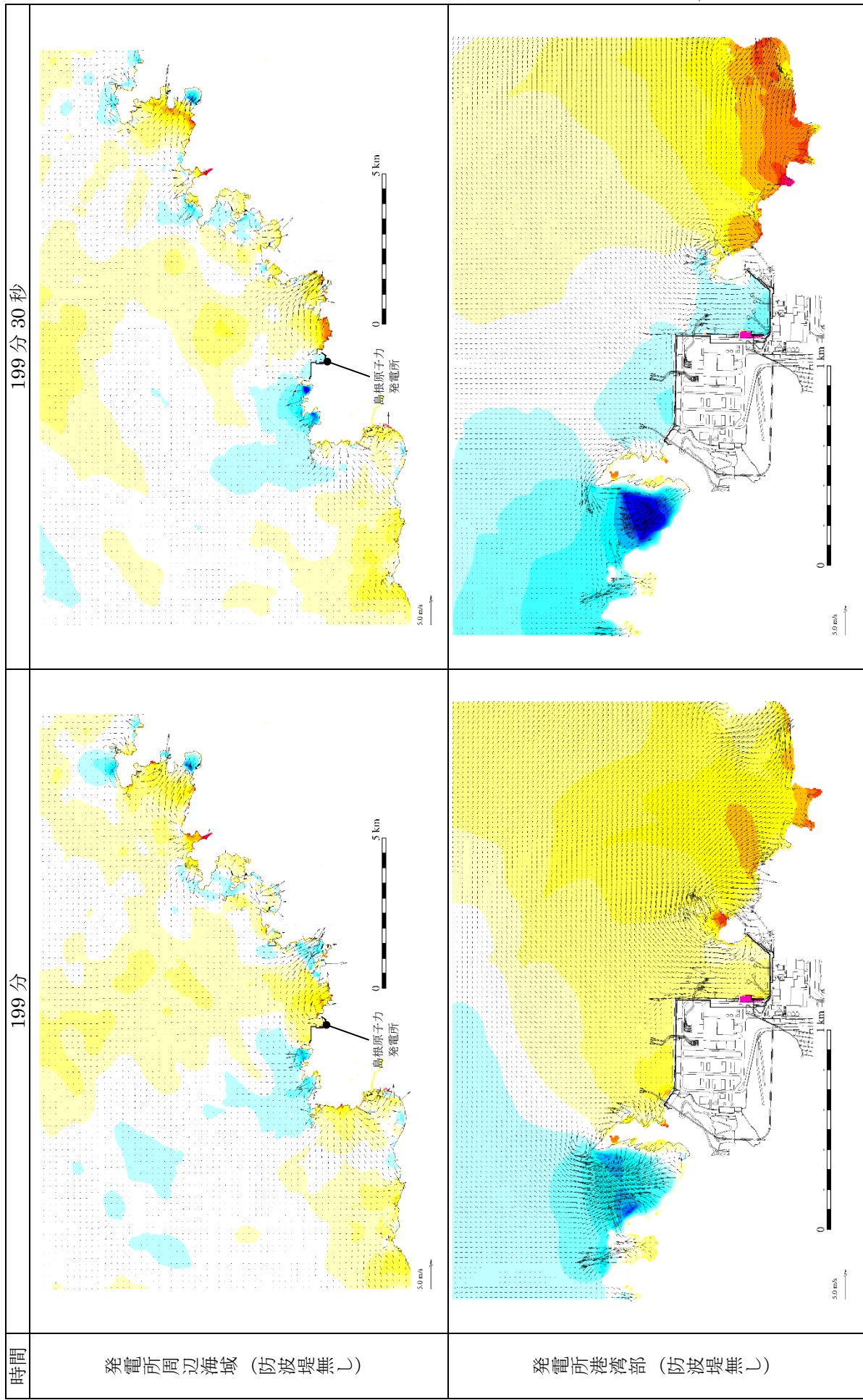


図 6-30 基準津波 6 の水位変動・流向ベクトル

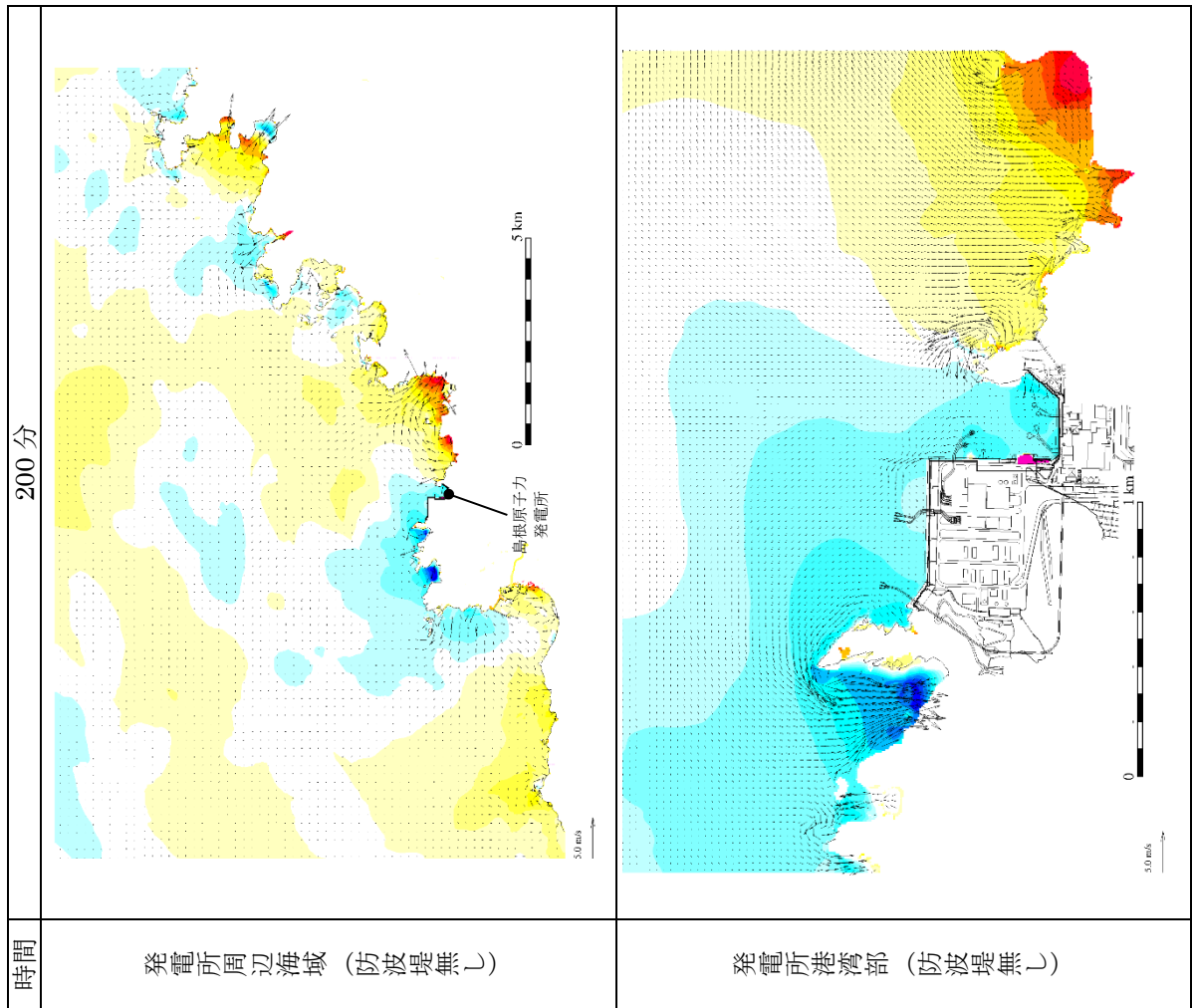


図 6-31 基準津波 6 の水位変動・流向ベクトル

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

1. はじめに

構外海域の漂流物となる可能性のある施設・設備が、施設護岸及び取水口に到達する可能性について、図 4.2.1.3-2 に示す漂流物の選定・影響確認フローに基づき、津波の流況を踏まえて評価する。

2. 津波流況の考察

(1) 流況考察時間の分類

島根原子力発電所構内及び構外における津波来襲時の流況について考察した。考察に当たっては、流況考察時間を最大水位・流速を示す時間帯とその前後の 3 区分に分類する。

日本海東縁部に想定される地震による津波（基準津波 1）は、最大水位・流速を示す時間帯が地震発生後約 180 分～200 分であり、海域活断層から想定される地震による津波（基準津波 4）は、最大水位・流速を示す時間帯が地震発生後約 5 分～7 分であるため、各々以下のとおり分類した。図 1 に流況考察時間の分類例を示す。

日本海東縁部に想定される地震による津波（基準津波 1）

- 【1】 最大水位・流速を示す時間帯以前（地震発生後約 100 分～180 分）
- 【2】 最大水位・流速を示す時間帯（地震発生後約 180 分～200 分）
- 【3】 最大水位・流速を示す時間帯以降（地震発生後約 200 分～360 分）

海域活断層に想定する地震による津波（基準津波 4）

- 【1】 最大水位・流速を示す時間帯以前（地震発生後約 0 分～5 分）
- 【2】 最大水位・流速を示す時間帯（地震発生後約 5 分～7 分）
- 【3】 最大水位・流速を示す時間帯以降（地震発生後約 7 分～30 分）

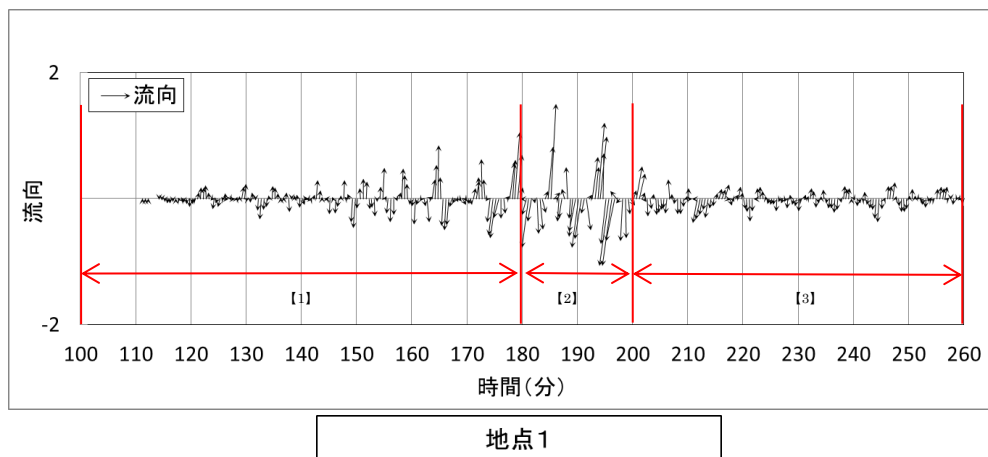


図1 流況考察時間の分類例（基準津波1における地点1）

(2) 基準津波1の流況の考察

基準津波1の水位変動・流向ベクトルを、添付資料1の図1に示す。この図に基づく、流況の考察の詳細を以下に示す。なお、[]内は添付資料1の図番号を示す。

a. 防波堤有り

(a) 最大水位・流速を示す時間帯以前（地震発生後約100分～180分） [図1(1)～(160)]

i) 構外海域

約109分では、津波の第1波が敷地の東側から沿岸を沿うように来襲する [図1(19)]。また、約113分30秒では、敷地の北西側から津波が来襲する [図1(28)]。構外海域において流速は小さく、水位変動も1m程度である。

その後、約 180 分まで主に敷地の北西側からの押し波、引き波により短い周期で北西方向と南東方向の流れを繰り返す。いずれの時間帯においても流速は 1m/s 未満である。

ii) 構内海域（輪谷湾）

約 116 分 30 秒では、津波の第 1 波が輪谷湾に到達する。水位が 1m 程度上昇し、0.5m/s 程度の流速が防波堤付近で発生する[図 1(34)]。

その後、約 180 分まで、短い周期で輪谷湾内と湾外への流れを繰り返す。水位変動は最大でも 3m 程度で、流速は最大でも 3m/s 程度である[図 1(157)～(160)]。

流れの特徴としては、押し波時、引き波時とも防波堤を回り込む流れが生じ、港湾内のうち防波堤を回り込む流れによる流速が比較的速い。

(b) 最大水位・流速を示す時間帯（地震発生後約 180 分～200 分）[図 1(161)～(201)]

i) 構外海域

約 180 分では、敷地の北西側から引き波が来襲する。引き波の影響により北西方向の流れとなり 1m/s 程度の流れが確認できる[図 1(161)]。

約 183 分では、敷地の北西側から押し波が来襲し、押し波の影響により南東方向の流れとなり、引き波の流速と同様 1m/s 流れが確認できる[図 1(166)]。

約 187 分では、敷地の北西側から引き波が来襲し [図 1(175)]、約 191 分では、水位変動が 3m 程度の大きい押し波が来襲し 2m/s 程度の流れが確認できる[図 1(183)]。

その後も、敷地の北西側から押し波、引き波が約 200 分まで交互に来襲する。

ii) 構内海域（輪谷湾）

約 184 分では、敷地の北西側から押し波が来襲し、流速 5m/s 程度の防波堤を回り込む流れが発生する[図 1(169)]。約 184 分 30 秒では、輪谷湾内水位が 5m 程度上昇し、構外海域では押し波傾向であるが、輪谷湾水位が高いため、輪谷湾内への流れは 2m/s 程度となる[図 1(170)]。その直後には輪谷湾外へ向かう流れとなる[図 1(171)]。約 192 分 30 秒では、輪谷湾の水位が低い状態において、敷地の北西側から押し波が来襲する。最大流速が発生する時間帯であり、防波堤を回り込む 5m/s 程度の流れが発生する[図 1(186)]。その 1 分後の約 193 分 30 秒では、構外海域は押し波傾向であるが、輪谷湾水位が高いため、輪谷湾に向かう流れはない[図 1(188)]。その後、約 200 分まで、短い周期で輪谷湾内と輪谷湾外への流れを繰り返す。

(c) 最大水位・流速を示す時間帯以降（地震発生後約 200 分～360 分）[図 1(202)～(281)]

i) 構外海域

約 201 分では、南東方向の流れとなり、流速は 1m/s 程度である [図 1(203)]。約 204 分では、流れは逆向きとなる[図 1(209)]。その後、敷地北西側からの押し波、引き波により短い周期で北西方向と南東方向の流れを繰り返す。また、流速は速くても 1m/s 程度である。

ii) 構内海域（輪谷湾）

約 201 分では、輪谷湾外への流れとなり、流速は 1m/s 程度である [図 1(203)]。
約 205 分では、押し波が来襲し、輪谷湾内への流れとなり、流速は 1m/s 程度となる [図 1(211)]。

流れの特徴としては、押し波時、引き波時とも防波堤を回り込む流れが生じ、港湾内の流速のうち防波堤を回り込む流れによる流速が比較的速い。

b. 防波堤無し

(a) 最大水位・流速を示す時間帯以前(地震発生後約 100 分～180 分) [図 1(1)～(160)]

i) 構外海域

「a. 防波堤有り」に記載した内容と同じ。

ii) 構内海域(輪谷湾)

約 116 分 30 秒では、津波の第 1 波が輪谷湾に到達する。水位が 1m 程度上昇するが、流速の変化は小さい [図 1(34)]。その後、約 180 分まで、短い周期で輪谷湾内と輪谷湾外への流れを繰り返す。水位変動は最大でも 3m 程度で、流速は最大でも 3m/s 程度である [図 1(151)～(160)]。

(b) 最大水位・流速を示す時間帯(地震発生後約 180 分～200 分) [図 1(161)～(201)]

i) 構外海域

「a. 防波堤有り」に記載した内容と同じ。

ii) 構内海域(輪谷湾)

約 183 分 30 秒では、敷地の北西側から押し波が来襲し、輪谷湾内における流速は 3m/s 程度である [図 1(168)]。約 184 分 30 秒では、輪谷湾内水位が 6m 程度上昇し、構外海域では押し波傾向であるが、輪谷湾水位が高いため、輪谷湾内への流れはない [図 1(170)]。その直後には輪谷湾外へ向かう流れとなる [図 1(171)]。約 192 分 30 秒では、輪谷湾の水位が低い状態において、敷地の北西側から大きい押し波が来襲する。最大流速が発生する時間帯であり、9m/s 程度の流れが発生する [図 1(186)]。約 193 分 30 秒では、構外海域は押し波傾向であるが、輪谷湾水位が高いため、輪谷湾外への流れとなる [図 1(188)]。その後、約 200 分まで、短い周期で輪谷湾内と輪谷湾外への流れを繰り返す。

(c) 最大水位・流速を示す時間帯以降(地震発生後約 200 分～360 分) [図 1(202)～(281)]

i) 構外海域

「a. 防波堤有り」に記載した内容と同じ。

ii) 構内海域(輪谷湾)

約 201 分では、輪谷湾外への流れとなり、流速は 1m/s 程度である [図 1(203)]。
約 205 分では、押し波が来襲し、輪谷湾内への流れとなり、流速は 1m/s 程度となる [図 1(211)]。

(3) 基準津波4の流況の考察

基準津波4の水位変動・流向ベクトルを、添付資料1の図4に示す。この図に基づく、流況の考察の詳細を以下に示す。なお、[]内は添付資料1の図番号を示す。

a. 防波堤有り

(a) 最大水位・流速を示す時間帯以前（地震発生後約0分～5分）[図4(1)～(11)]

i) 構外海域

約2分では、津波の第1波が敷地の北西側から押し波として来襲する。水位も低く流速の変化は小さい[図4(5)]。約4分では、北西側への大きい引き波により、北西方向の流れとなる[図4(9)]が、いずれも1m/s以上の流速は確認されない。

ii) 構内海域（輪谷湾）

約3分では、津波の第1波が輪谷湾に押し波として来襲する。水位も低く流速の変化は小さい[図4(7)]。

(b) 最大水位・流速を示す時間帯（地震発生後約5分～7分）[図4(12)～(15)]

i) 構外海域

約5分では、敷地の北西側への大きい引き波により北西方向の流れが継続する[図4(11)]。

ii) 構内海域（輪谷湾）

約6分では、大きい引き波により輪谷湾外への流れとなり、3m/s程度の流速となる[図4(13)]。

(c) 最大水位・流速を示す時間帯以降（地震発生後約7分～30分）[図4(16)～(61)]

i) 構外海域

約7分では、敷地の北西側への引き波が継続しており、北西方向の流れが継続する[図4(15)]。約9分では、敷地北西側から押し波が来襲し、南東方向の流れとなる[図4(19)]。いずれも、1m/s以上の流速は確認されず、以降も、1m/sを超える流速はない。

ii) 構内海域（輪谷湾）

約7分では、輪谷湾内への、約9分では、輪谷湾外への流れとなる[図4(15), (19)]。湾内のうち防波堤を回り込む流速が比較的速く2m/s程度の流速が確認できる[図4(17)]。以降、輪谷湾内と輪谷湾外への流向が短い周期で変化するが、流速は1m/s程度である。

b. 防波堤無し

(a) 最大水位・流速を示す時間帯以前（地震発生後約0分～5分）[図4(1)～(11)]

i) 構外海域

「a. 防波堤有り」に記載した内容と同じ。

ii) 構内海域（輪谷湾）

約3分では、津波の第1波が輪谷湾に押し波として来襲する。水位も低く流速の変化は小さい [図4(7)]。

(b) 最大水位・流速を示す時間帯（地震発生後約5分～7分） [図4(12)～(15)]

i) 構外海域

「a. 防波堤有り」に記載した内容と同じ。

ii) 構内海域（輪谷湾）

約6分では、大きい引き波により輪谷湾外への流れとなり、3m/s程度の流速となる [図4(13)]。約7分では、輪谷湾内への流向となり、2m/s程度の流速となる [図4(15)]。

(c) 最大水位・流速を示す時間帯以降（地震発生後約7分～30分） [図4(16)～(61)]

i) 構外海域

「a. 防波堤有り」に記載した内容と同じ。

ii) 構内海域（輪谷湾）

約7分では、輪谷湾内への流れとなる [図4(15)]。約9分では、輪谷湾外への流れとなるが、流速は2m/s程度である [図4(19)]。以降、輪谷湾内への流れ、輪谷湾外への流れが短い周期で変化するが、流速は1m/s程度である。

3. 構外海域の漂流物の施設護岸及び取水口への到達可能性評価

日本海東縁部に想定される地震による津波（基準津波1）と海域活断層から想定される地震による津波（基準津波4）の流況の考察結果から、発電所方向への継続的な流向がないことが確認された。

このため、施設護岸及び取水口への到達可能性評価に当たっては、漂流物となる可能性のある施設・設備のうち、発電所沿岸にある漁船に着目して評価を行う。到達可能性評価は、津波流況の考察結果に加え、仮想的な浮遊物の軌跡解析*の結果も参考にして行う。

注記*：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

発電所沿岸の漁港、漁船の操業区域及び軌跡解析の初期位置を図2に示す。発電所沿岸部では、3号機北側施設護岸付近及び輪谷湾でサザエ網・カナギ漁の漁船、発電所北東施設護岸付近でかご漁及びカナギ漁・採貝藻漁の漁船、施設護岸から北側500m付近で一本釣り漁の漁船、施設護岸から北西600m付近でイカ釣り漁及びわかめ養殖の漁船が操業する。

軌跡解析の初期位置としては、輪谷湾入口付近に1点（地点A）、サザエ網・カナギ漁の操業区域内の3号機北岸付近に1点（地点B）、サザエ網・採貝藻漁及びかご漁の操業区域付近に1点（地点C）、一本釣り漁区域内に2点（地点D,E）、わかめ養殖場、イカ釣り漁の操業区域付近1点（地点F）、御津漁港近傍に1点（地点G）、計7地点設定した。軌跡解析結果を図3に示す。また、流向・流速ベクトル及び軌跡解析の考察結果を図4、図5に示す。

流向・流速ベクトル及び軌跡解析の考察結果より、構外海域にある漂流物には以下の移動

傾向が確認された。

【漂流物の移動傾向】

- ・最大水位・流速を示す時間帯以前，以降においては，流速が小さく，移動量も小さい
- ・いずれの時間帯も主に北西・南東方向の移動を繰り返す傾向がある。

日本海東縁部に想定される地震による津波と海域活断層から想定される地震による津波による漂流物の施設護岸及び取水口への到達可能性評価を，各々以下に示す。日本海東縁部に想定される地震による津波は，発電所到達まで110分程度あり，沖合等への退避が可能であると考えられるが，航行不能となることも考慮し，操業区域で津波が来襲すると想定して，評価を行う。また，海域活断層から想定される地震による津波は，発電所到達まで2分程度であり，操業区域で津波が来襲すると想定して評価を行う。

(1) 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について，添付資料1 図1 に示す基準津波1の流向・流速・軌跡の特徴を評価した結果を以下に示す。なお，[]内は添付資料1の図番号を示す。

a. 施設護岸への到達可能性評価

i) 施設護岸から500m以遠で操業する漁船

施設護岸から500m以遠で操業する漁船としては，施設護岸から北西約600mにおいてイカ釣り漁及びわかめ養殖の漁船がある。これらの漁船に対し，施設護岸及び輪谷湾への到達可能性を評価した。

(a) 最大水位・流速を示す時間帯以前（地震発生後約100分～180分）[図1(1)～(160)]

約180分までは，全体的に流速が約1m/s未満と小さい。また，流向は主に北西・南東方向に変化しており，漂流物は北西，南東方向に移動すると考えられ，発電所に対する連続的な流れもないため，施設護岸から500m以遠で操業する漁船は施設護岸及び輪谷湾に到達しないと考えられる。

(b) 最大水位・流速を示す時間帯（地震発生後約180分～200分）[図1(161)～(201)]

発電所北西の半島沿岸において，約183分で，流速5m/s程度の半島を回り込み発電所に向かうような流れが確認される[図1(167)]が，流向は短い間隔で主に北西・南東方向に変化しており，発電所に対する連続的な流れもないため，施設護岸及び輪谷湾に到達しないと考えられる。その他の海域においても，流速は速くて2m/s程度[図1(167)]であり，発電所に対する連続的な流れもないため，施設護岸及び輪谷湾に到達しないと考えられる。

(c) 最大水位・流速を示す時間帯以降（地震発生後約200分～360分）[図1(202)～(281)]

約 200 分以降は、全体的に流速が小さい。また、流向は主に北西・南東方向に変化しており、漂流物は北西、南東方向に移動すると考えられる。流速が小さく発電所に対する連続的な流れもないため、施設護岸から 500m 以遠で操業する漁船は施設護岸及び輪谷湾に到達しないと考えられる。

(a)～(c)より、施設護岸から 500m 以遠を操業する漁船については、流向が短い間隔で主に北西・南東方向に変化しており、発電所に対する連続的な流れもないため、施設護岸及び輪谷湾に到達しないと考えられる。また、イカ釣り漁及びわかめ養殖場の操業区域の近傍である地点 F における軌跡解析の結果からも、軌跡は発電所から遠ざかる方向に移動しており、施設護岸及び輪谷湾に到達しないと考えられる (図 4-1～図 4-27)。

ii) 施設護岸から 500m 以内で操業する漁船

施設護岸から約 500m 以内で操業する漁船としては、3号機北側沿岸部において、サザエ網漁及びカナギ漁の漁船、発電所北東沿岸部においてかご漁、カナギ漁及び採貝藻漁の漁船、発電所北側 500m 程度の区域で一本釣り漁の漁船がある。これらの漁船に対し、施設護岸及び輪谷湾への到達可能性を評価した。

(a) 最大水位・流速を示す時間帯以前 (地震発生後約 100 分～180 分) [図 1(1)～(160)]

約 180 分までは、全体的に流速が小さい。また、流向は主に北西・南東方向に変化しており、漂流物は北西、南東方向に移動すると考えられる。流速は 2m/s 程度 [第 1 図 (155)] であり、発電所に対する連続的な流れもないため、施設護岸から 500m 以内で操業する漁船は施設護岸及び輪谷湾に到達しないと考えられる。

(b) 最大水位・流速を示す時間帯 (地震発生後約 180 分～200 分) [図 1(161)～(201)]

(a)と同様に、流向は短い間隔で主に北西・南東方向に変化しており、発電所に対する連続的な流れもないため、施設護岸から 500m 以内で操業する漁船は施設護岸及び輪谷湾に到達しないと考えられるが、3号機北側防波壁から約 50m 以内の水深が約 20m の浅い位置において、5m/s 以上の流速が確認される [図 1(164), (187)] ことから、施設護岸から 500m 以内で操業する漁船は、当該位置に接近することを考慮し、施設護岸及び輪谷湾に到達する可能性があるとして評価した。

(c) 最大水位・流速を示す時間帯以降 (地震発生後約 200 分～360 分) [図 1(202)～(281)]

約 200 分以降は、流速が小さい。また、流向は主に北西・南東方向に変化しており、漂流物は北西、南東方向に移動すると考えられる。流速が小さく発電所に対する連続的な流れもないため、施設護岸から 500m 以内で操業する漁船は施設護岸及び輪谷湾に到達しないと考えられる。

(a)～(c)より、最大水位・流速を示す時間帯において、3号機北側防波壁から約 50m 以内の水深が約 20m の浅い位置で、5m/s 以上の流速が確認された。

一方、上記以外の範囲においては、流向が短い間隔で主に北西・南東方向に変化しており、発電所に対する連続的な流れもない。また、サザエ網、カナギ漁及び一本釣り漁の操業区域の近傍の地点 B における軌跡解析の結果からも、軌跡は北西方向と南東方向に移動を繰り返している（図 4-1～図 4-27）。

以上より、施設護岸から 500m 以内で操業する漁船については、3 号機北側防波壁から約 50m 以内の水深が約 20m の浅い位置に接近することを考慮し、施設護岸及び輪谷湾に到達する可能性があると評価した。

b. 取水口への到達可能性評価

a. ii) より、発電所沿岸部で操業する漁船が漂流物となった場合、輪谷湾に到達する可能性があるため、構内海域（輪谷湾）の流況から到達の可能性を評価した。

(a) 最大水位・流速を示す時間帯以前（地震発生後約 100 分～180 分）[図 1(1)～(160)]

構内海域（輪谷湾）においては、約 180 分までは、流速が小さく移動量は小さい。また、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、構内海域（輪谷湾）に漂流物は到達しないと考えられる。

(b) 最大水位・流速を示す時間帯（地震発生後約 100 分～180 分）[図 1(161)～(201)]

構内海域（輪谷湾）においては、約 180～200 分では、流速は最大 9m/s 程度と速いが、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、構内海域（輪谷湾）に漂流物は到達しないと考えられる。

(c) 最大水位・流速を示す時間帯以降（地震発生後約 200 分～360 分）[図 1(202)～(281)]

構内海域（輪谷湾）においては、約 200 分以降は、流速が遅く移動量は小さい。また、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、構内海域（輪谷湾）に漂流物は到達しないと考えられる。

(a)～(c) より、最大水位・流速を示す時間帯において、最大 9m/s 程度の速い流速が確認されたが、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、構内海域（輪谷湾）に漂流物は到達しないと考えられる。また、輪谷湾近傍の地点 A の軌跡解析の結果から、軌跡は北西方向と南東方向に移動を繰り返しており、輪谷湾に到達しないと考えられる。（図 4-1～図 4-27）

(2) 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について、添付資料 1 図 4 に示す基準津波 4 の流向・流速・軌跡の特徴を評価した結果を以下に示す。

a. 施設護岸への到達可能性

i) 施設護岸から 500m 以遠で操業する漁船

(a) 最大水位・流速を示す時間帯以前（地震発生後約0分～5分）[図4(1)～(11)]

約0分から約5分まで流速は約1m/s未満と小さく、流向は短い間隔で変化し、発電所に対する連続的な流れもないため、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考えられる。

(b) 最大水位・流速を示す時間帯（地震発生後約5分～7分）[図4(12)～(15)]

流速は速くても1m/s程度（図4(15)）と小さく、流向は短い間隔で変化し、発電所に対する連続的な流れもないため、施設護岸から500m以遠で操業する漁船は施設護岸及び輪谷湾に到達しないと考えられる。

(c) 最大水位・流速を示す時間帯以降（地震発生後約7分～30分）[図4(16)～(61)]

7分以降も流速は約1m/s未満と小さく、流向は短い間隔で変化し、発電所に対する連続的な流れもないため、施設護岸から500m以遠で操業する漁船は施設護岸及び輪谷湾に到達しないと考えられる。

(a)～(c)より、いずれの時間帯も流速が小さく、かつ、最大水位・流速を示す時間帯も2分（地震発生後5分～7分）と短いことから、施設護岸に到達しないと評価した。また、軌跡解析の結果より、施設護岸から500m以遠の地点（C～F）において、初期位置から移動していないことから、漂流物は施設護岸及び輪谷湾に到達しないと考えられる（図5-1～図5-10）。

ii) 施設護岸から500m以内で操業する漁船

(a) 最大水位・流速を示す時間帯以前（地震発生後約0分～5分）[図4(1)～(11)]

約0分から約5分まで流速は約1m/s未満と小さく、流向は短い間隔で変化し、発電所に対する連続的な流れもないため、施設護岸から500m以内で操業する漁船は施設護岸及び輪谷湾に到達しないと考えられる。

(b) 最大水位・流速を示す時間帯（地震発生後約5分～7分）[図4(12)～(15)]

(a)と同様に、流向は短い間隔で変化し、発電所に対する連続的な流れもないため、漂流物は施設護岸及び輪谷湾に到達しないと考えられるが、3号機北側防波壁から約50m以内の水深が約20mの浅い位置において、2m/s程度の流速が確認される[図4(13)]。当該位置で漁船が航行不能であった場合には、施設護岸及び輪谷湾に到達する可能性があると考えられる。

(c) 最大水位・流速を示す時間帯以降（地震発生後約7分～30分）[図4(16)～(61)]

7分以降も流速は約1m/s未満と小さく、流向は短い間隔で変化し、発電所に対する連続的な流れもないため、施設護岸から500m以内で操業する漁船は施設護岸及び輪谷湾に到達しないと考えられる。

(a)～(c)より、流向は短い間隔で変化し、発電所に対する連続的な流れもないため、漂流物は施設護岸及び輪谷湾に到達しないと考えられる。また、サザエ網、カナギ漁及び一本釣り漁の操業区域の近傍の地点 B における軌跡解析の結果からも、軌跡はほとんど移動していないことから、漂流物は施設護岸及び輪谷湾に到達しないと考えられる(図 5-1～図 5-10)。一方、3号機北側防波壁から約 50m 以内の水深が約 20m の浅い位置において、2m/s 程度の流速が確認されることから、当該位置で漁船が航行不能であった場合は、施設護岸及び輪谷湾に到達する可能性があるとして評価した。

b. 取水口への到達可能性評価

a. ii)より、発電所沿岸部で操業する漁船が漂流物となった場合、輪谷湾に到達する可能性があるため、構内海域(輪谷湾)の流況から到達の可能性を評価した。

(a) 最大水位・流速を示す時間帯以前(地震発生後約 0 分～5 分)[図 4(1)～(11)]

0 分から 5 分まで流速は約 1m/s 未満と小さく、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、構内海域(輪谷湾)に漂流物は到達しないと考えられる。

(b) 最大水位・流速を示す時間帯(地震発生後約 5 分～7 分)[図 4(12)～(15)]

流速は速くて 3m/s 程度であるが、輪谷湾外へ向かう流向であり[図 4(13)]、輪谷湾に向かう流速は小さい[図 4(11)]ことから、構内海域(輪谷湾)に漂流物は到達しないと考えられる。

(c) 最大水位・流速を示す時間帯以降(地震発生後約 7 分～30 分)[図 4(16)～(61)]

7 分以降も流速は約 1m/s 未満と小さく、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、構内海域(輪谷湾)に漂流物は到達しないと考えられる。

(a)～(c)より、いずれの時間帯も流速が小さく、かつ、最大水位・流速を示す時間帯も 2 分(地震発生後 5 分～7 分)と短いことから、輪谷湾に到達しないと評価した。また、輪谷湾近傍の地点 A の軌跡解析の結果から、軌跡は輪谷湾から離れる方向に移動しており、輪谷湾に到達しないと考えられる(図 5-1～図 5-10)。

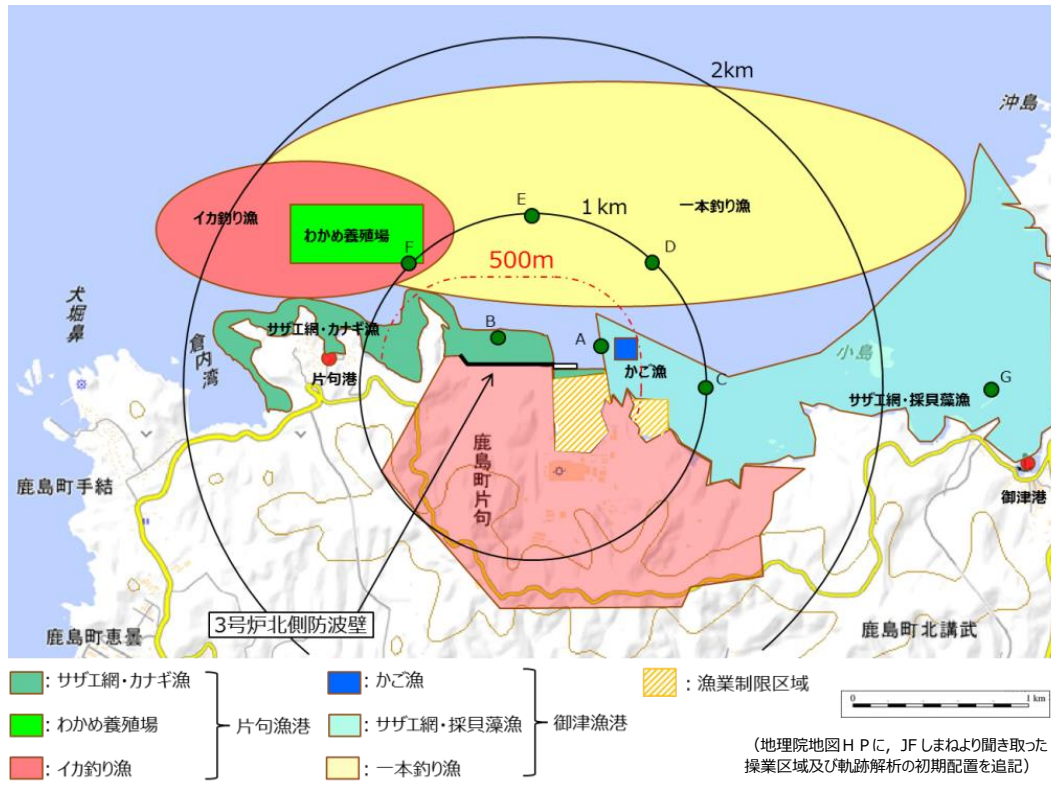
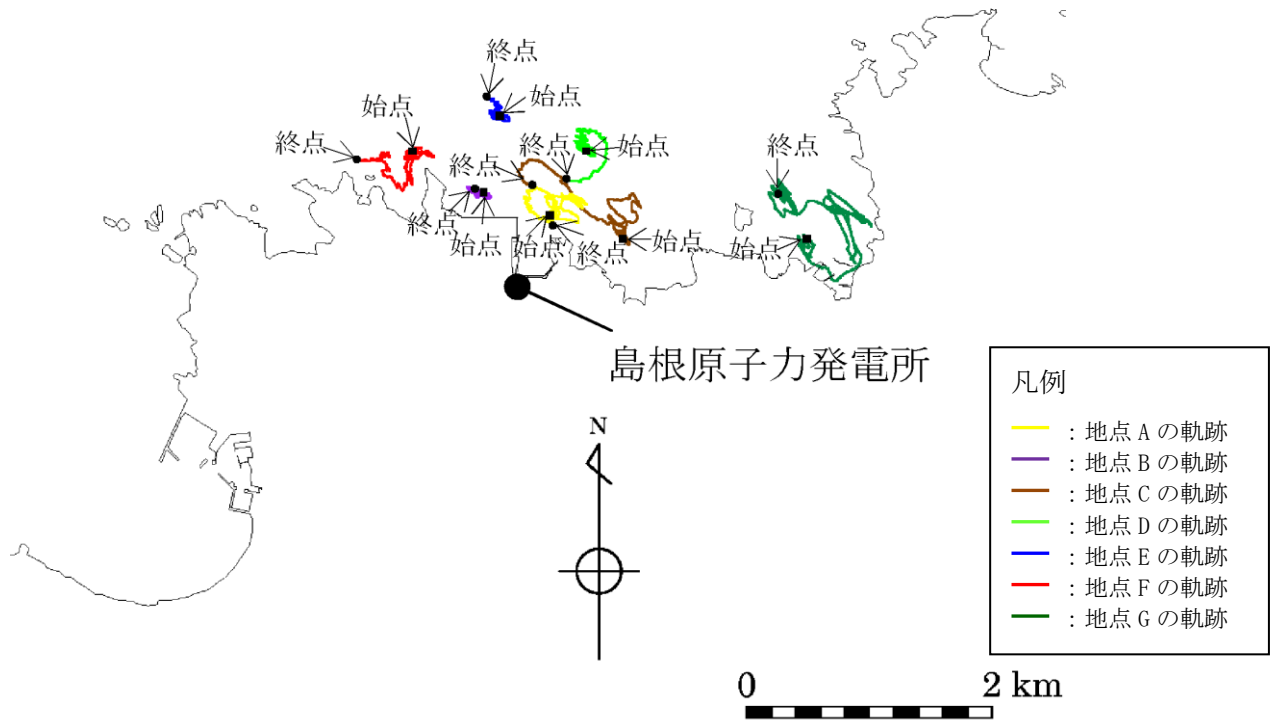
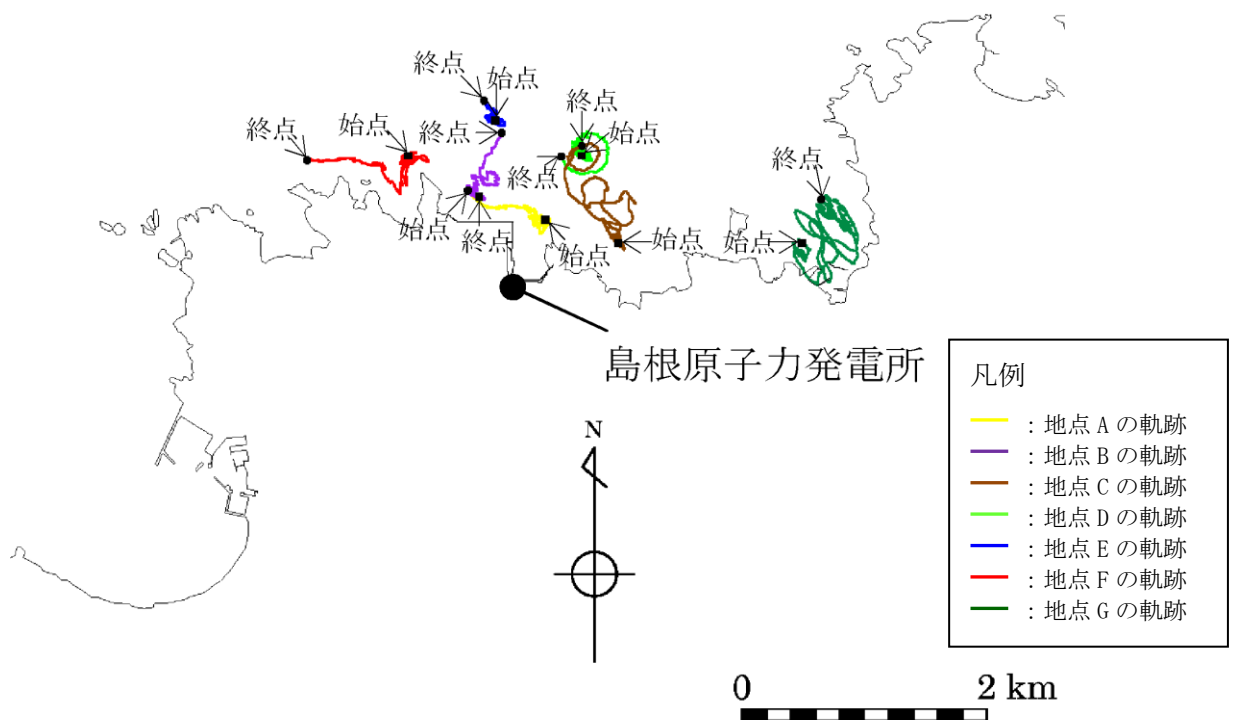


図2 発電所沿岸の漁港，漁船の操業区域及び軌跡解析の初期位置

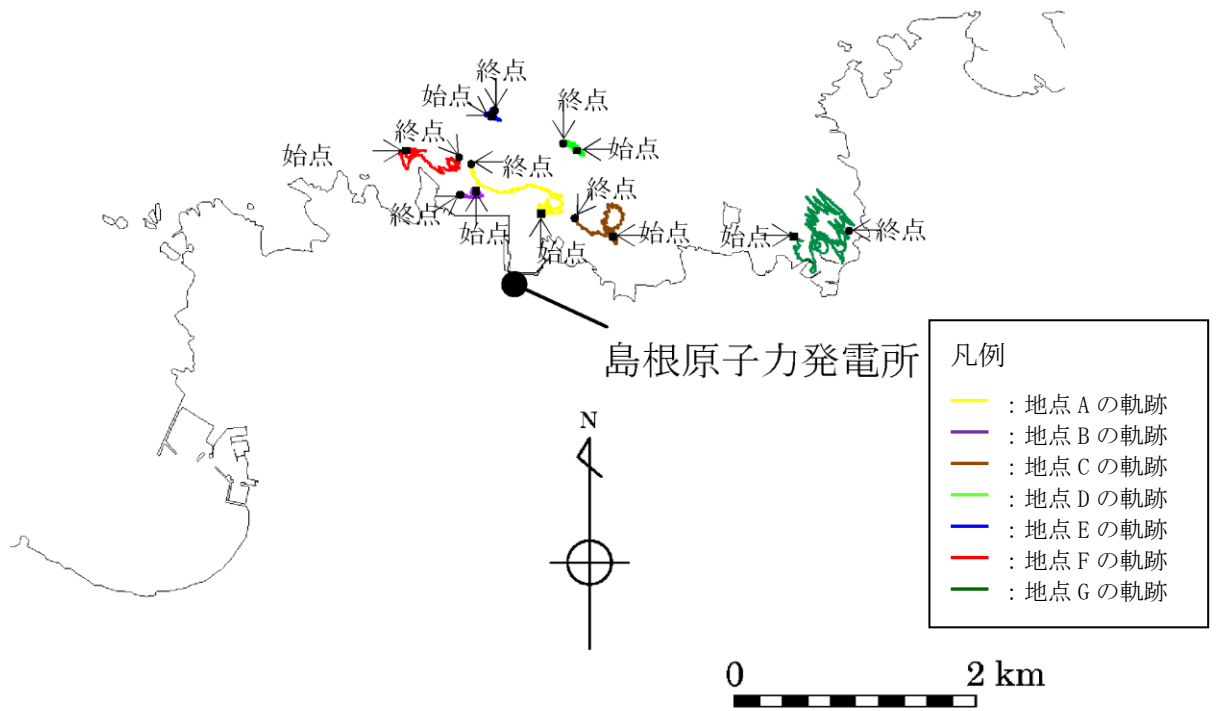


(基準津波 1 (防波堤有り))

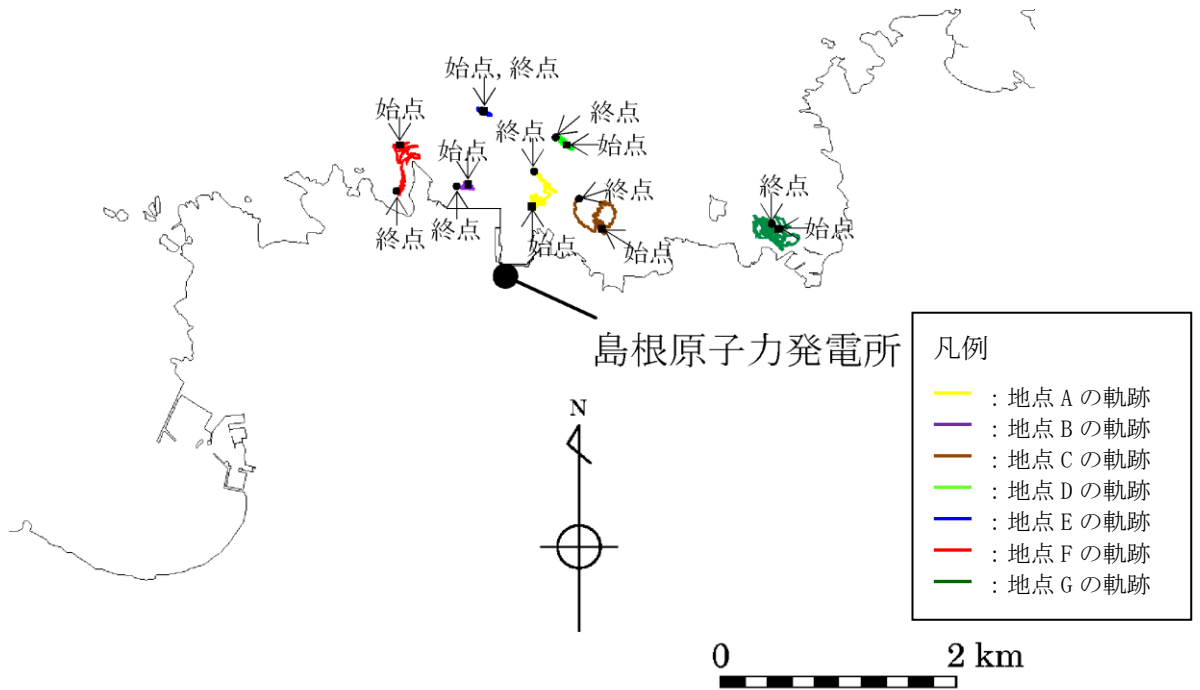


(基準津波 1 (防波堤無し))

図 3-1 軌跡解析結果

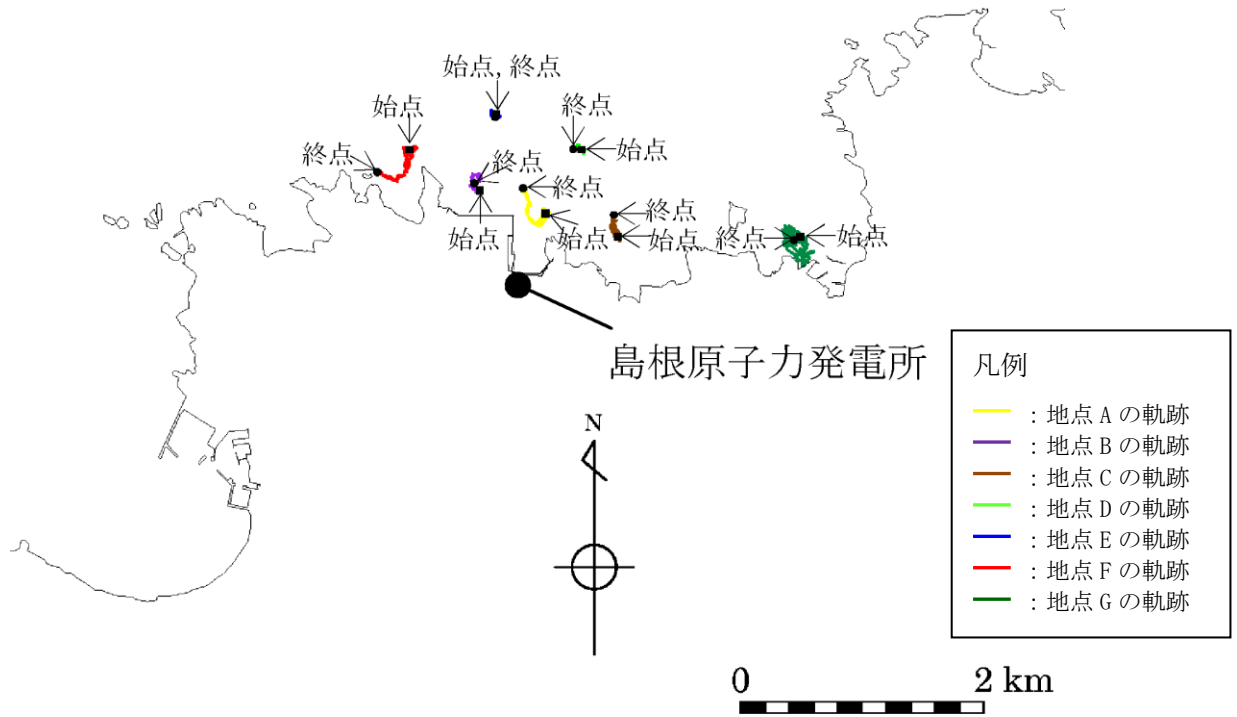


(基準津波 2 (防波堤有り))

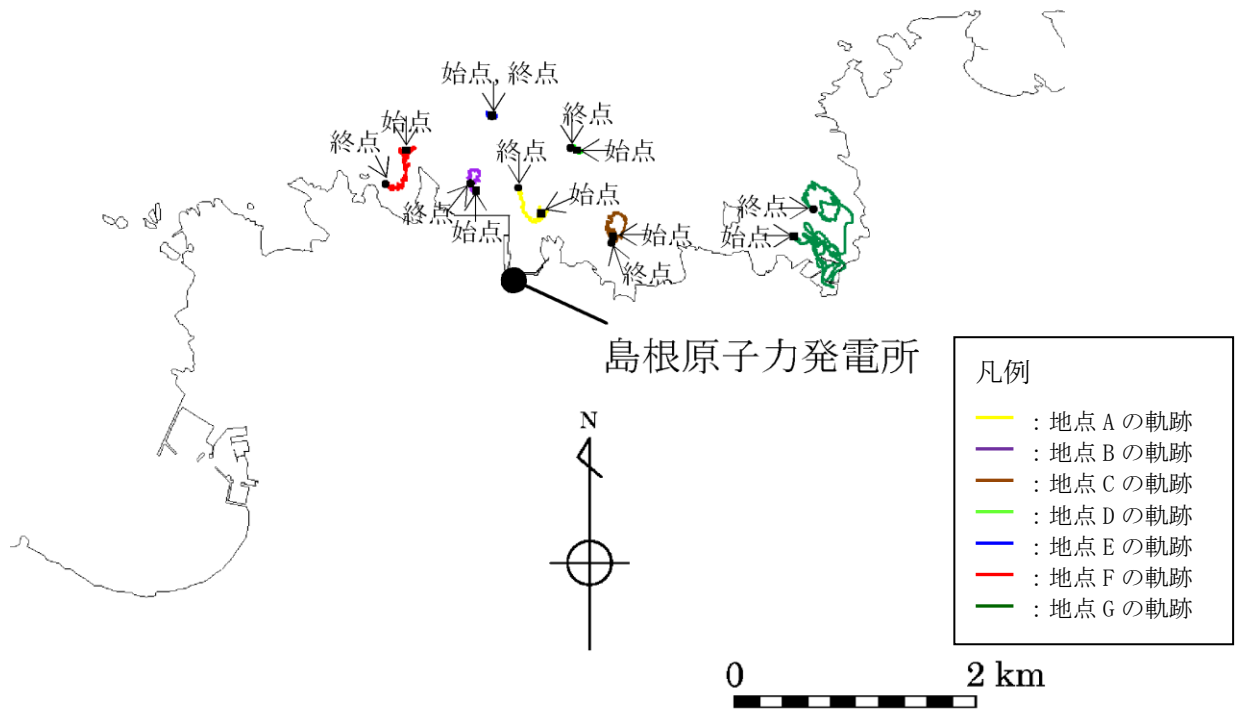


(基準津波 3 (防波堤有り))

図 3-2 軌跡解析結果

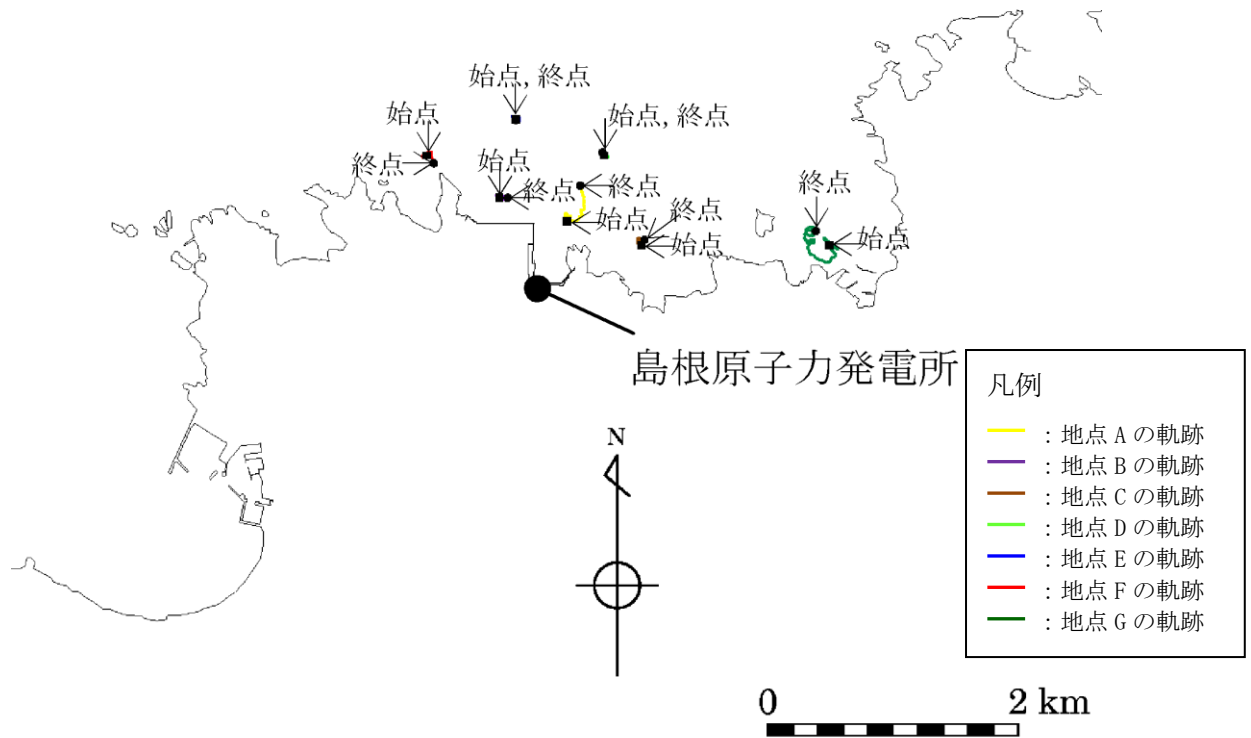


(基準津波 5 (防波堤無し))

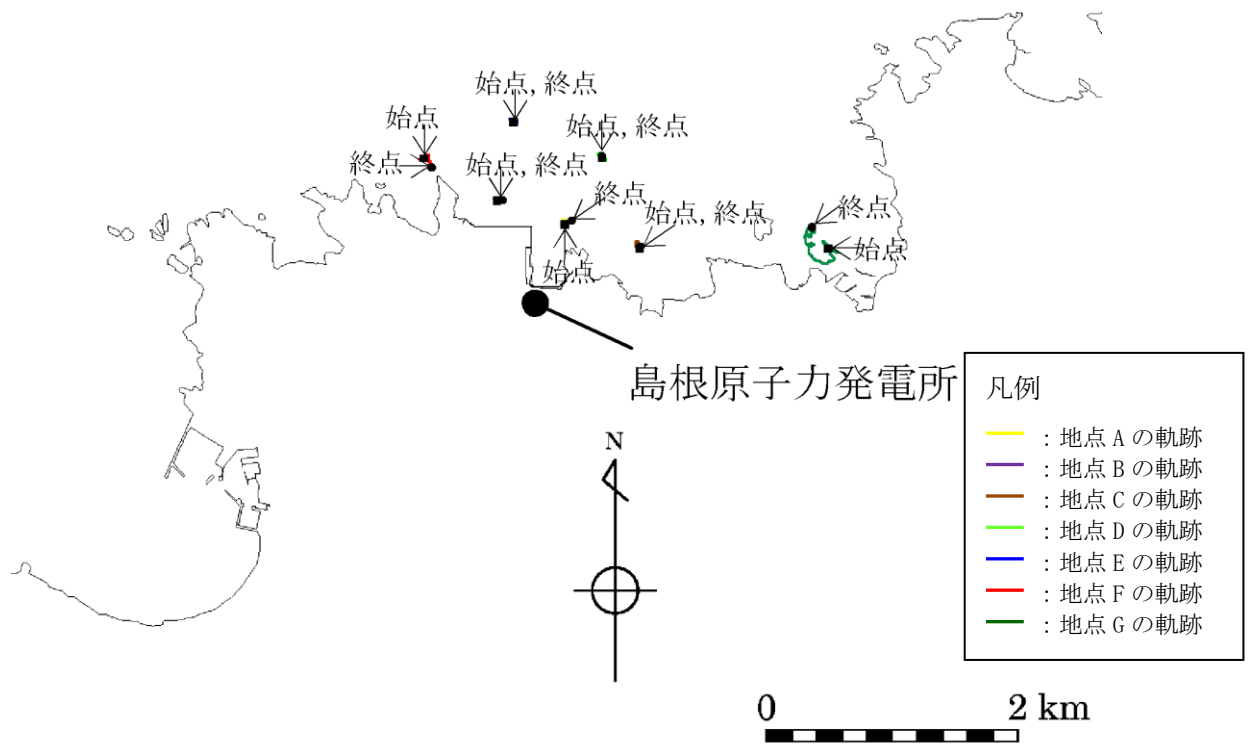


(基準津波 6 (防波堤無し))

図 3-3 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))

図 3-4 軌跡解析結果

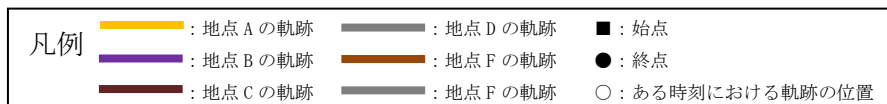
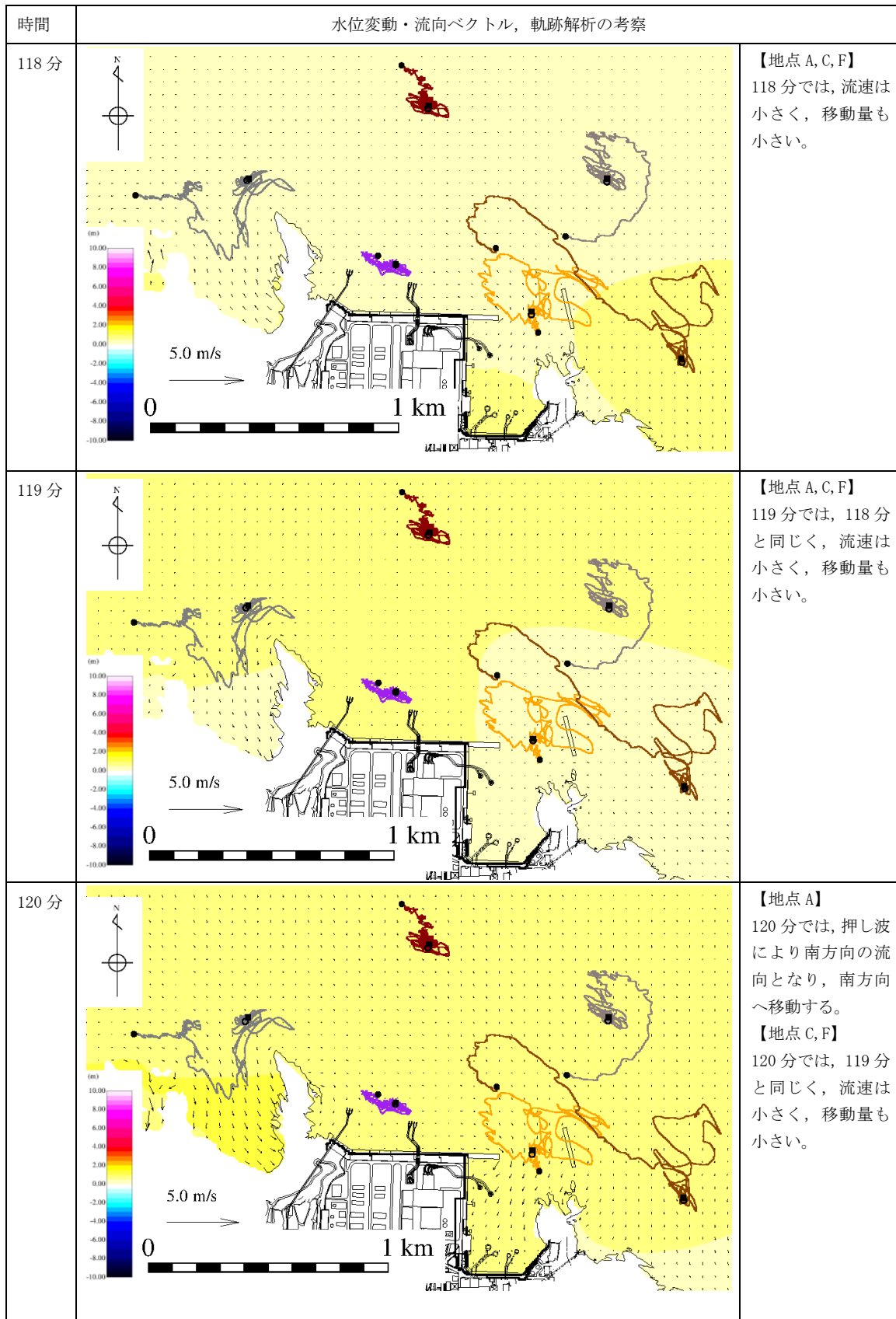
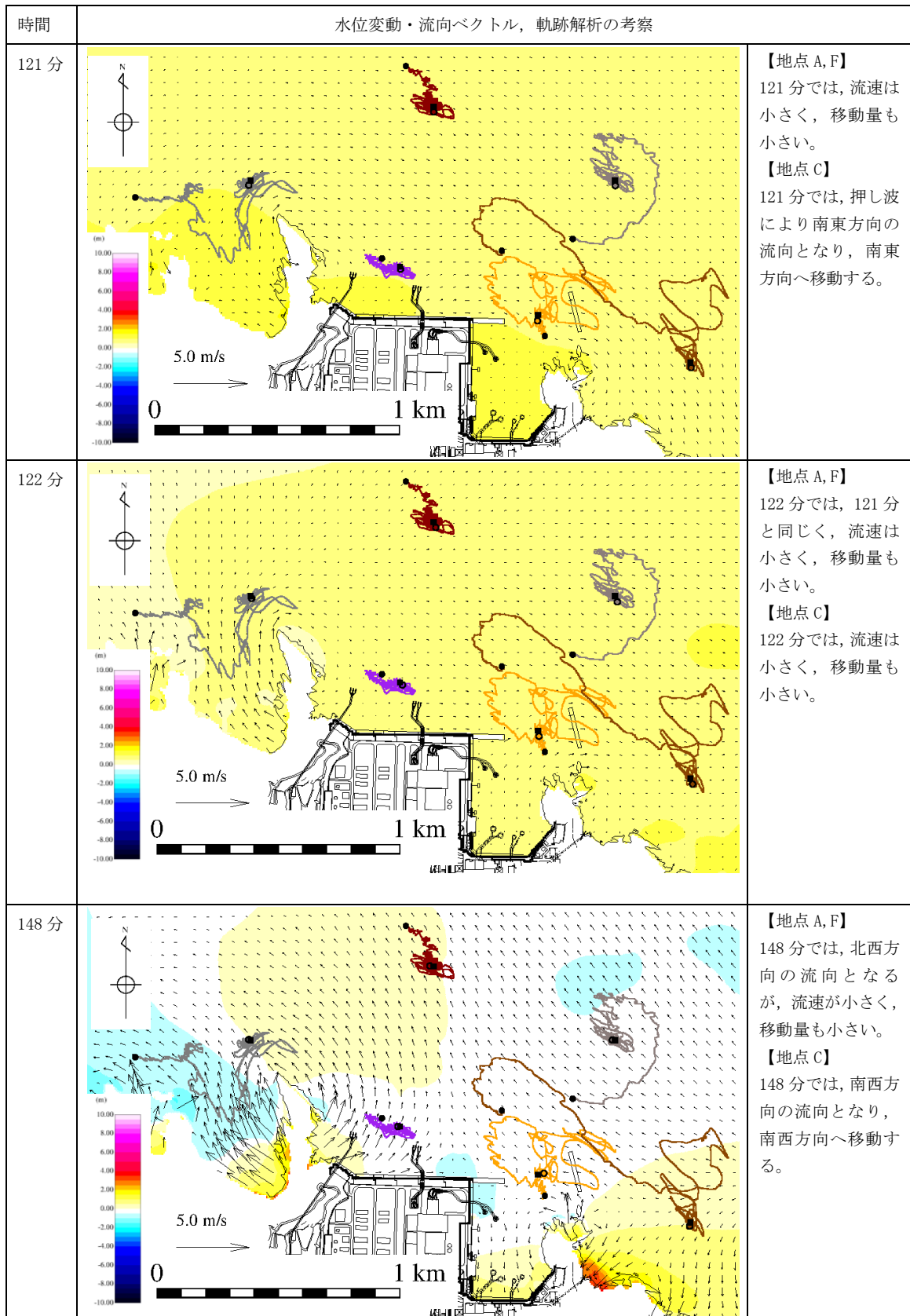


図 4-1 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波 1）



注記*：123分から147分まで同様な傾向であり省略する。

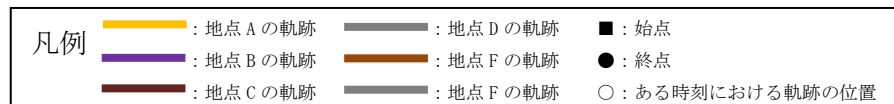


図4-2 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波1）

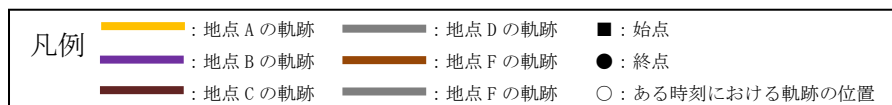
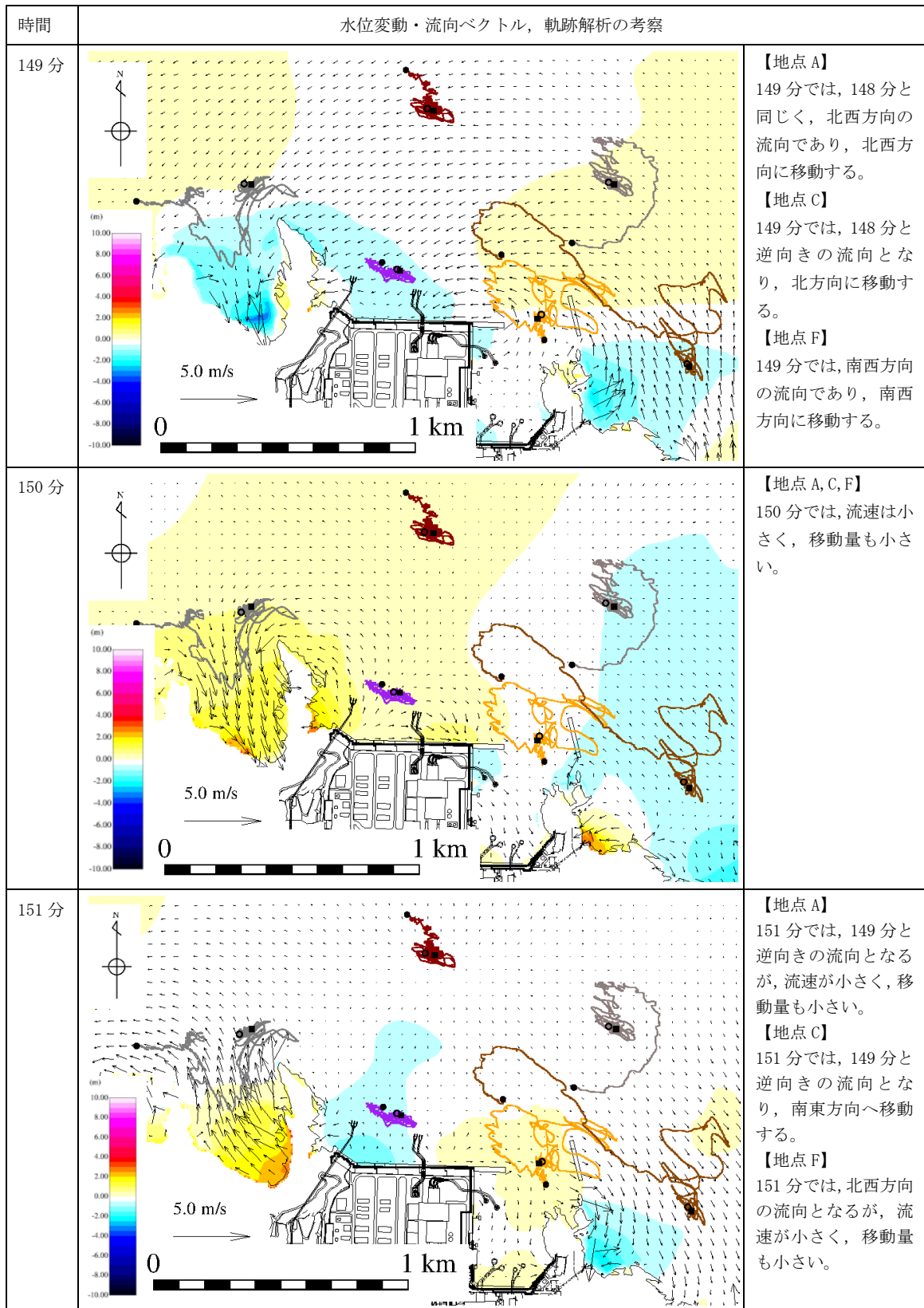
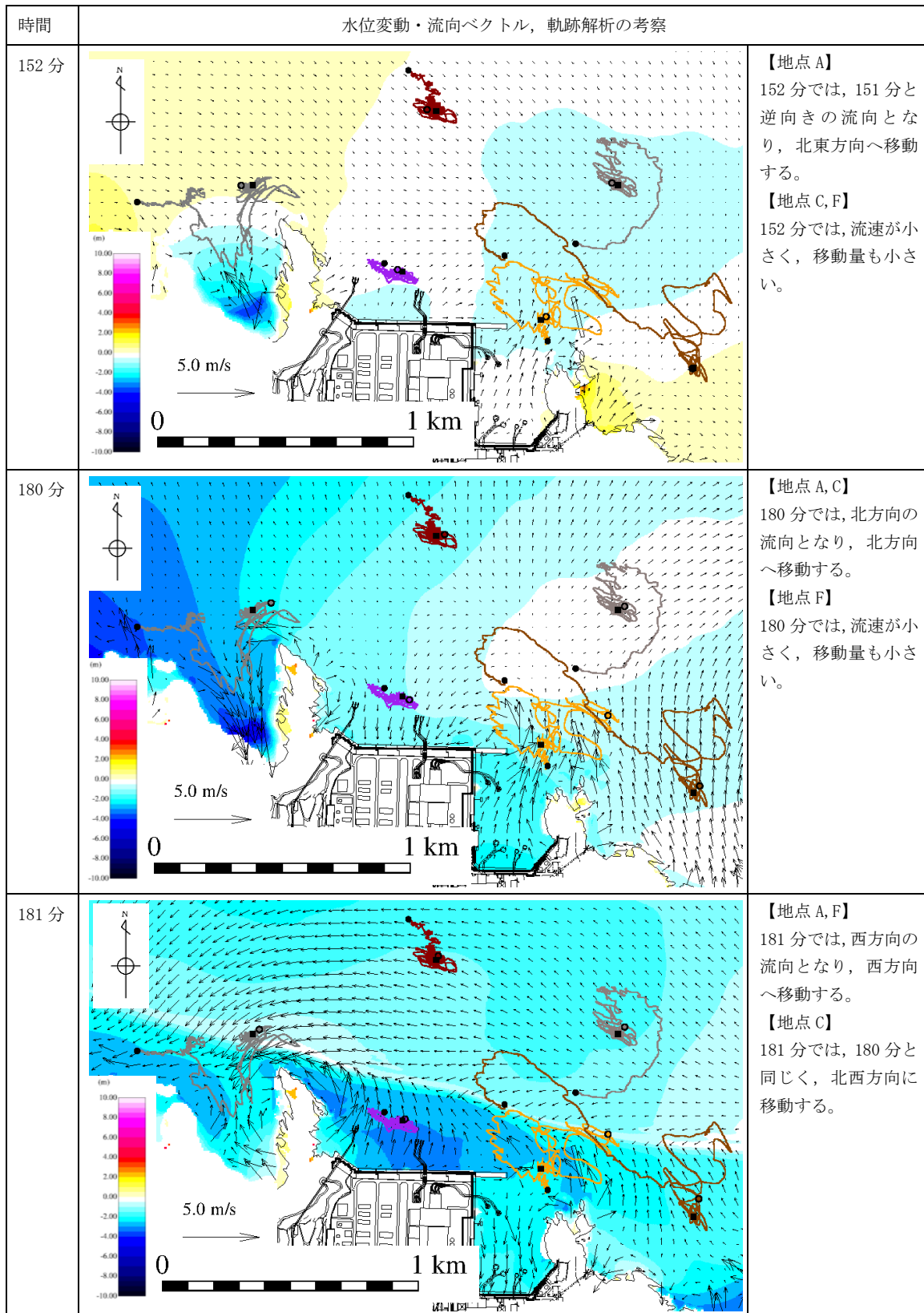


図 4-3 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波 1）



注記* : 153 分から 179 分まで同様な傾向であり省略する。



図 4-4 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波 1）

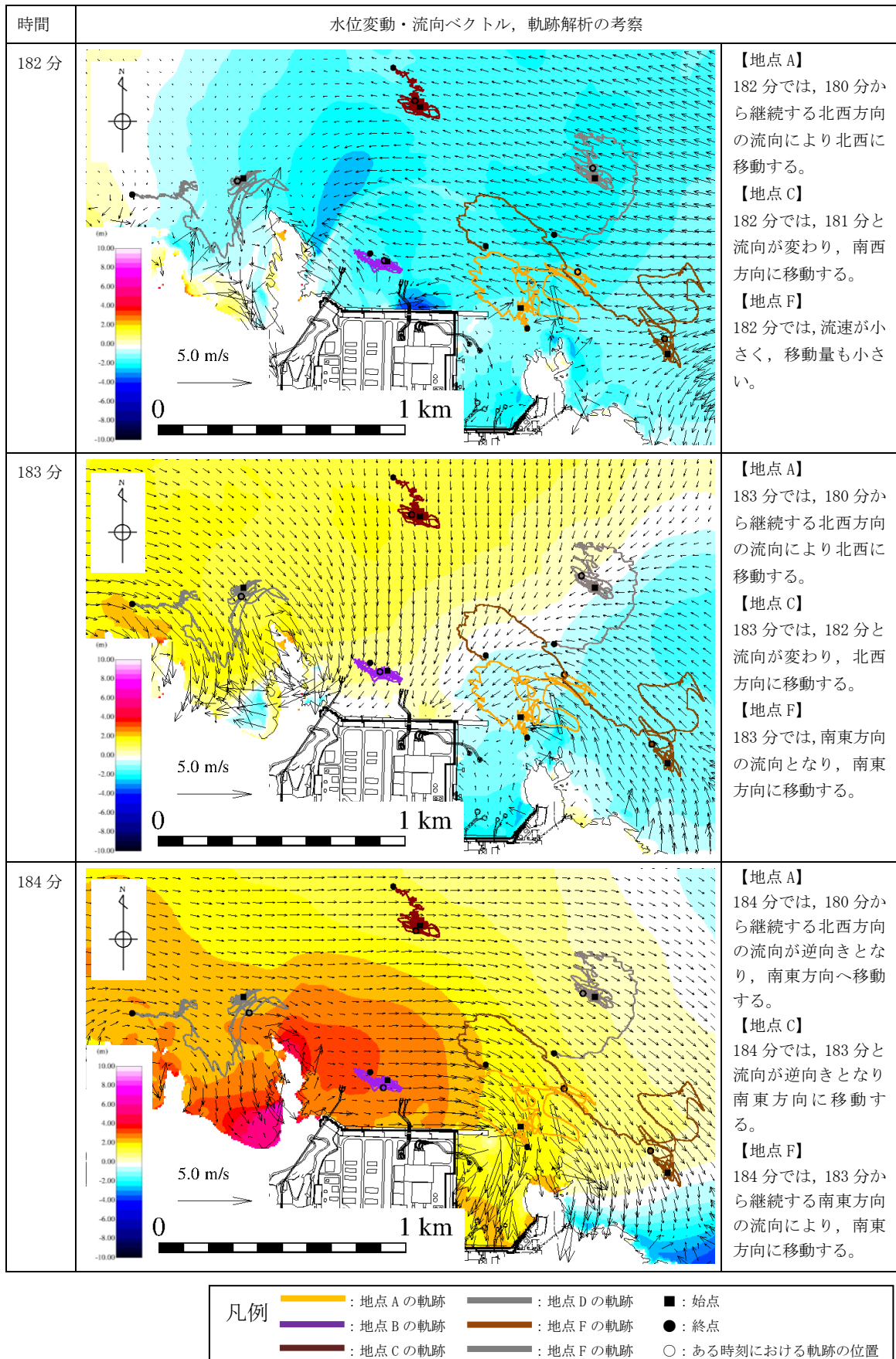


図4-5 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波1）

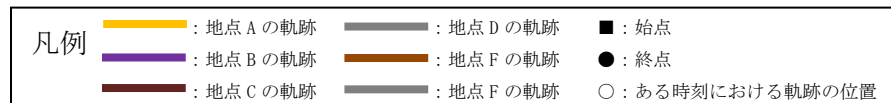
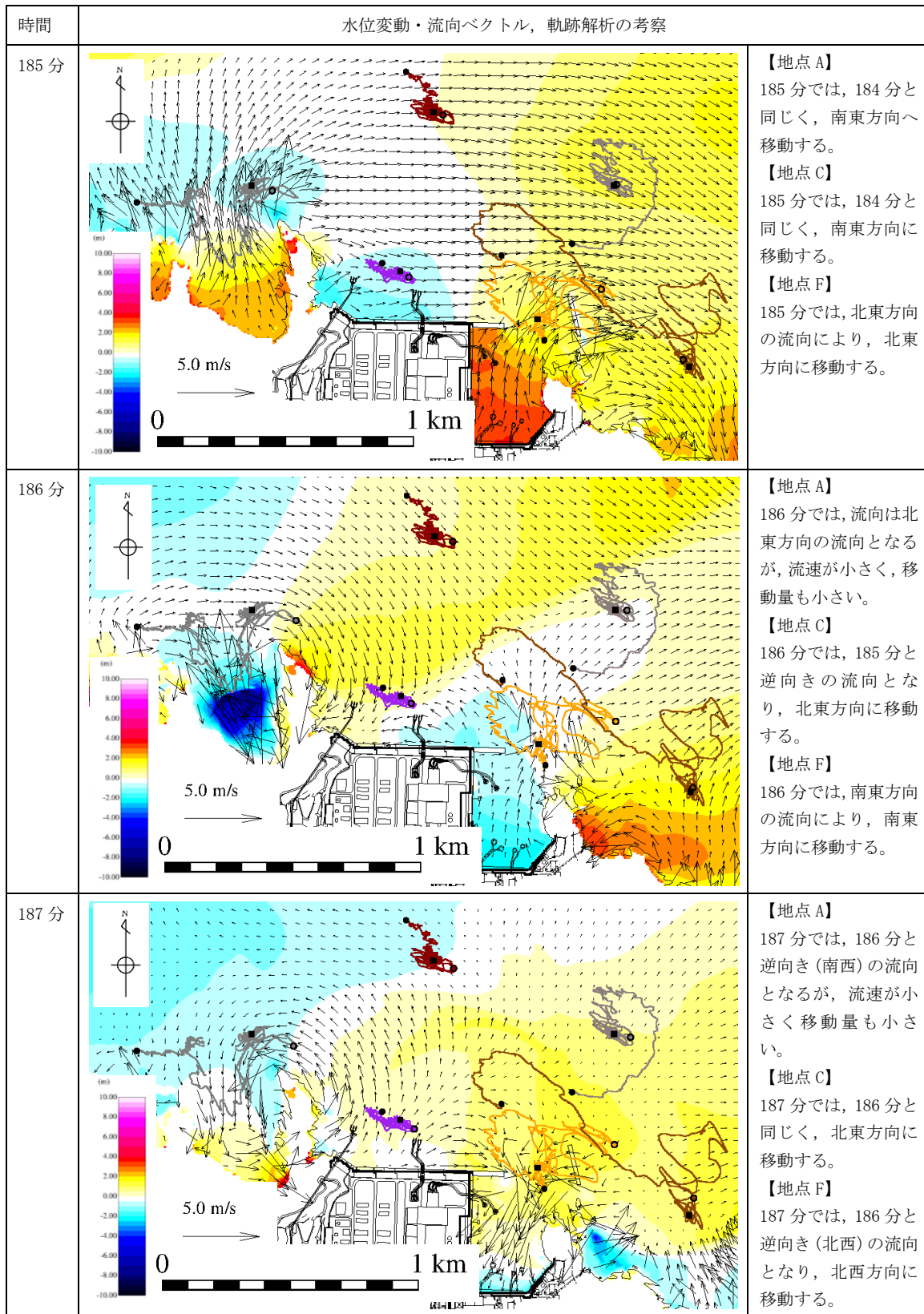


図 4-6 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波 1）

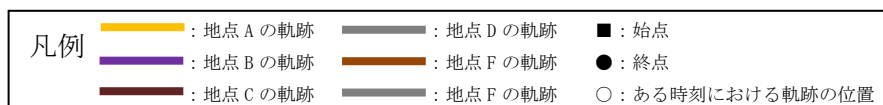
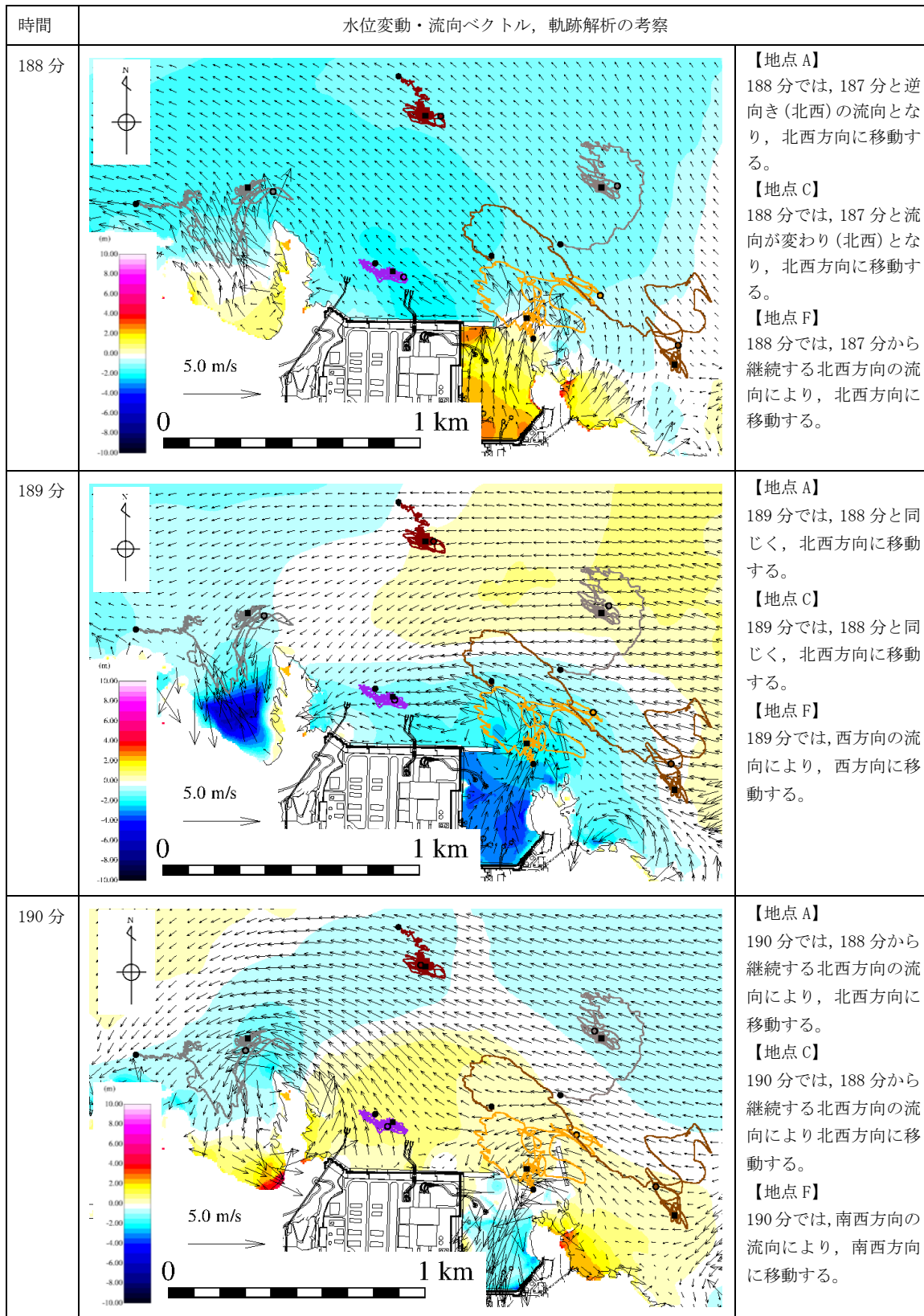


図4-7 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波1）

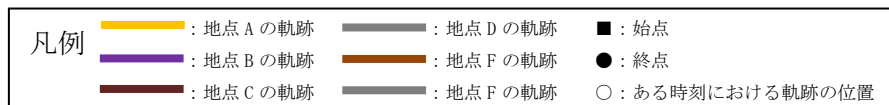
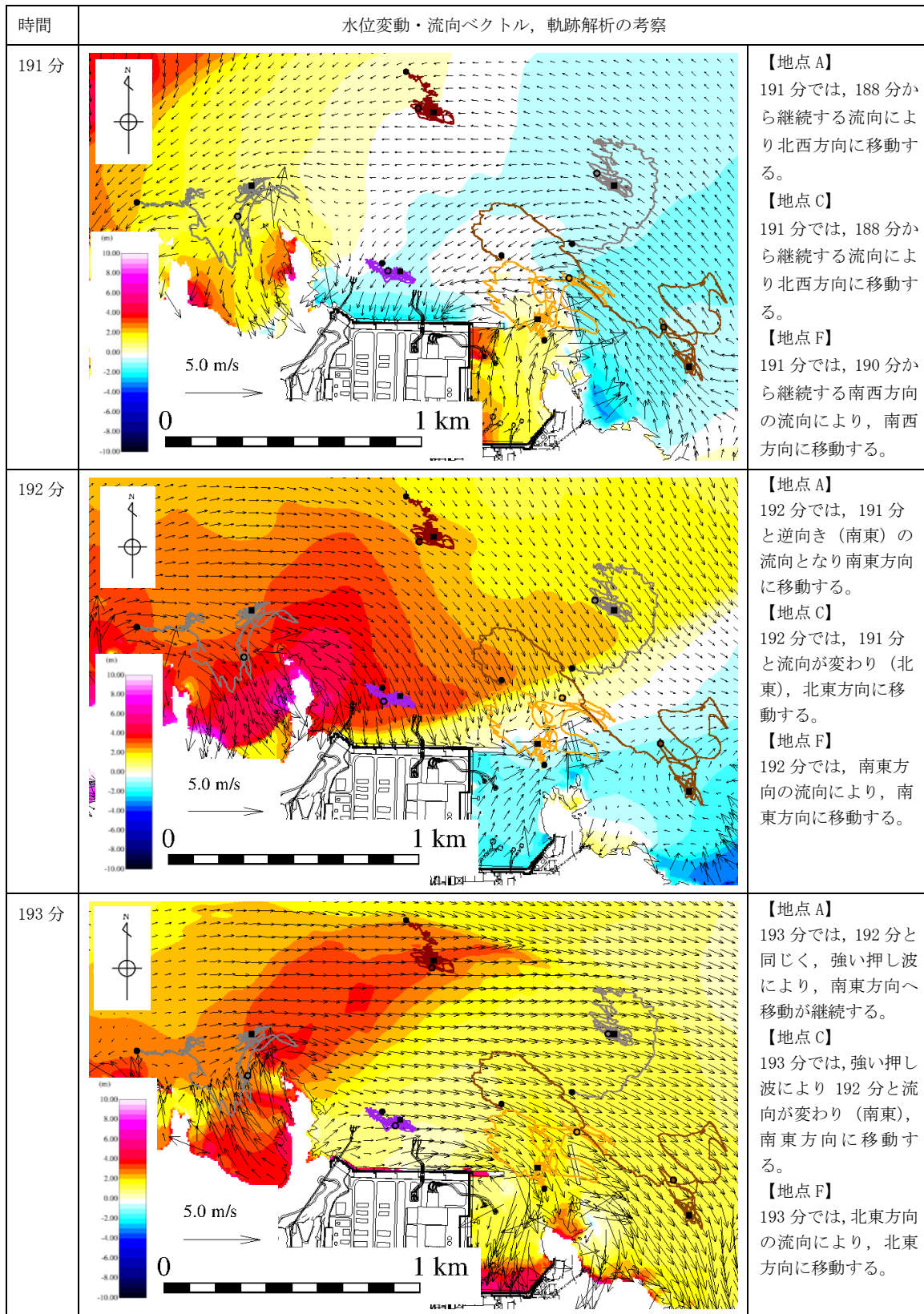


図 4-8 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波 1）

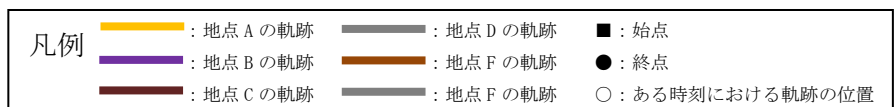
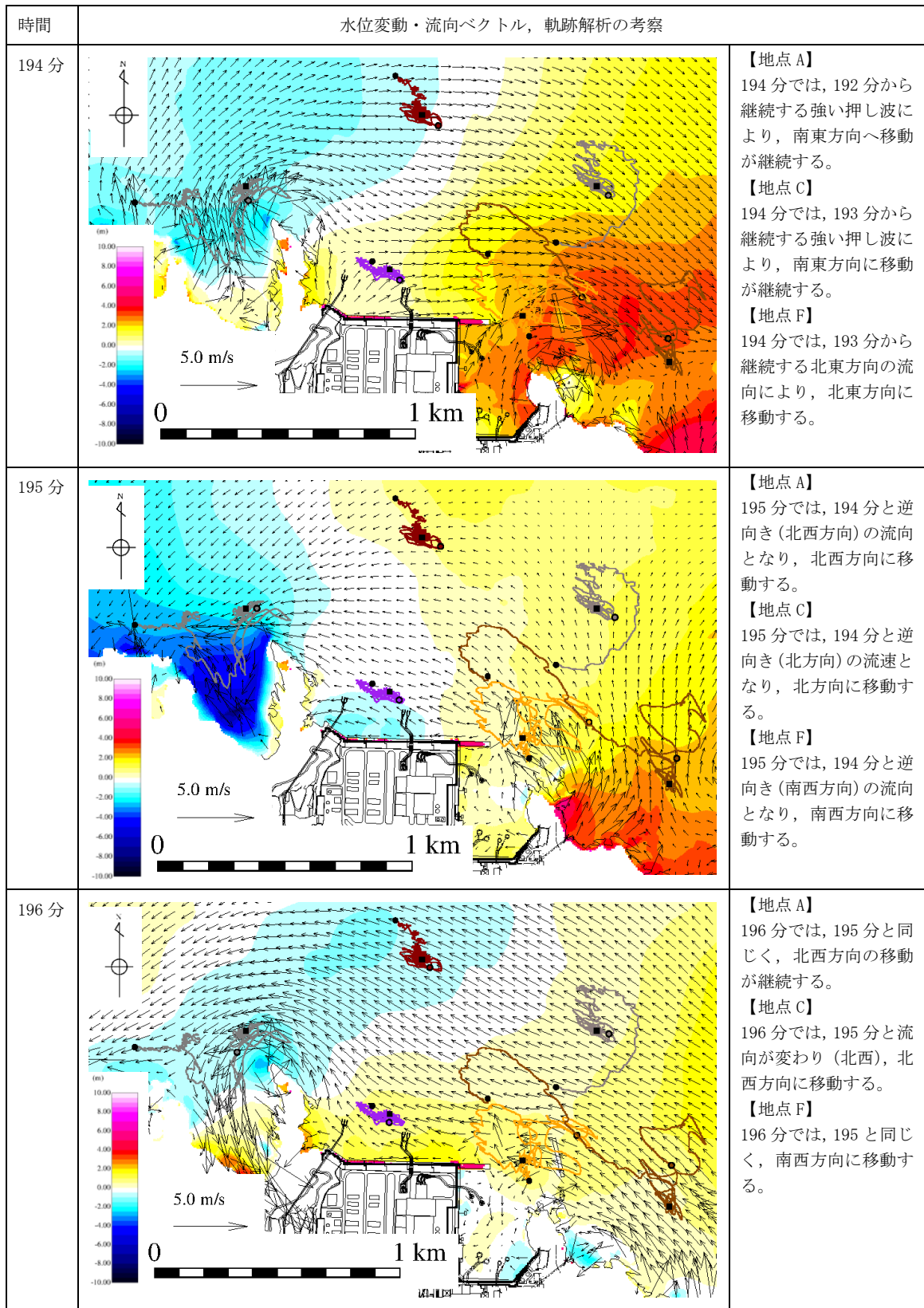


図 4-9 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波 1）

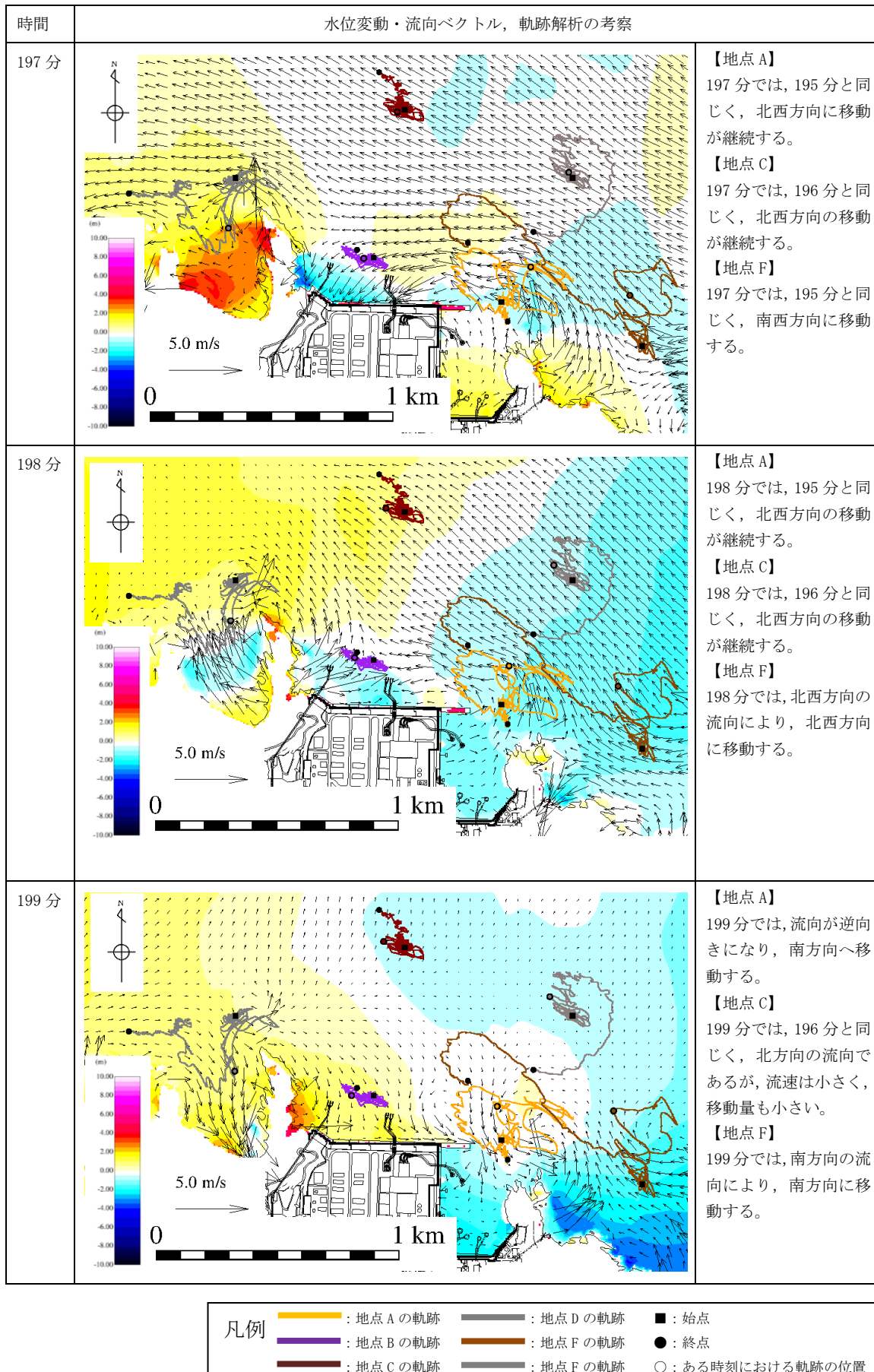


図 4-10 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波 1）

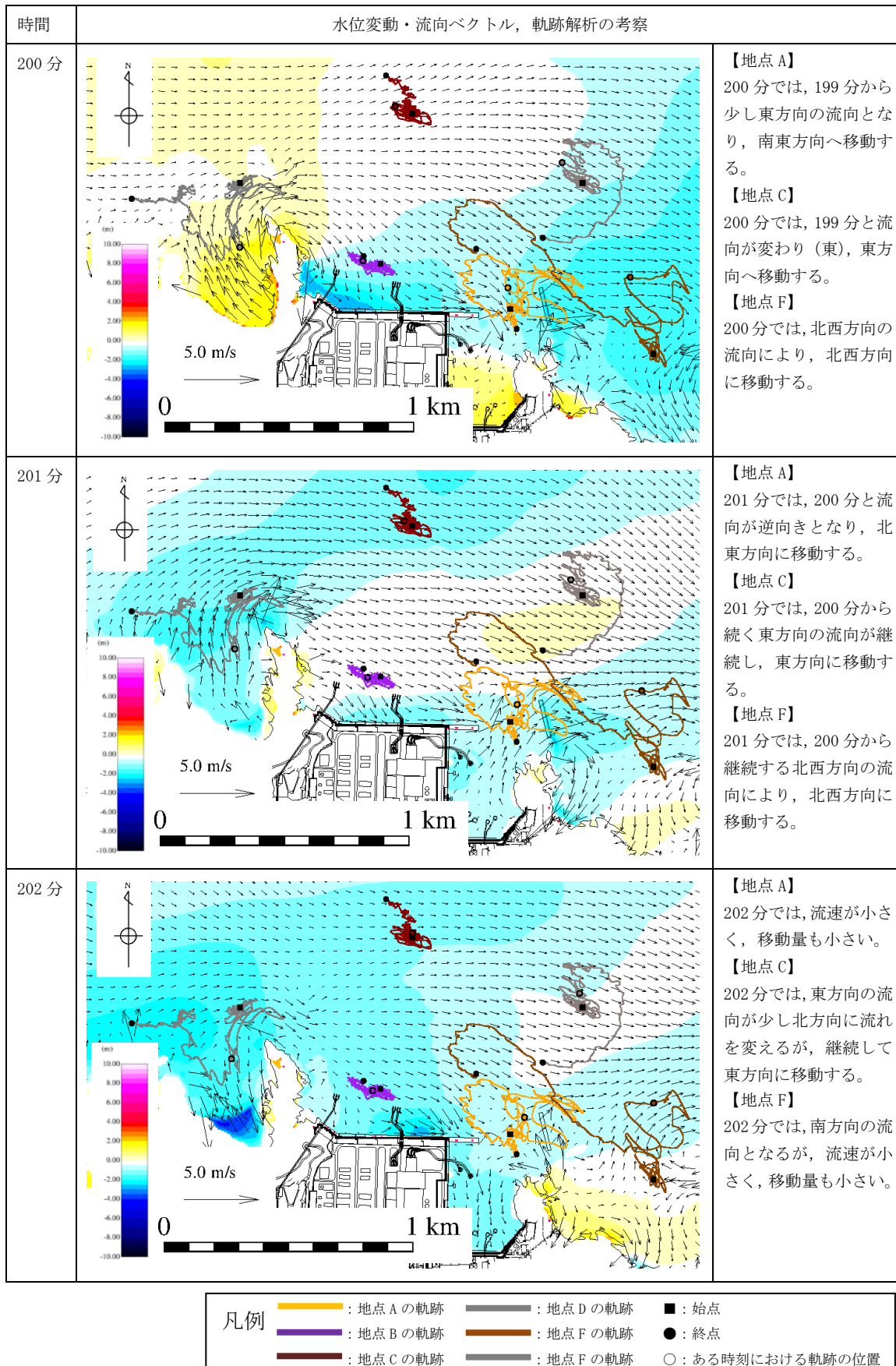


図 4-11 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波 1）

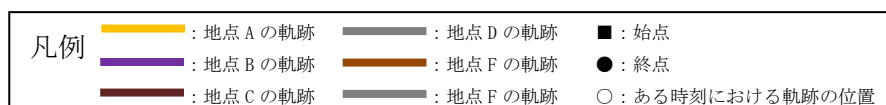
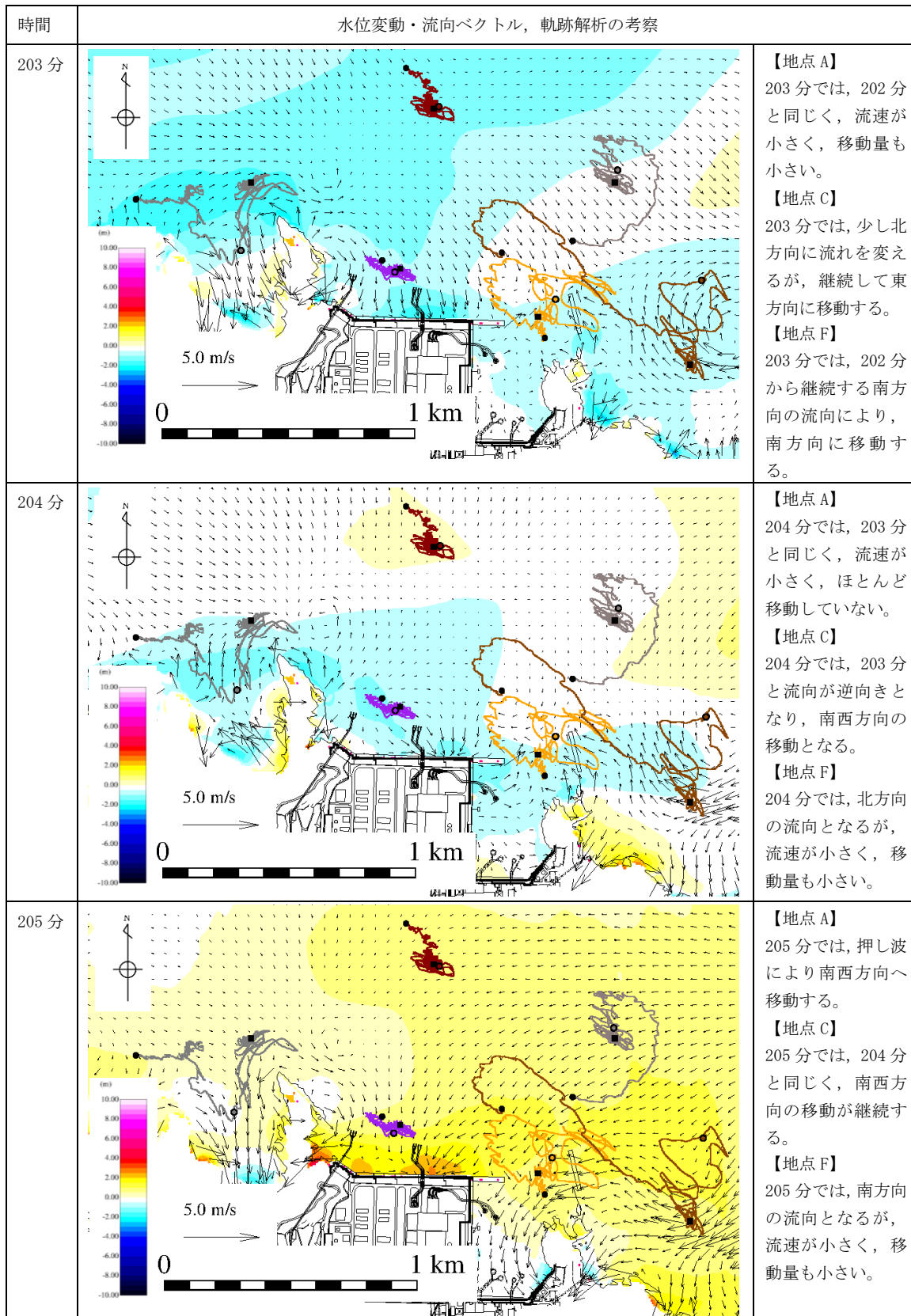


図4-12 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波1）

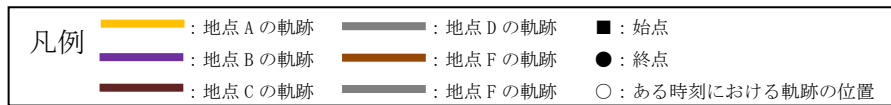
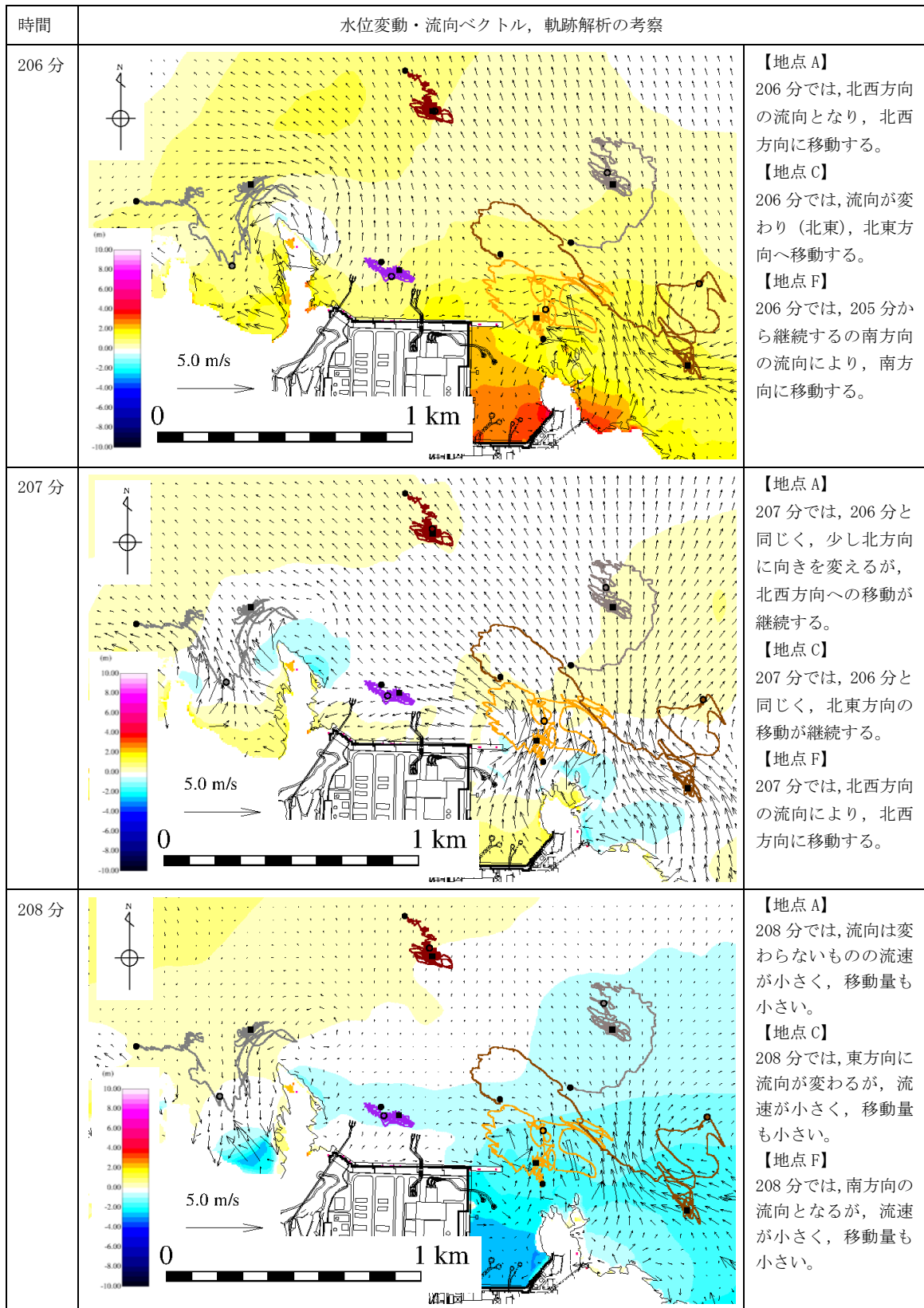


図 4-13 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波 1）

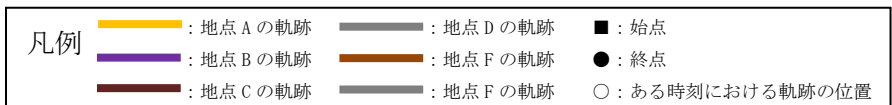
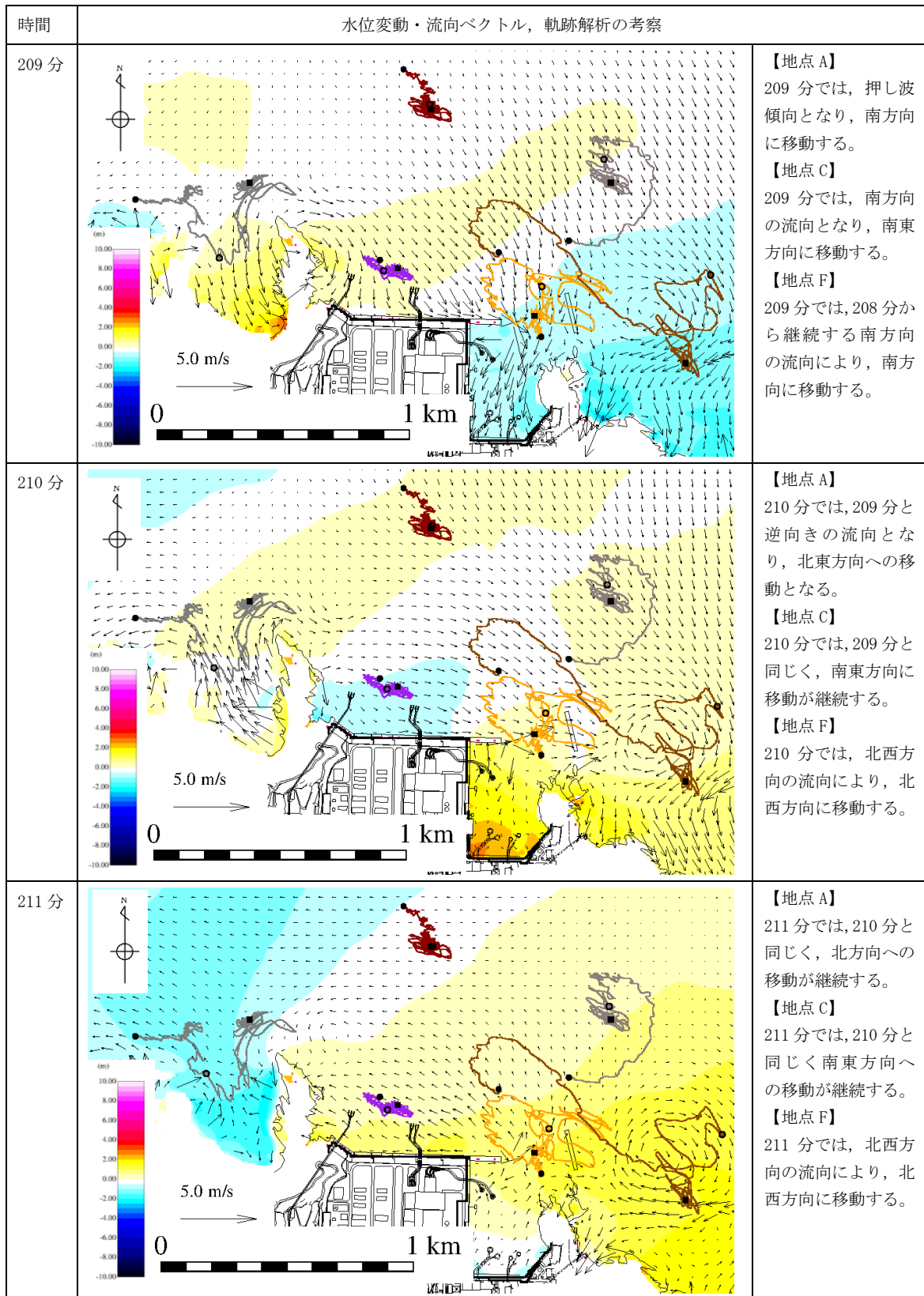


図 4-14 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波 1）

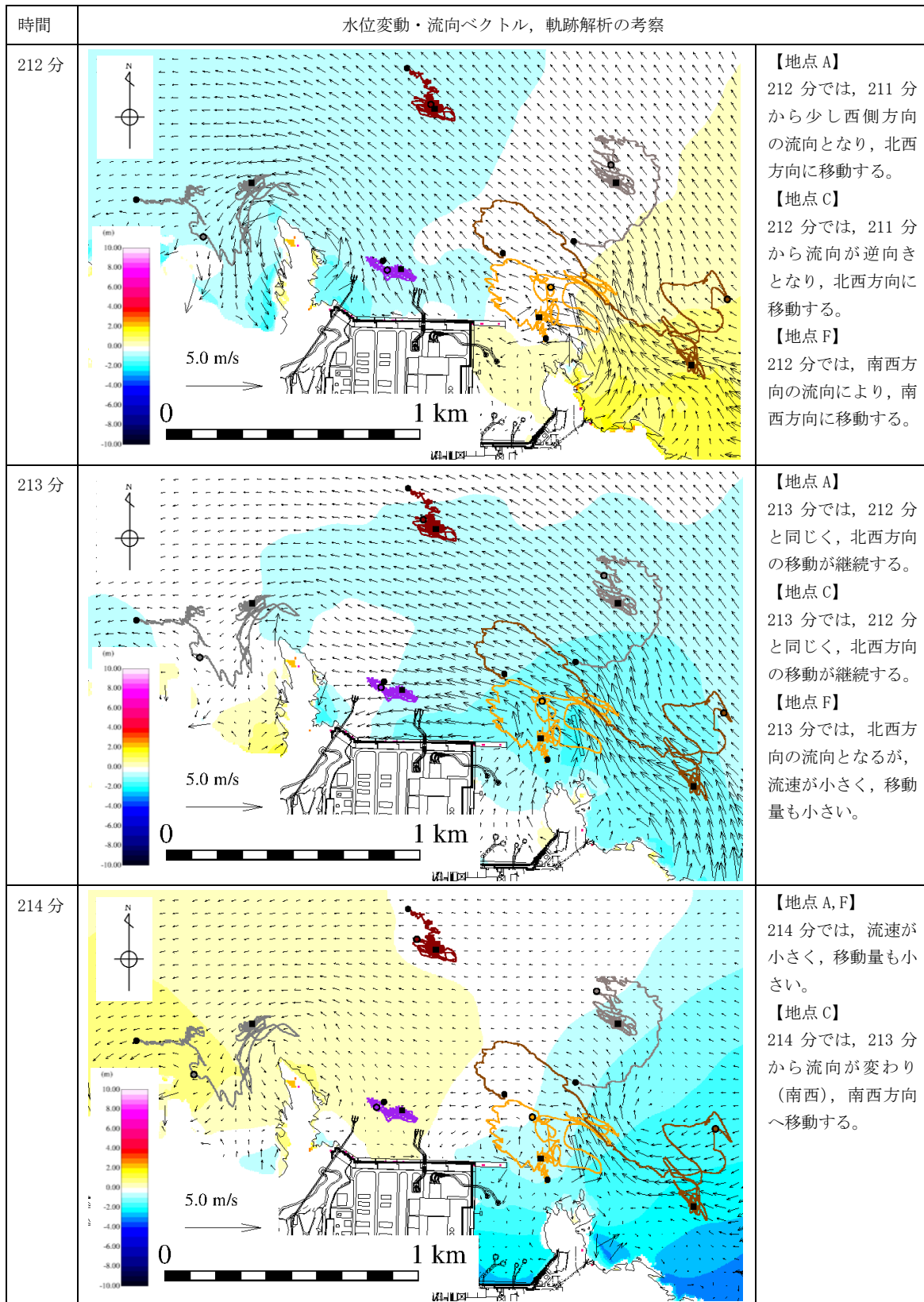


図 4-15 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波 1）

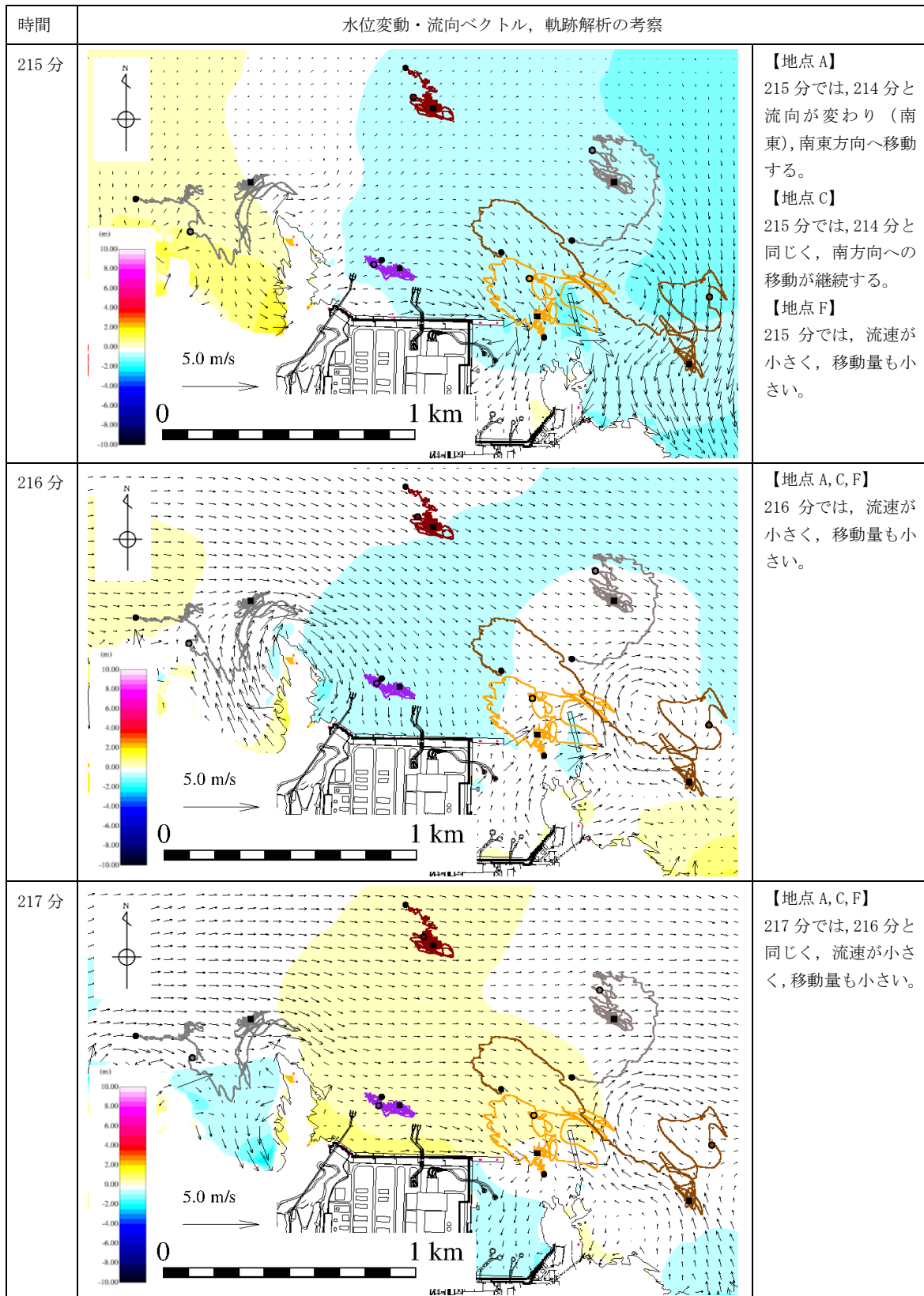


図 4-16 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波 1）

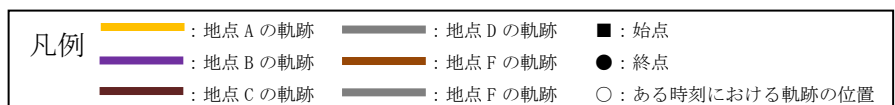
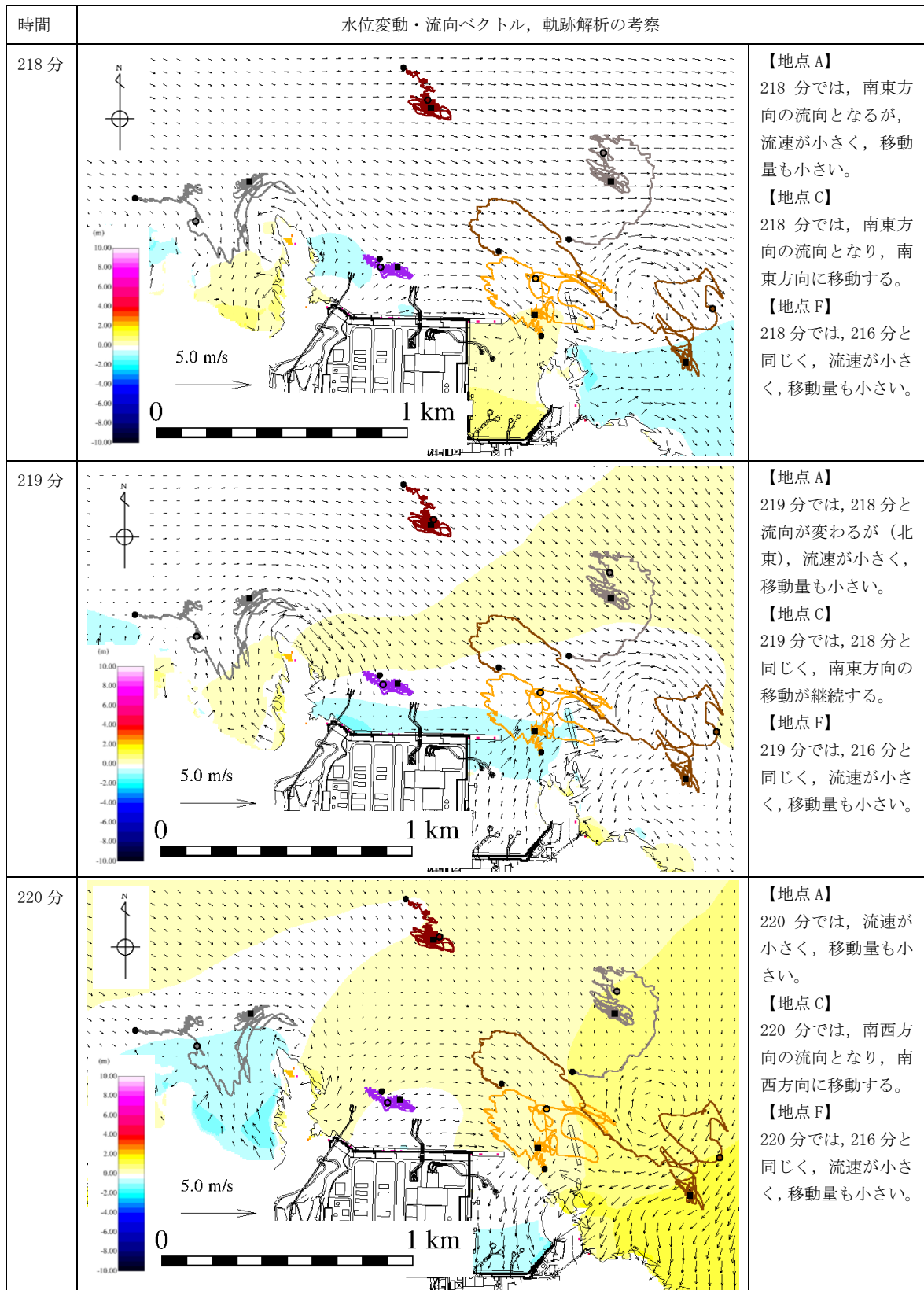


図 4-17 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波 1）

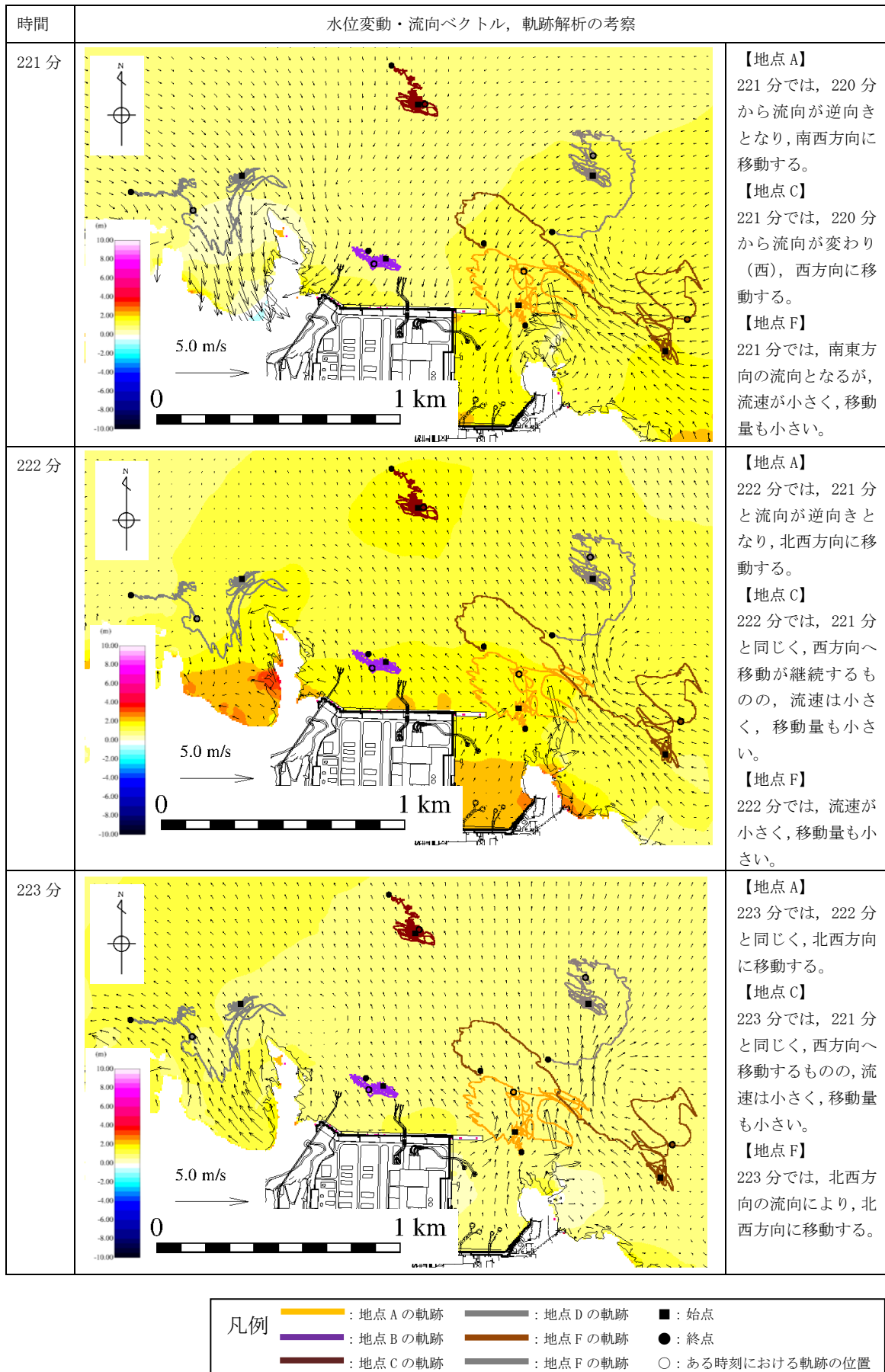


図 4-18 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波 1）

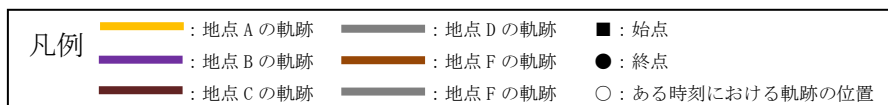
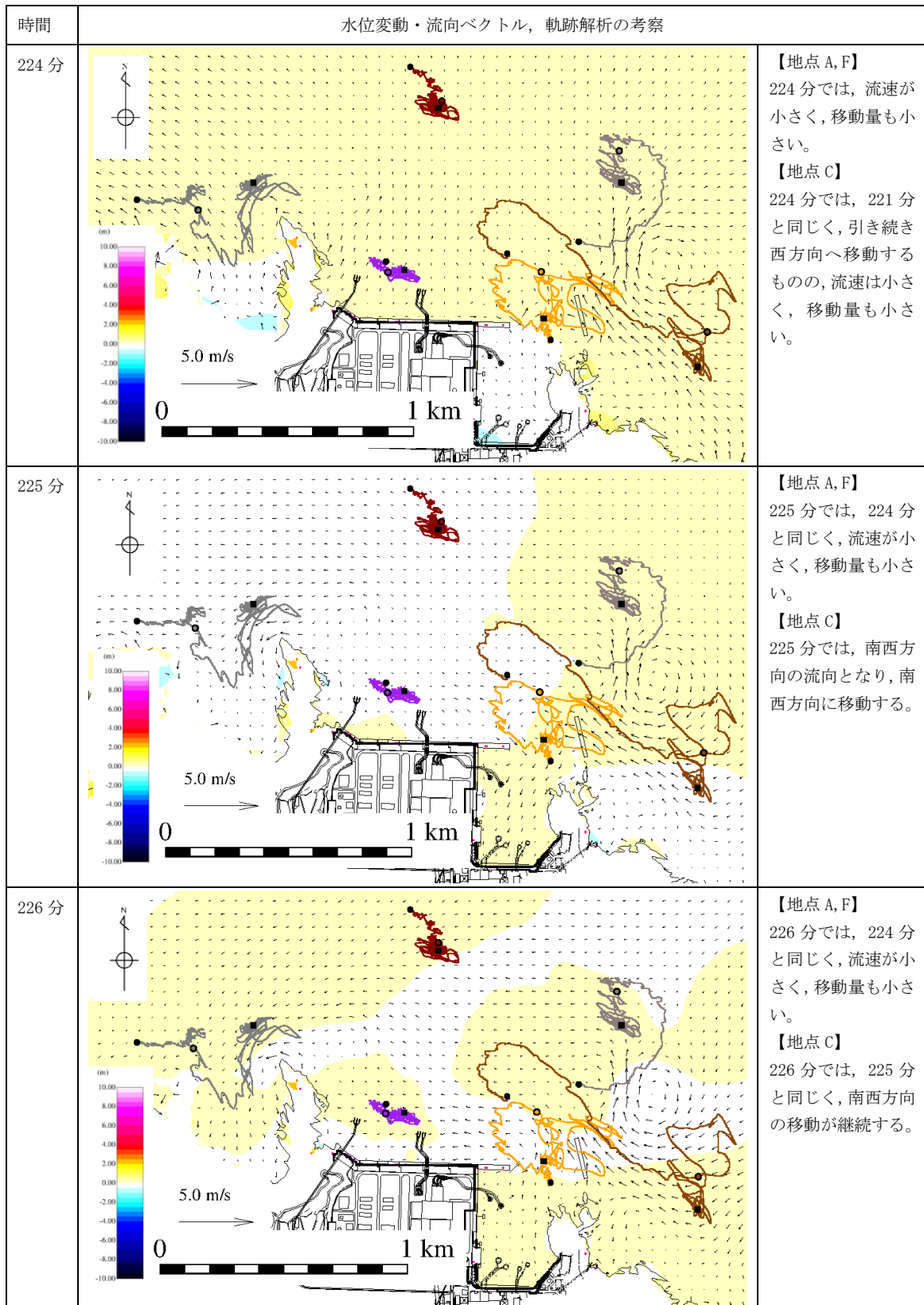


図 4-19 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波 1）

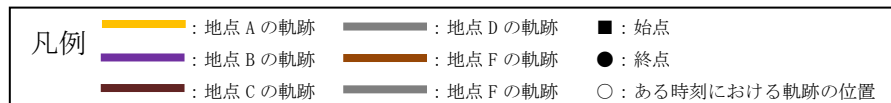
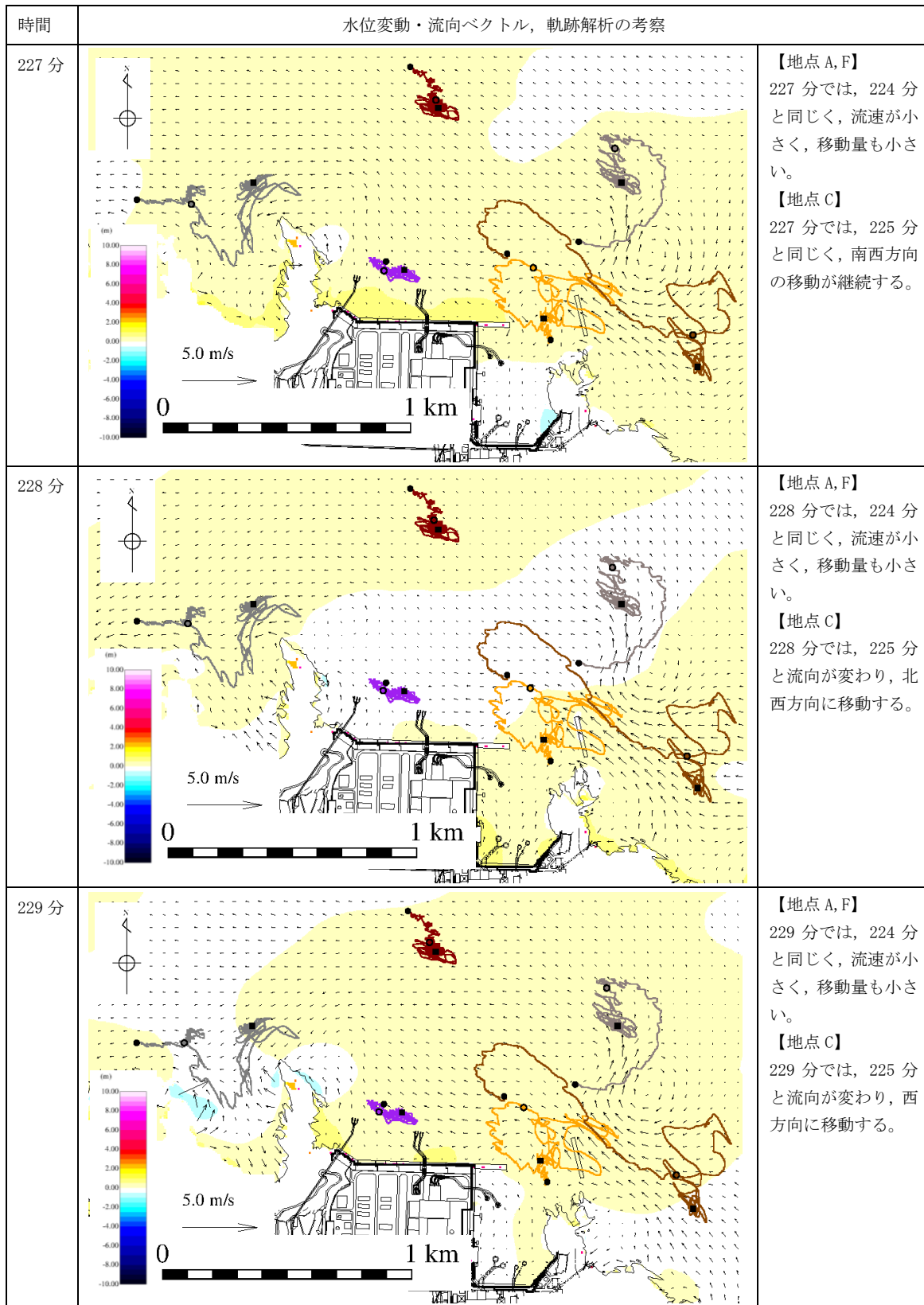
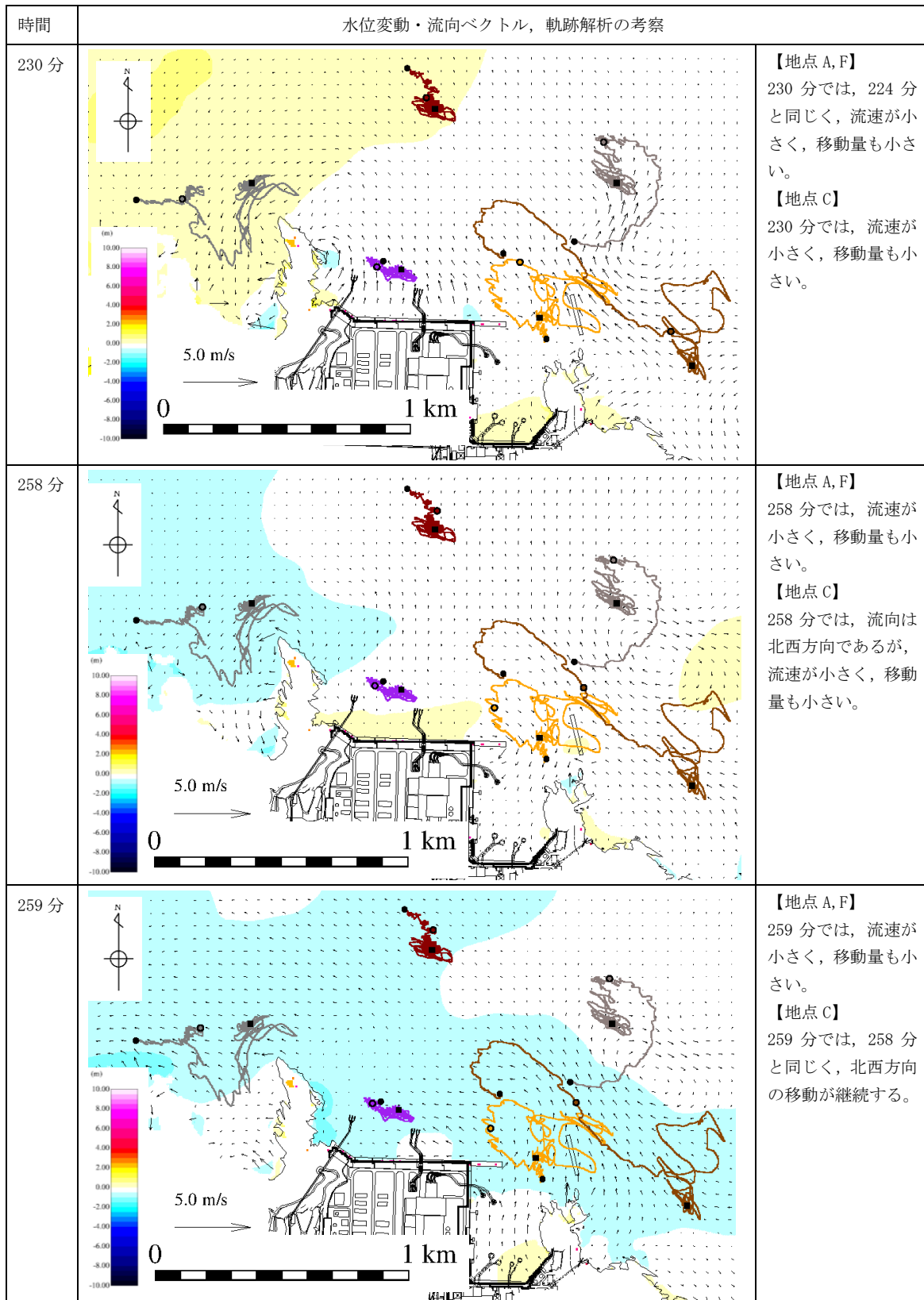


図 4-20 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波 1）



※231 分から 257 分まで同様な傾向であり省略する。

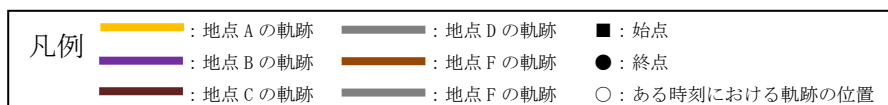


図 4-21 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波 1）

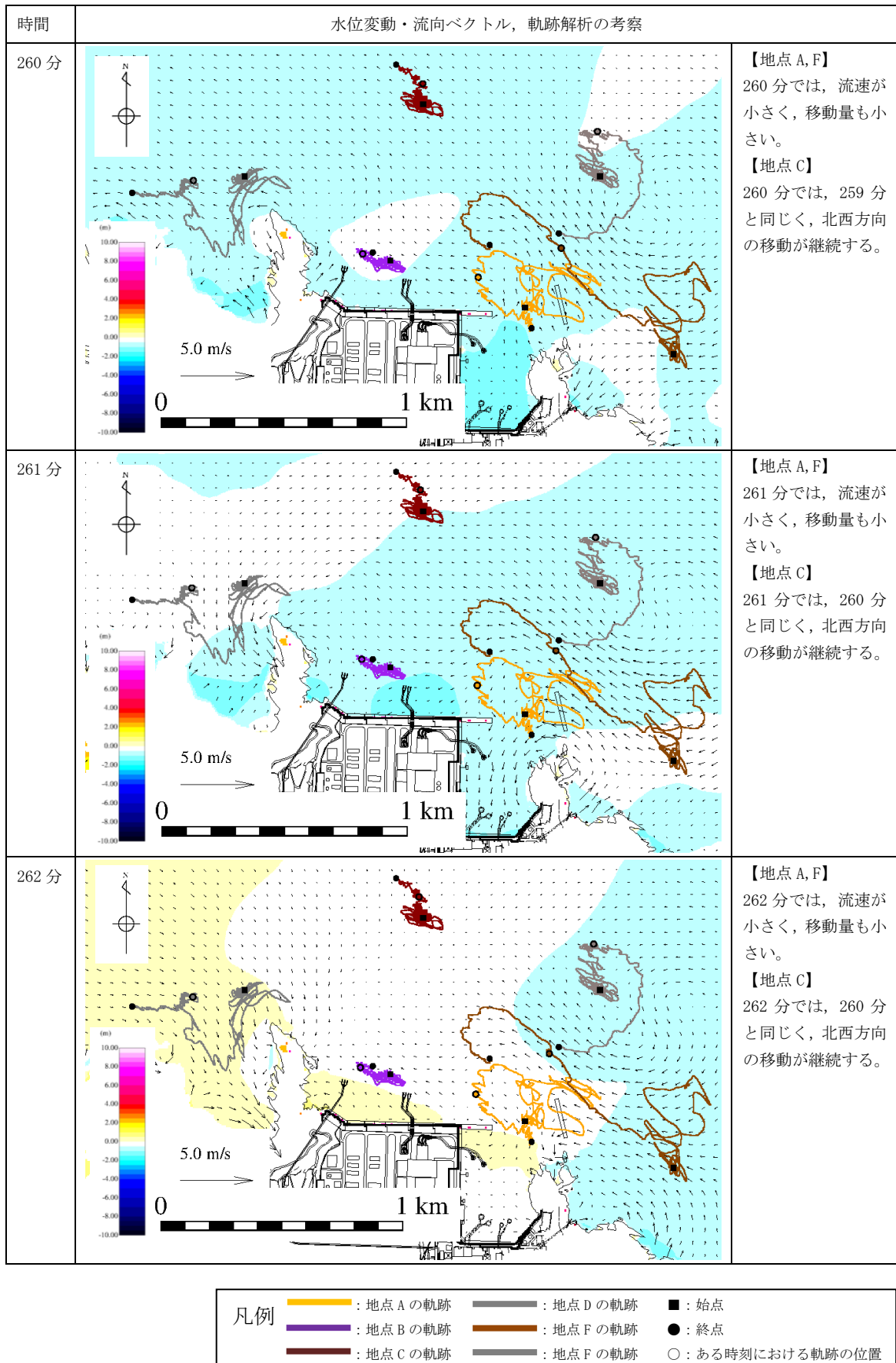
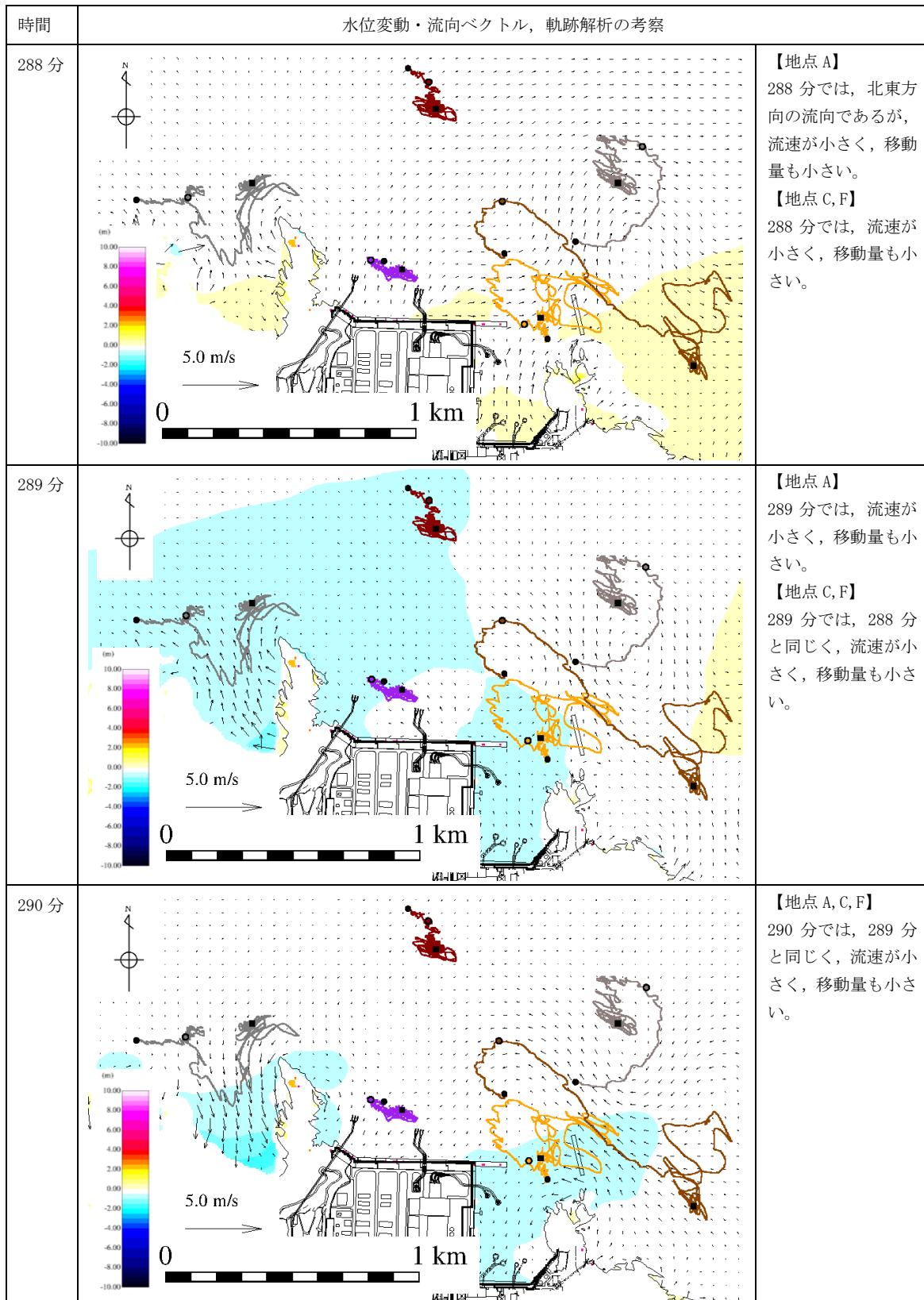


図 4-22 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波 1）



※263 分から 287 分まで同様な傾向であり省略する。

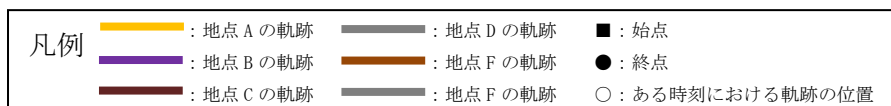
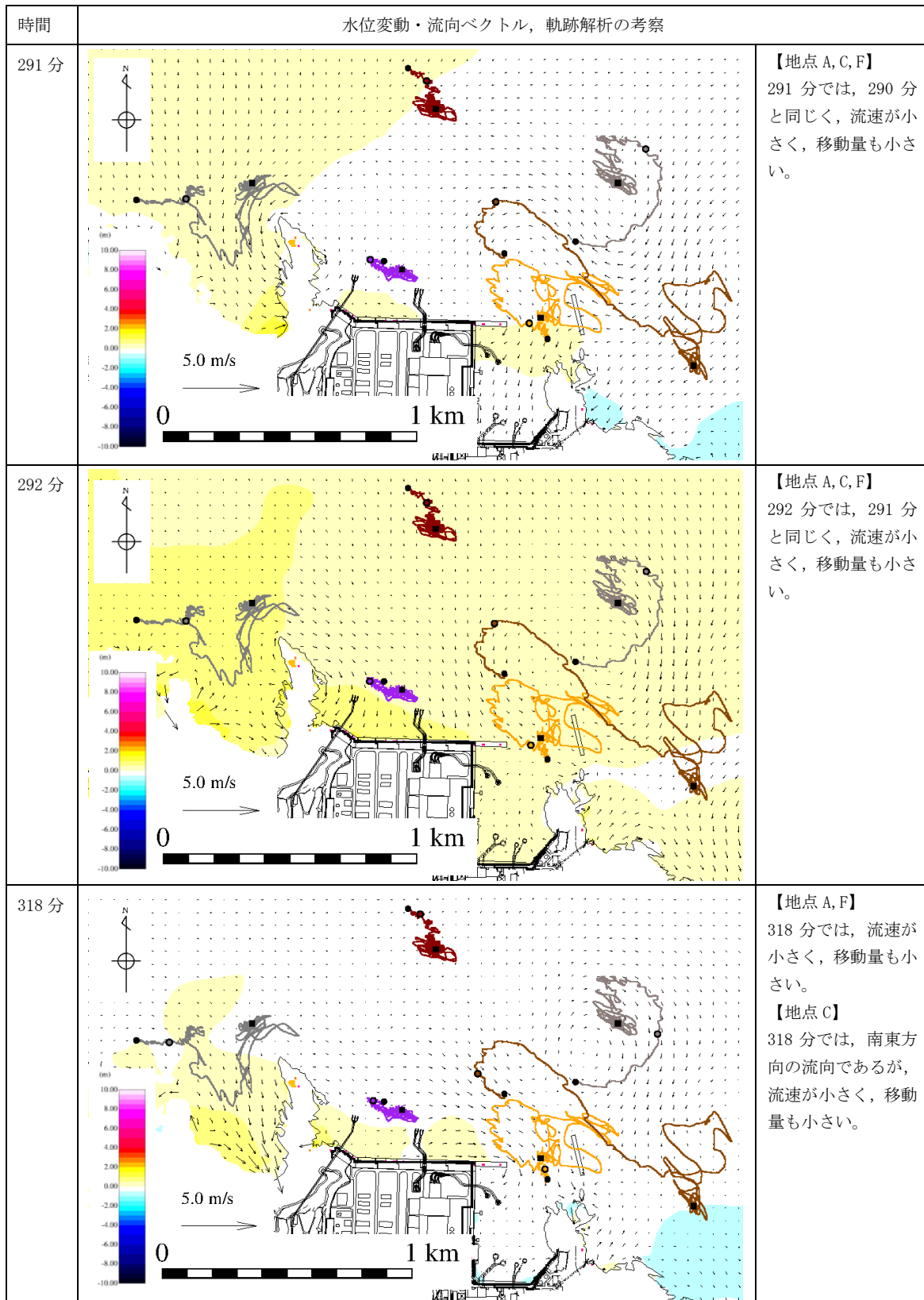


図 4-23 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波 1）



※293 分から 317 分まで同様な傾向であり省略する。

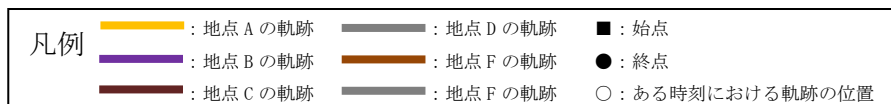


図 4-24 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波 1）

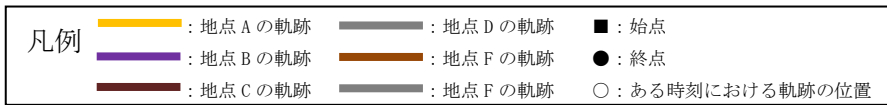
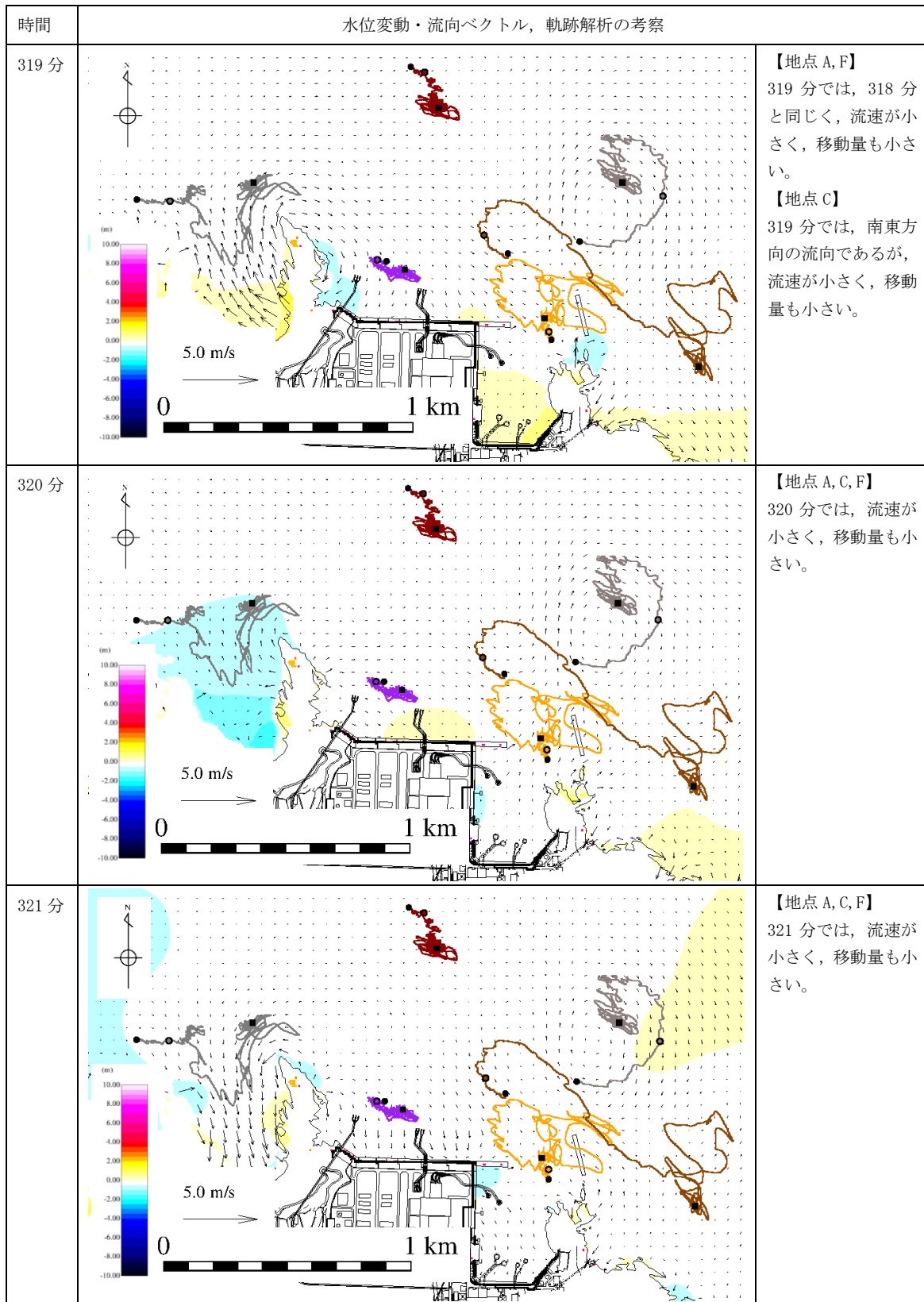
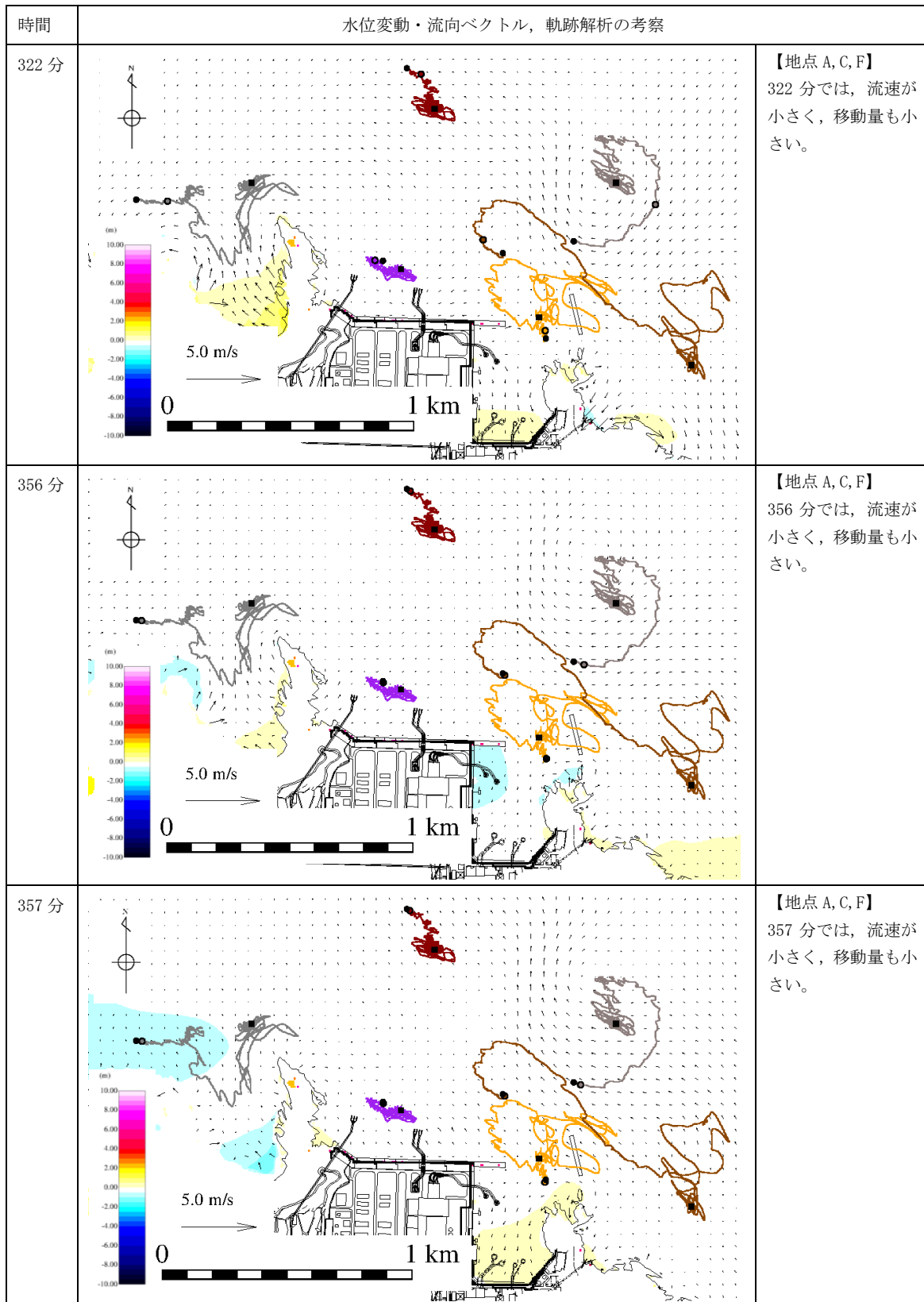


図 4-25 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波 1）



※323 分から 355 分まで同様な傾向であり省略する。

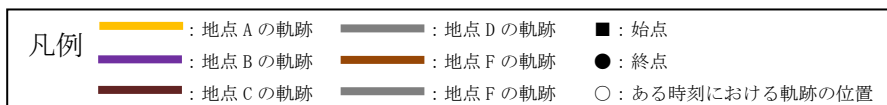


図 4-26 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波 1）

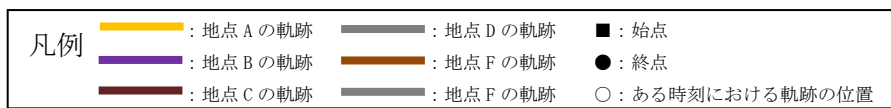
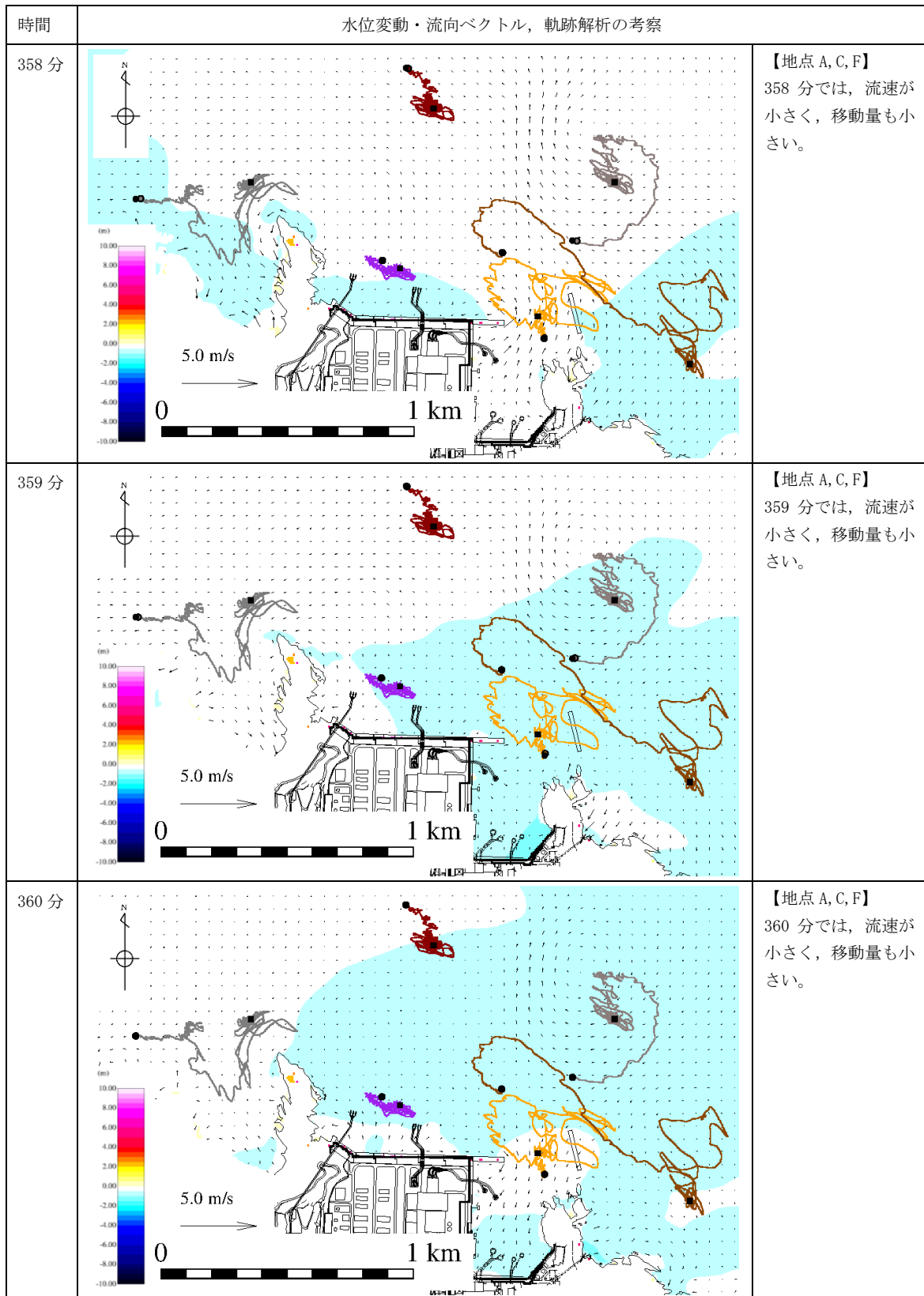


図 4-27 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波 1）

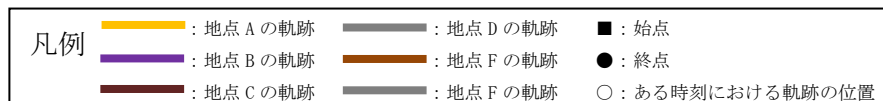
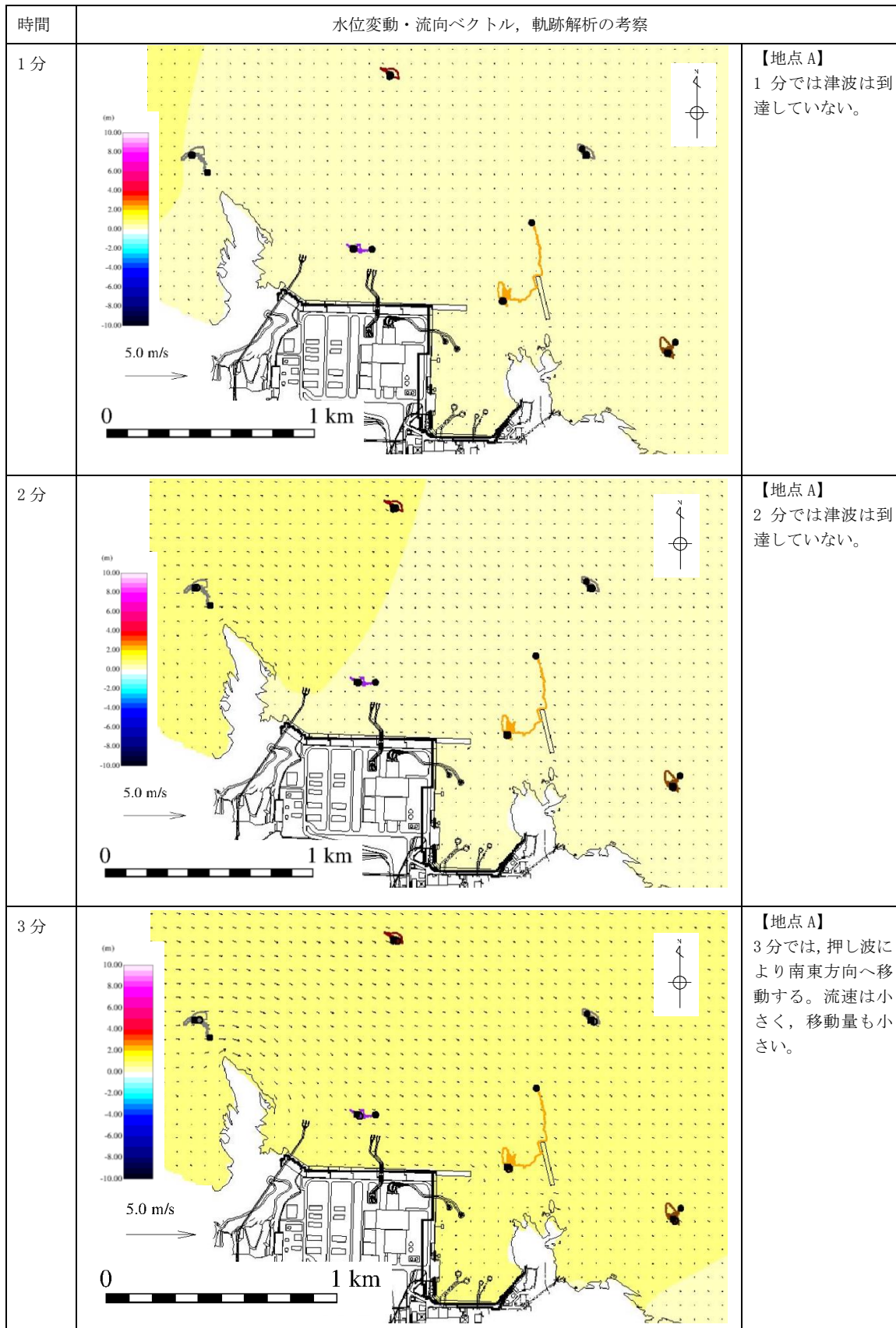


図5-1 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波4）

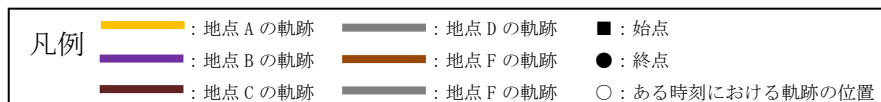
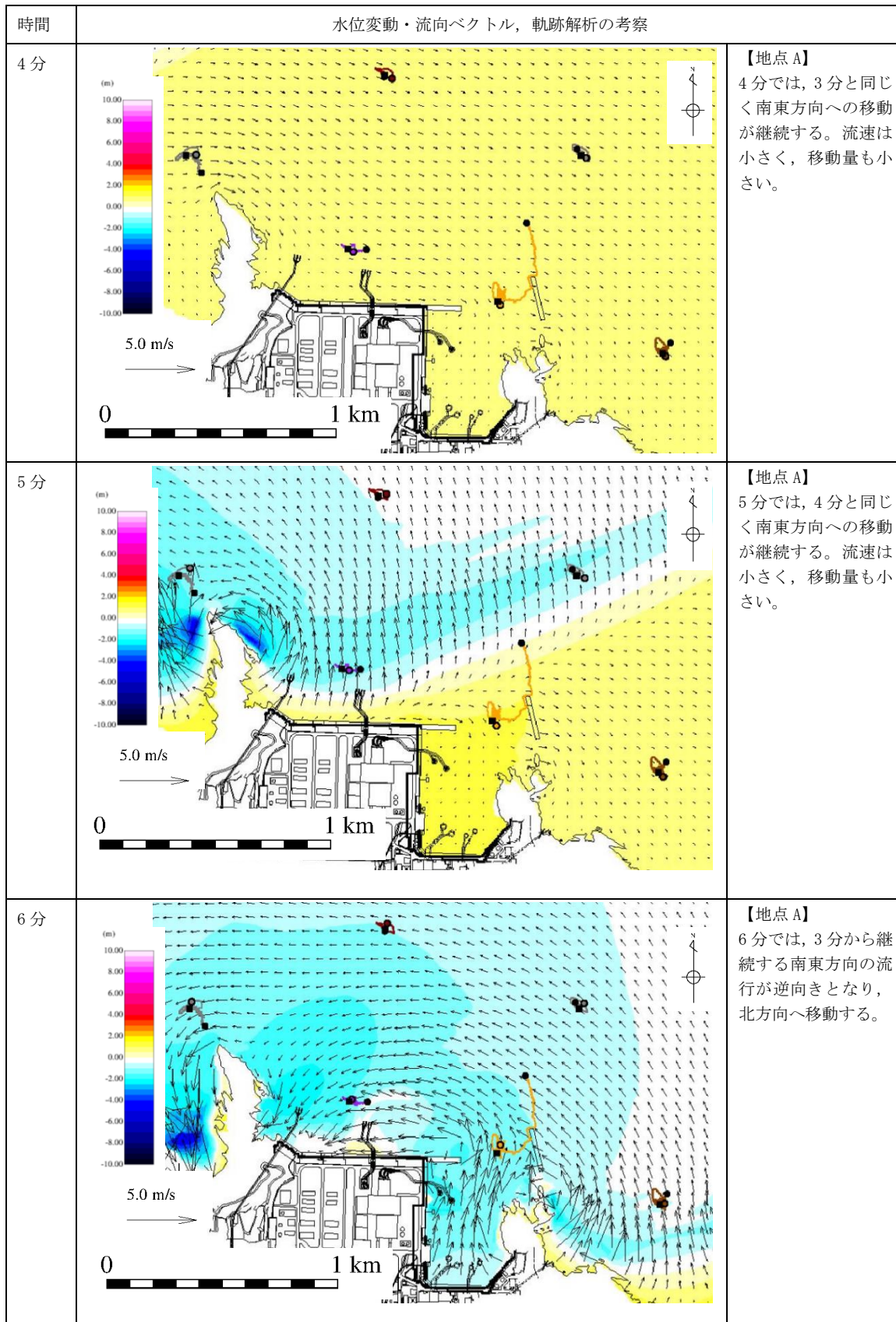


図5-2 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波4）

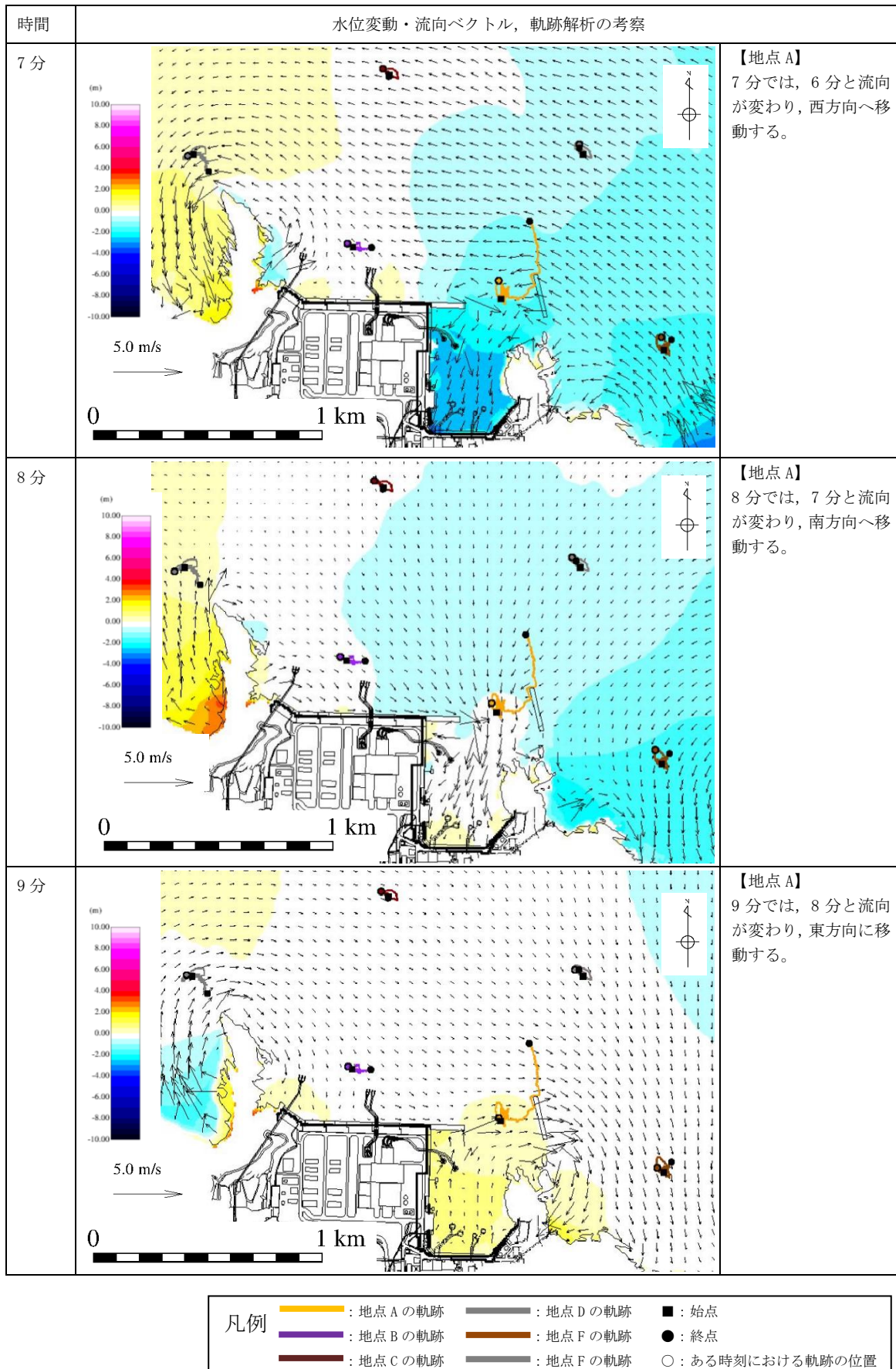


図 5-3 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波 4）

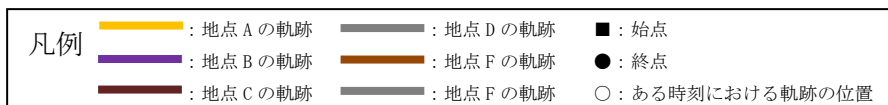
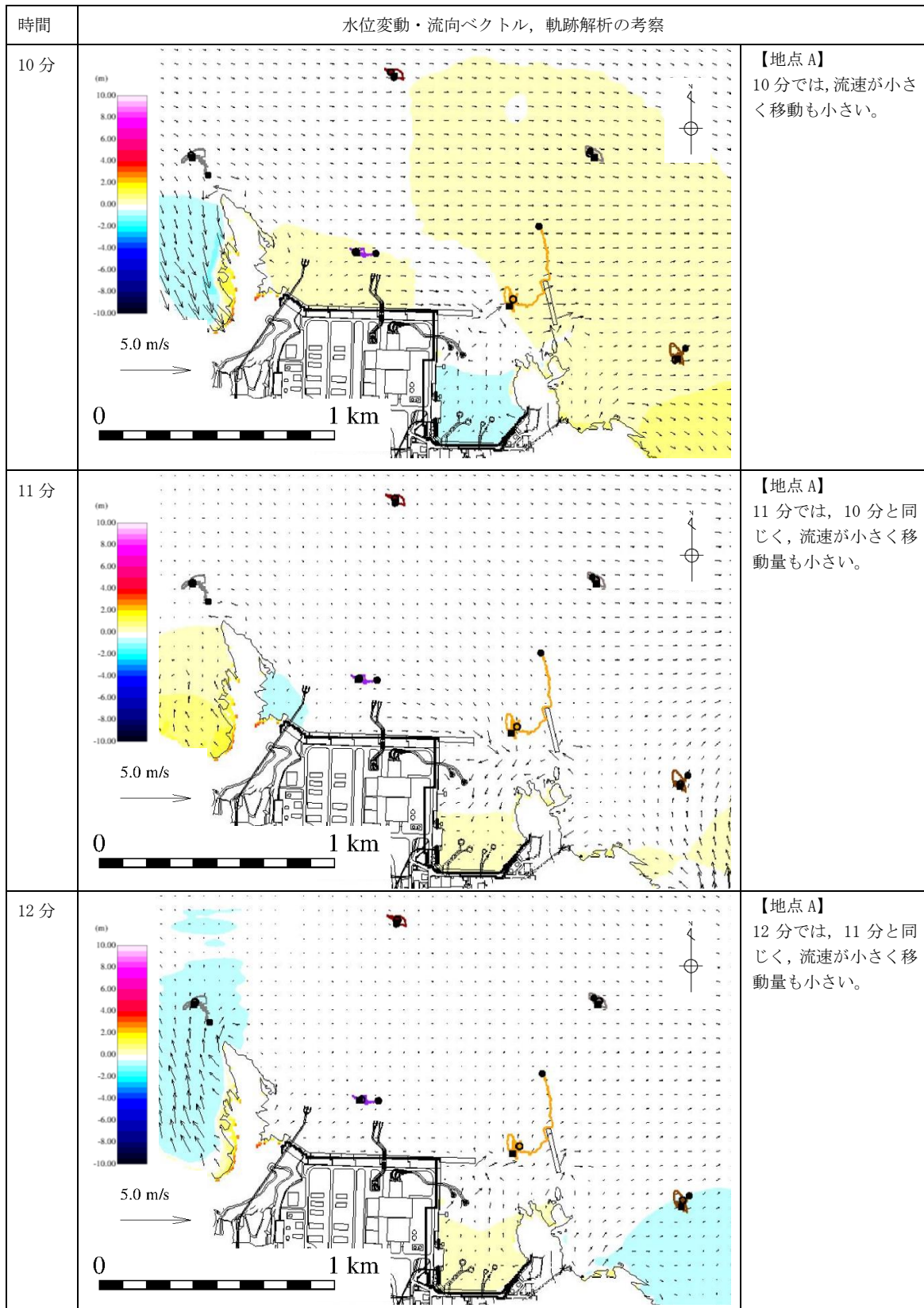


図 5-4 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波 4）

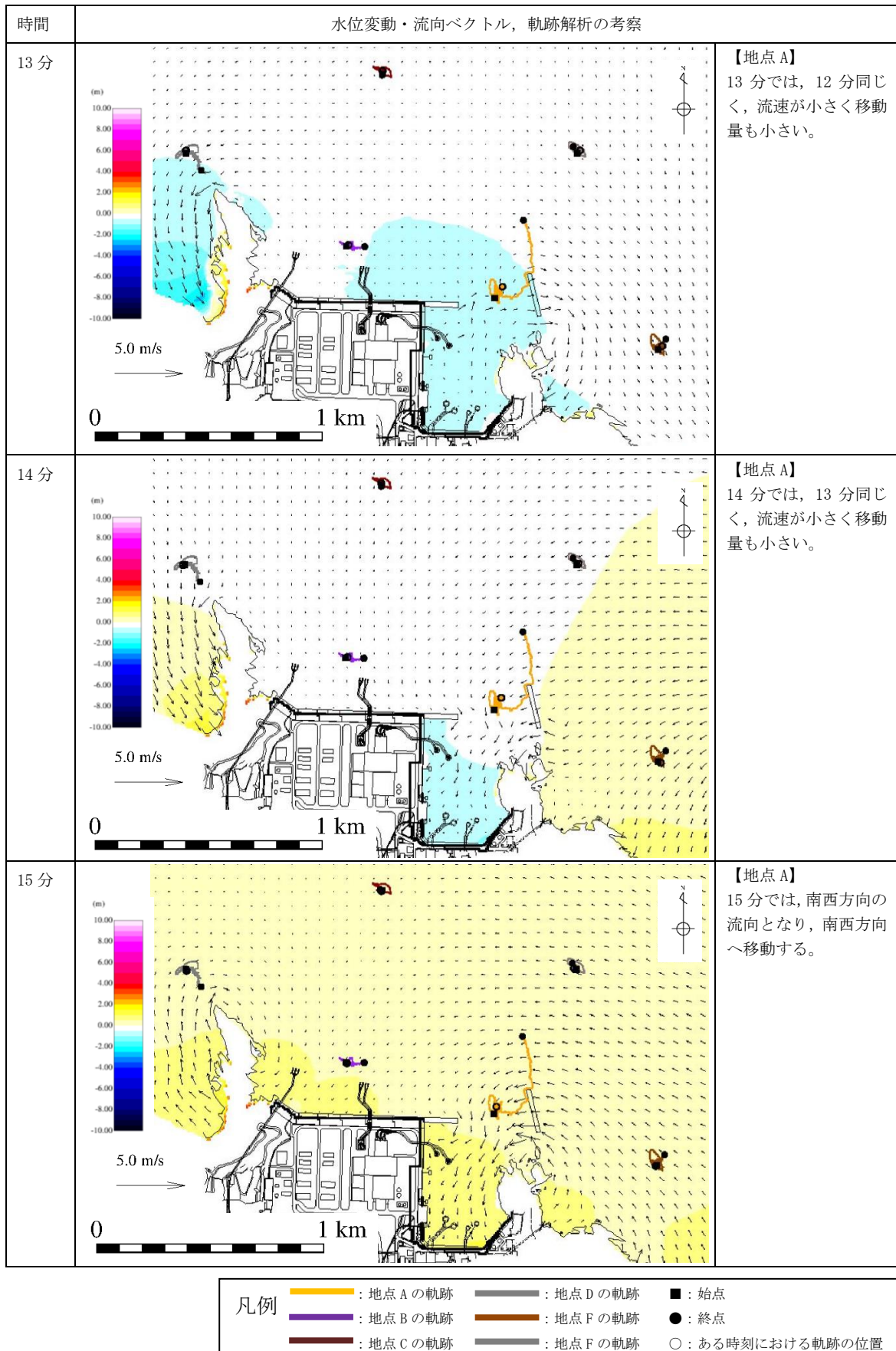


図 5-5 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波 4）

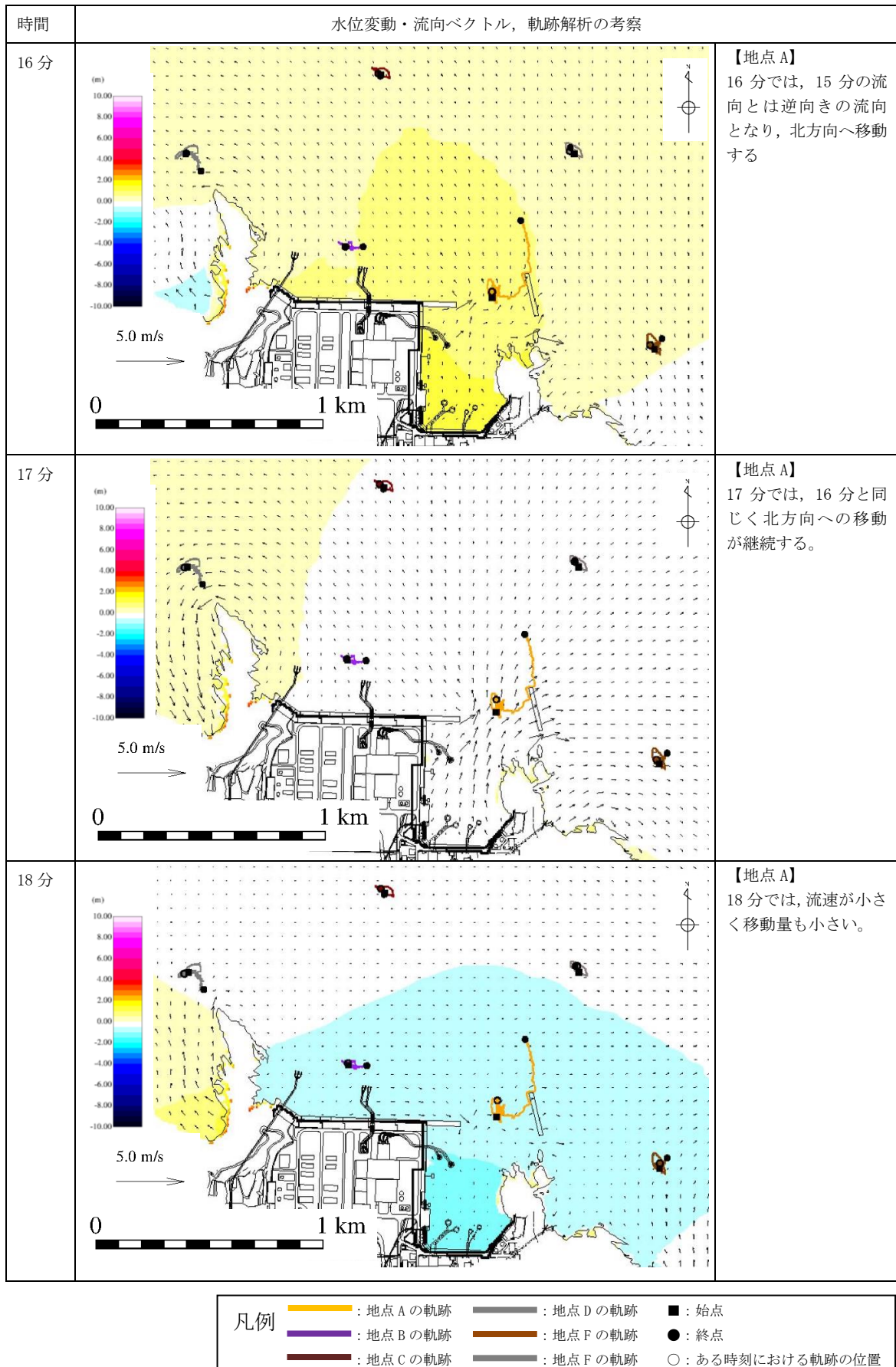


図 5-6 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波 4）

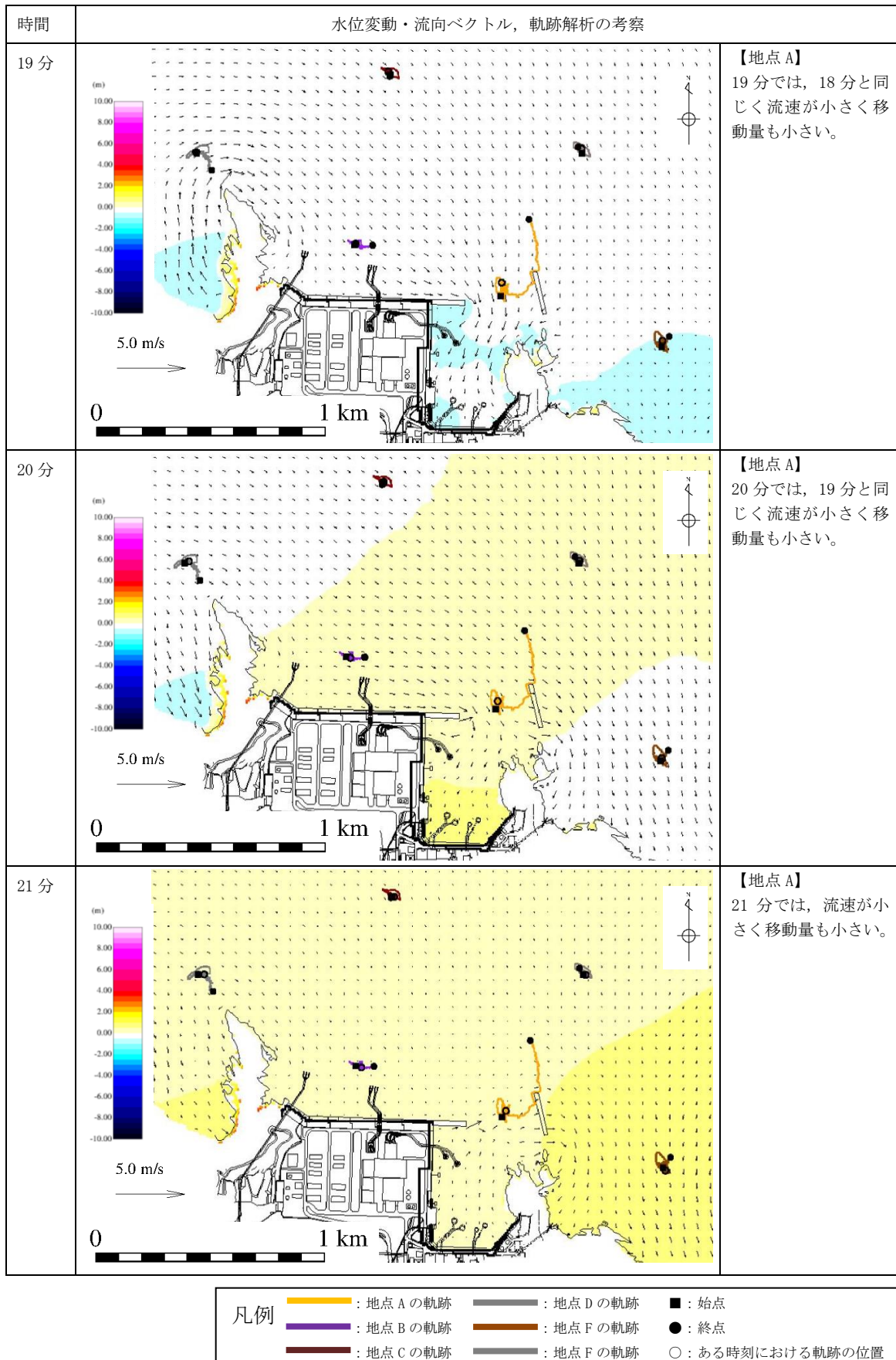


図 5-7 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波 4）

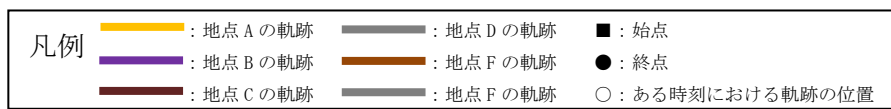
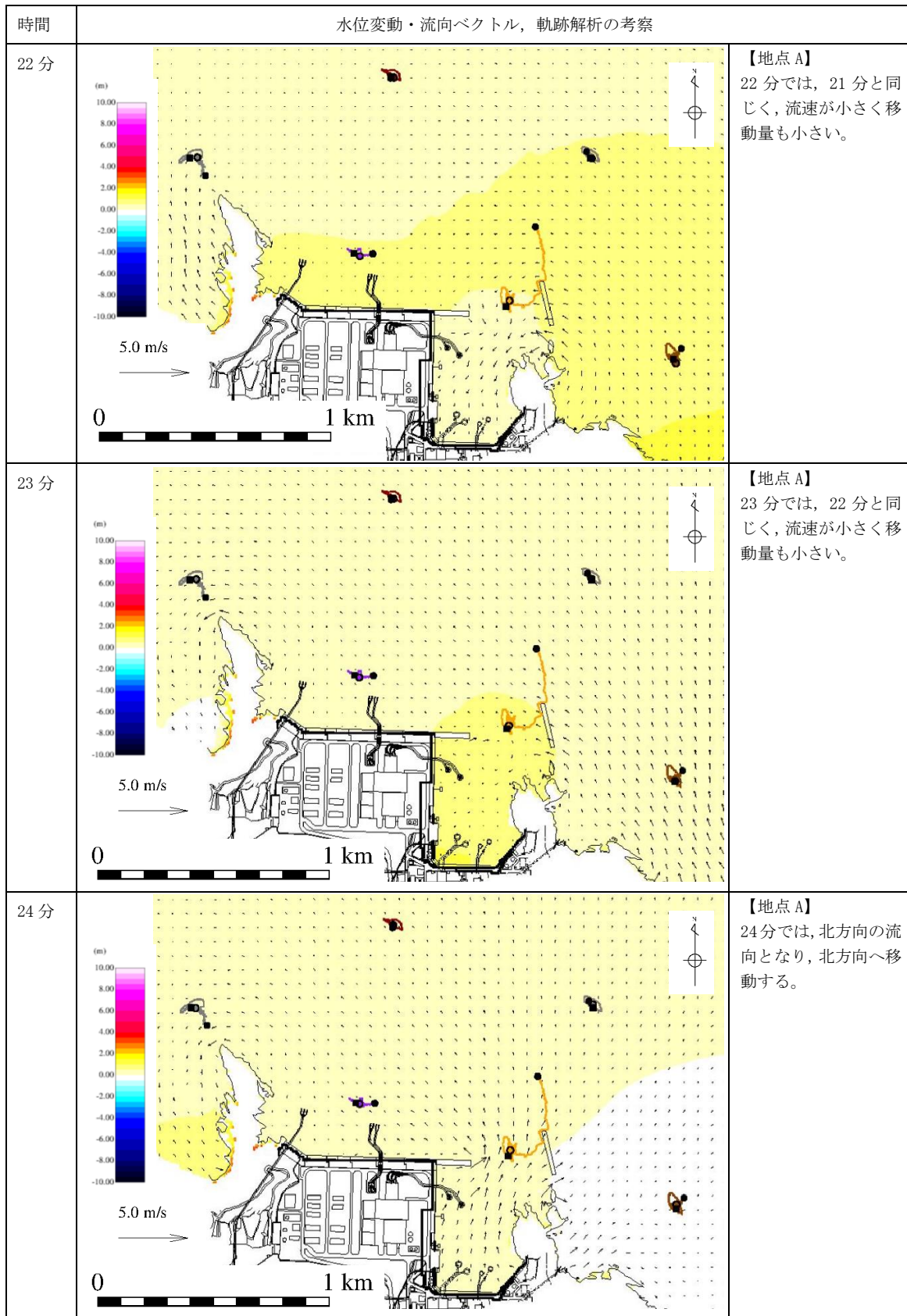


図5-8 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波4）

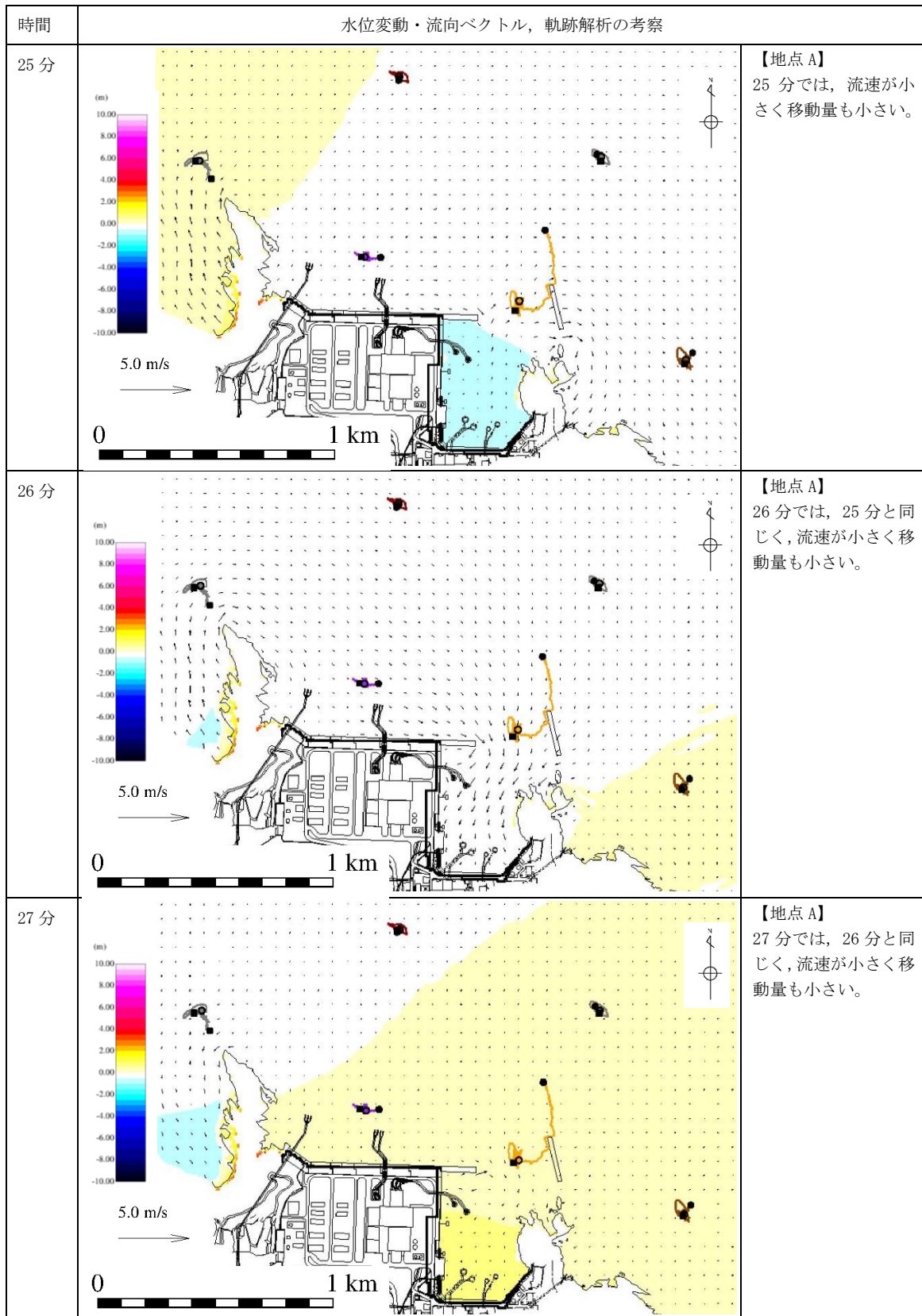


図5-9 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波4）

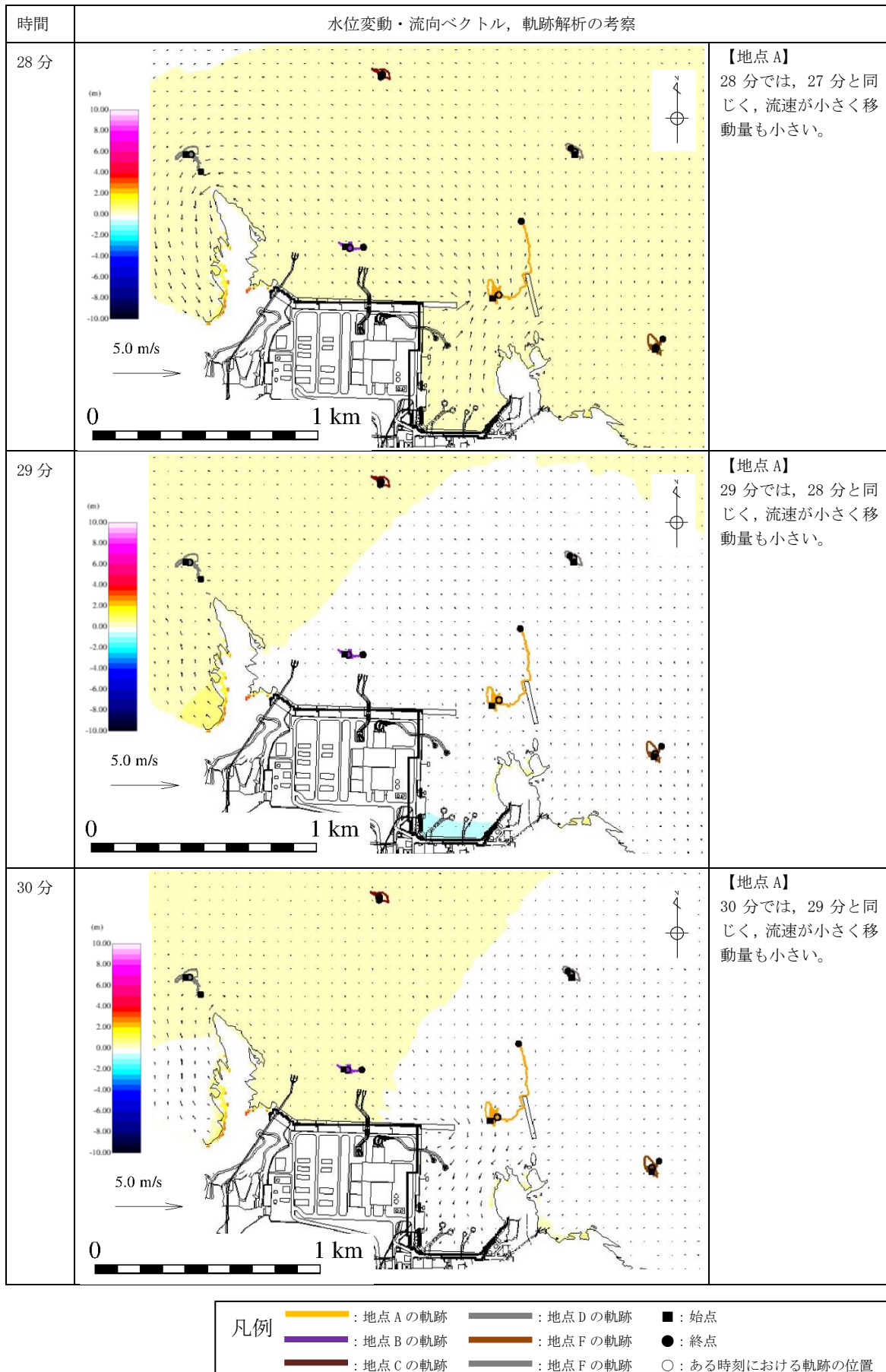


図 5-10 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波 4）

4.3 燃料等輸送船の係留索の耐力

(1) 概要

燃料輸送船及びLLW輸送船（以下「燃料等輸送船」という。）は、来襲までに時間的余裕がある津波の場合は緊急退避するが、来襲までに時間的余裕がない津波の場合は荷揚場に係留することとなる。したがって、係留索の耐力（以下「係留力」という。）について評価を実施する。

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

本書では、燃料等輸送船が備えている係留力及び津波による流圧力を石油会社国際海事評議会 OCIMF (Oil Companies International Marine Forum) 刊行“Mooring Equipment Guidelines”の手法を用いて算出し、係留索の耐力評価を行う。なお、同書は船舶の係留方法・係留設備に関わる要求事項を規定するものであり、流圧力の評価については大型タンカーを主たる適用対象としているが、燃料等輸送船は大型タンカーと同じ1軸船であり、水線下の形状が類似しているため、同評価を燃料等輸送船に適用する。

(2) 評価

a. 燃料等輸送船、係留索及び係船柱の仕様

燃料等輸送船及び係留索の仕様を表4.3-1に、係船柱の仕様を表4.3-2にそれぞれ示す。また、燃料輸送船の配置例及び係船柱の位置を図4.3-1に示す。係留にあたっては、燃料輸送船の位置及び係留索の水平角を固定するため、船首側及び船尾側に各2本ずつ（計4本）係留索を使用する。

LLW輸送船は燃料輸送船と同様に津波来襲時に荷揚場へ係留することとなるが、表4.3-1に示すとおり輸送船仕様は燃料輸送船と同等である。また、係留索の仕様のうち耐力評価に使用する係船機ブレーキ力は燃料輸送船の値を上回っていることから、燃料輸送船を代表に評価する。

b. 津波条件（流向、水位、流速）

来襲までに時間的余裕がなく、燃料輸送船を離岸できない海域活断層から想定される地震による津波（基準津波4）を対象に津波条件を設定する。

海域活断層から想定される地震による津波（基準津波4）による荷揚場近傍の流向は、図4.3-2に例示するとおり、荷揚場に対する接線方向の成分が支配的となる。これに対し、燃料輸送船は荷揚場と平行して接岸されることから、燃料輸送船の船首及び船尾方向の流圧力に対する係留力について評価を実施する。

一方、海域活断層から想定される地震による津波（基準津波4）の荷揚場近傍における水位及び接線方向成分の流速は、図4.3-3のとおりとなる。この図より、地震発生後、押し波が5分程度継続した後、引き波に転じ約6分で第一波の最低点に

達し、この時の流速が最大の 2.3m/s に達することが分かる。

なお、図 4.3-3 に示した津波の流速は、防波堤の損傷を想定した場合における流速であり、防波堤の損傷を想定しない場合（防波堤健全の条件）でも、接線方向成分の流速は、図 4.3-4 に示すとおり、流速条件は防波堤損傷状態における流速と同程度である。

c. 係留力

係留力の計算方法を表 4.3-3 に、計算結果を表 4.3-4、図 4.3-5 及び図 4.3-6 にそれぞれ示す。

d. 流圧力

流圧力の計算方法を表 4.3-5 に示す。また、前項で算出した係留力との比較結果を図 4.3-7 に示す。

(3) 結論

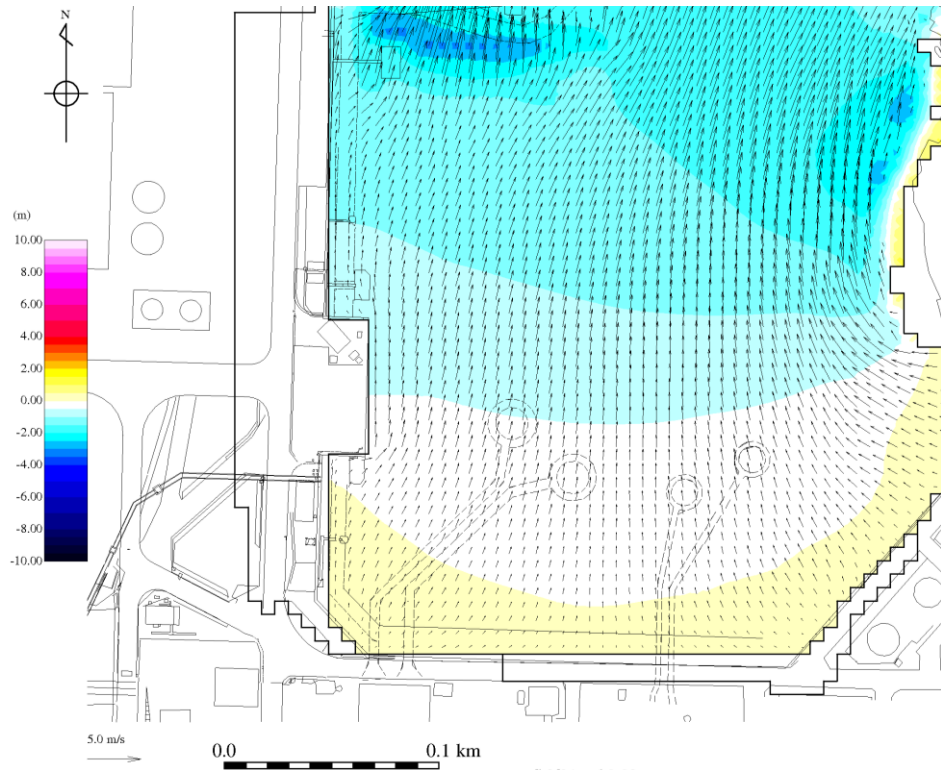
津波（最大流速 2.3m/s）による流圧力に対し、係留力（約 23.1tonf、約 21.7tonf）が上回ることを確認した。

表 4.3-1 燃料等輸送船及び係留索の仕様

項目		仕様	
		燃料輸送船	L L W輸送船
輸送船	総トン数	約 5,000 トン	約 4,600 トン
	載貨重量トン	約 3,000t	約 3,000t
	喫水	約 5m	約 5m
	全長	100.0m (垂線間長 : 94.4m)	99.95m
	型幅	16.5m	16.5m
	形状	(図 4.3-1 参照)	—
	船殻構造	二重構造	二重構造
	船底構造	二重構造	二重構造
船型	船首楼・ 船尾楼付平甲板船	船首楼・ 船尾楼付平甲板船	
係留索	直径	60mm (ノミナル値)	60mm
	素材種別	Polyethylene Rope Grade 1	ポリプロピレン/ ポリエステル混紡
	破断荷重	279kN (キロニュートン) =28.5tonf	348kN (キロニュートン) =35.5tonf
	係船機ブレーキ 力	28.5tonf×0.7≒20.0tonf	35.5tonf×0.7≒25.0tonf

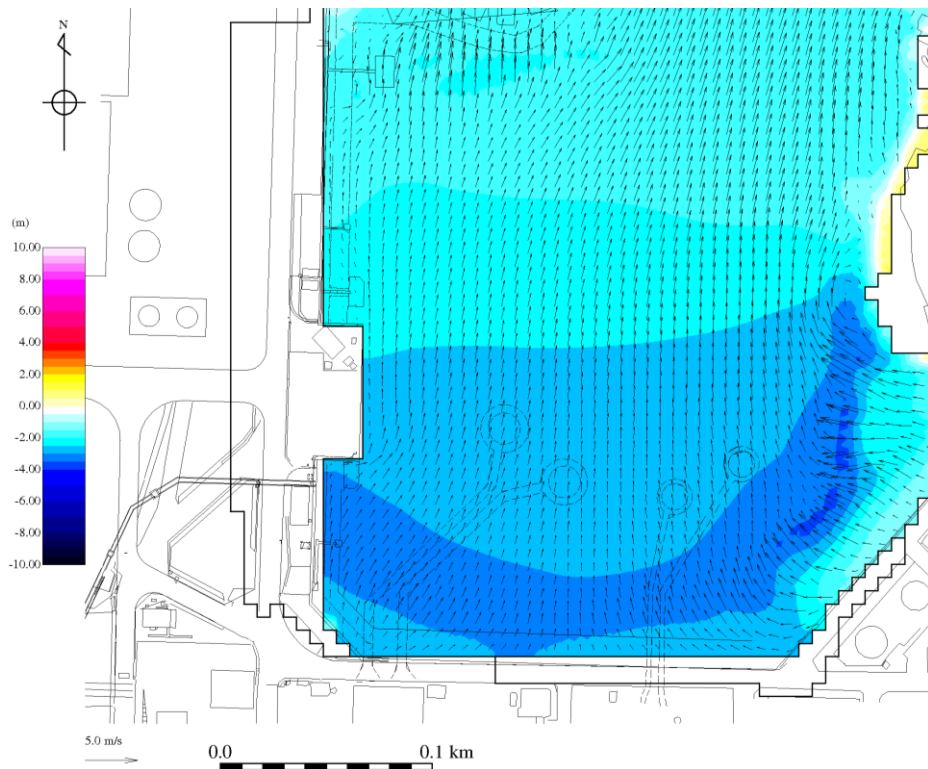
表 4.3-2 係船柱の仕様

項目		仕様
係船柱	形状	(図 4.3-1 参照)
	ビット数, 位置	(図 4.3-1 参照)
	係留状態	(図 4.3-1 参照)
	強度	25t



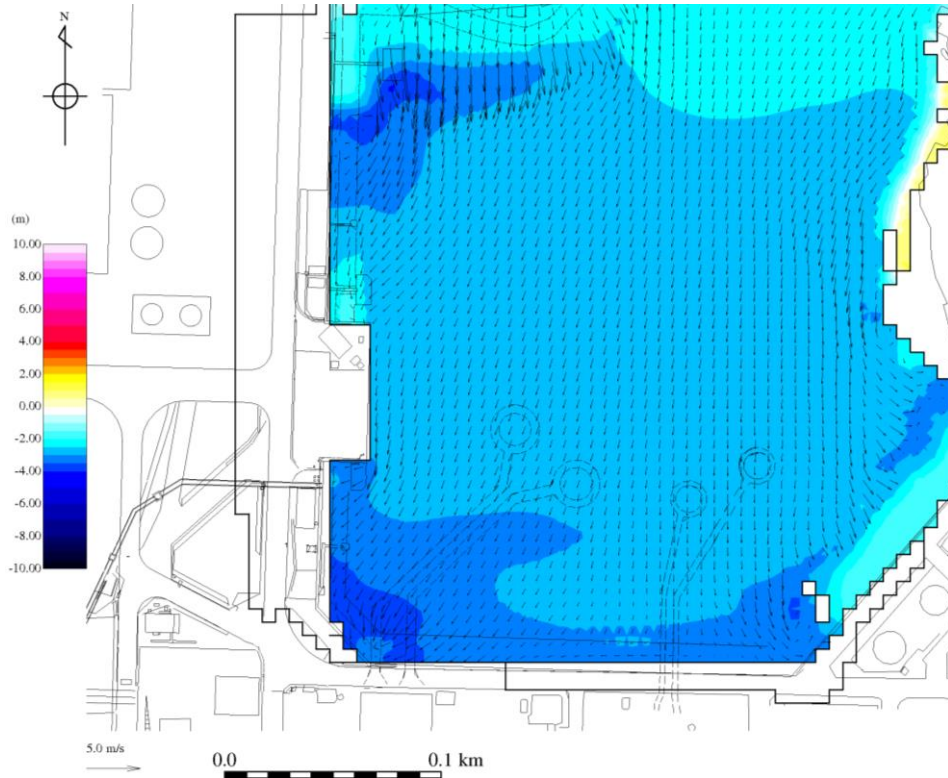
(地震発生後 5 分 50 秒後)

図 4.3-2(1) 基準津波 4 の流向



(地震発生後 6 分 10 秒後)

図 4.3-2(2) 基準津波 4 の流向



(地震発生後 6 分 50 秒後)

図 4.3-2(3) 基準津波 4 の流向

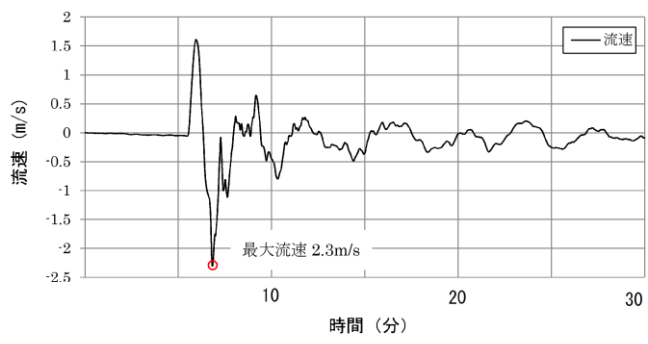
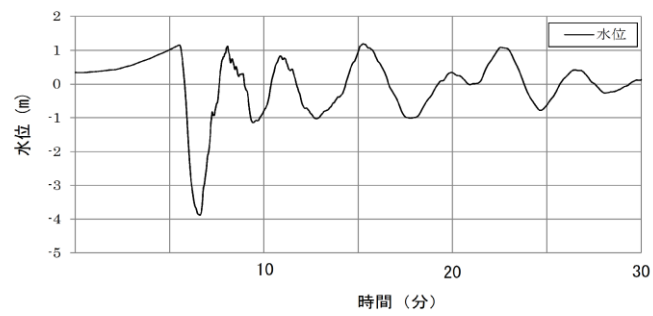


図 4.3-3 基準津波 4 の流速 (荷揚場近傍)

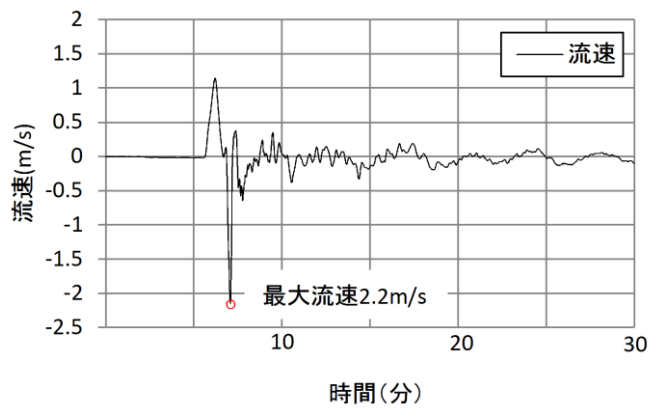
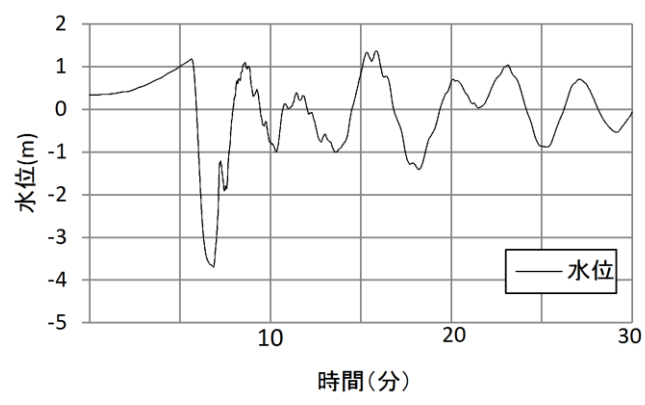


図 4.3-4 防波堤健全時における基準津波 4 の流速 (荷揚場近傍)

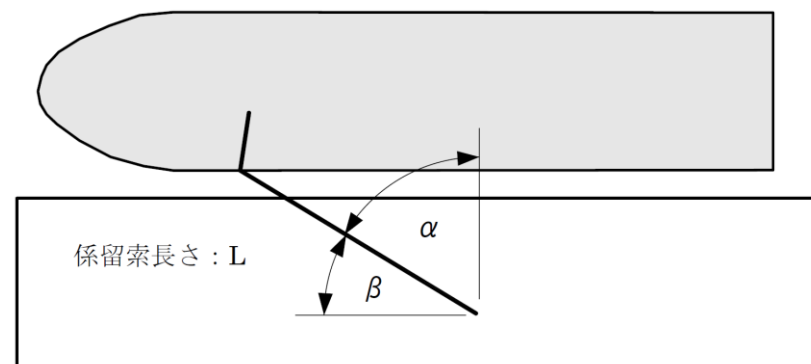
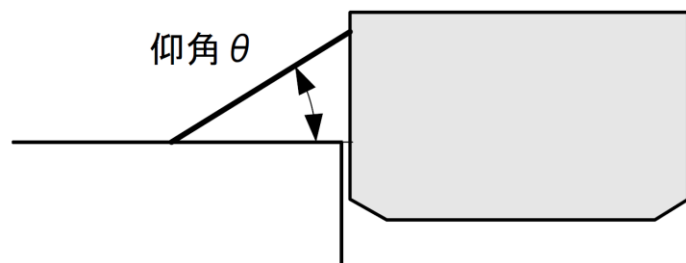
表 4.3-3 係留力の計算方法

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

(出典 : 係留設備に関する指針 OCIMF 刊行)

表 4.3-4 係留力の計算結果

フェアリーダ	索種類	係船柱	係留索長さ(m)		係留角(deg)		索張力T (tonf)	係留力 前後 (tonf)	Bitt Performance(tonf)	
			船外		θ	β			Bitt Load	係船柱 強度
FL1	Line1	B16	49.2		0.7	48.3	20.0	3.7	20.0	25.0
FL2	Line2	B3	19.3		3.3	-8.8	20.0	19.7	20.0	25.0
FL3	Line3	B14	13.8		3.7	14.0	20.0	19.4	20.0	25.0
FL4	Line4	B17	40.2		-0.1	-65.9	20.0	2.0	20.0	25.0
								船尾方向係留力 23.1		
								船首方向係留力 21.7		



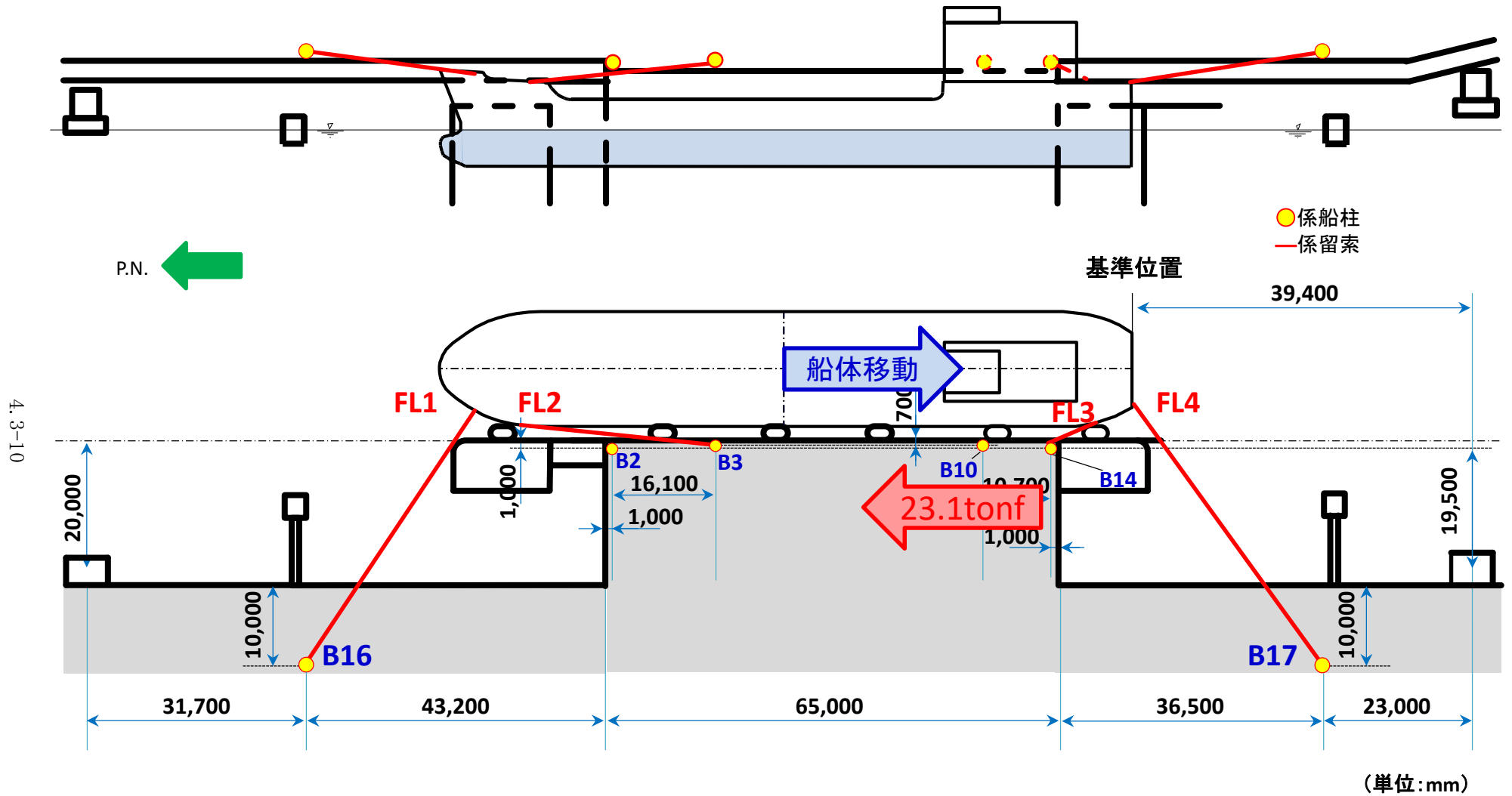


図 4.3-5 船尾方向への移動に対する船首方向係留力

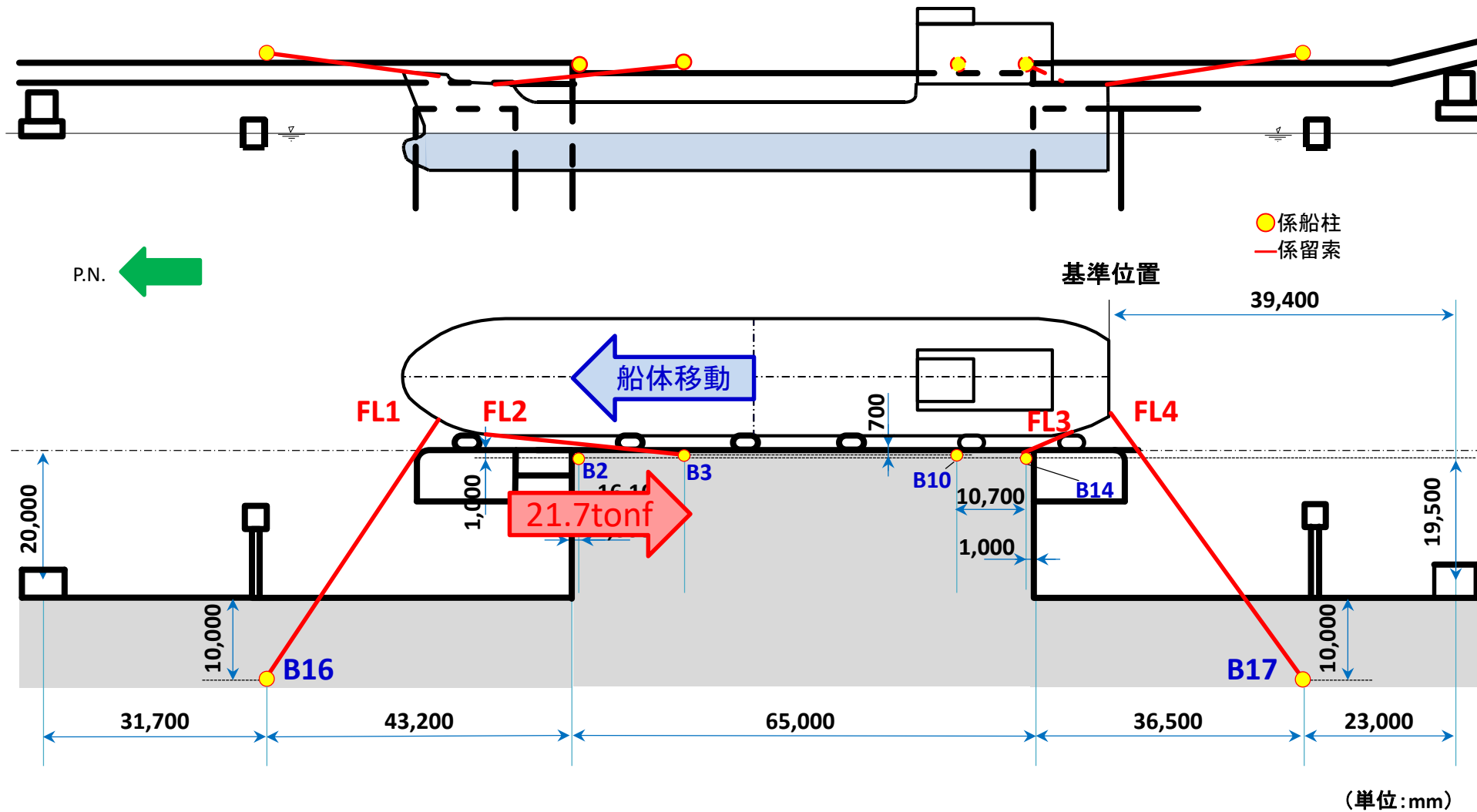
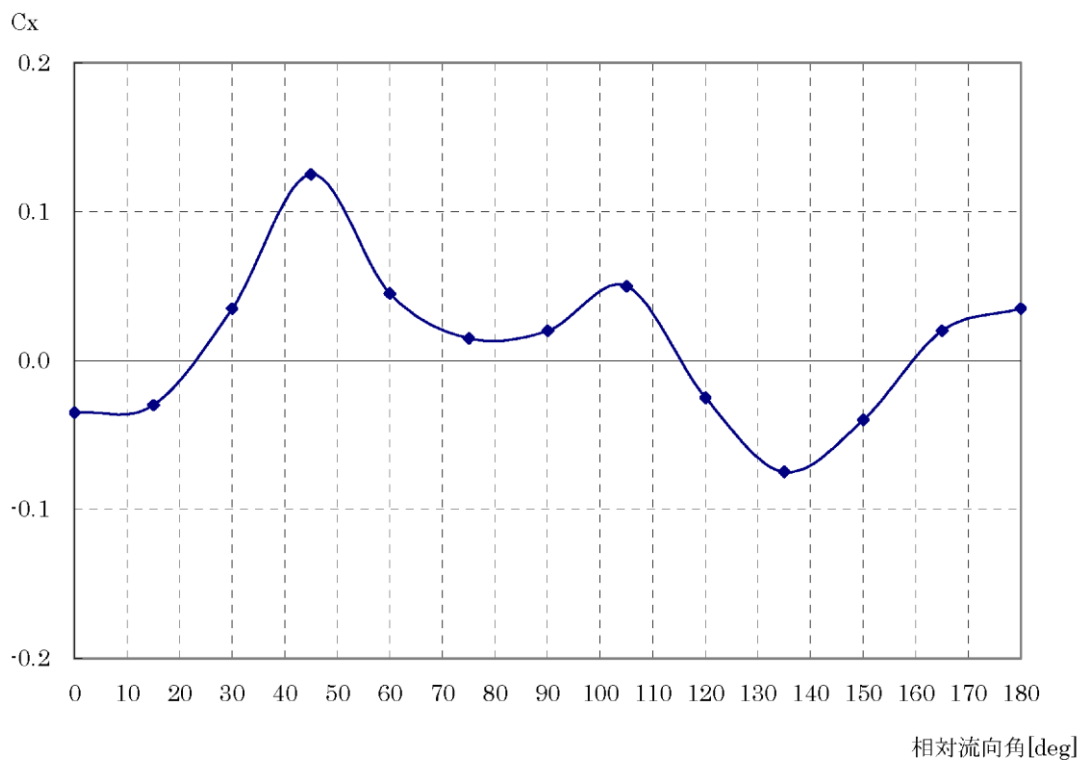


図 4.3-6 船首方向への移動に対する船尾方向係留力

表 4.3-5 流圧力の計算方法

<p>【流圧力計算式】</p> $F_{xc} = \frac{1}{2} \times C_{xc} \times \rho_c \times V_c^2 \times L_{pp} \times d$	<p>F_{xc} : 縦方向流圧力(kgf)</p> <p>C_{xc} : 縦方向流圧力係数 (船尾方向 : 0.13, 船首方向 : 0.08) *</p> <p>V_c : 流速(m/s) (=2.3m/s)</p> <p>L_{pp} : 垂線間長(m) (=94.4m)</p> <p>d : 喫水(m) (=5.4m)</p> <p>ρ_c : 水密度(kg・s²/m⁴) (=104.5kg・s²/m⁴)</p> <p>注記* : 下図より, 船尾方向流圧力の算出には相対流向角 0° ~90° における最大値(絶対値)を, 船首方向流圧力の算出には相対流向角 90° ~180° における最大値(絶対値)を用いて安全側に計算を行う</p>
---	---

(出典 : 係留設備に関する指針 OCIMF 刊行)



(出典 : VLCC における風圧及び流圧の予測 OCIMF 刊行)

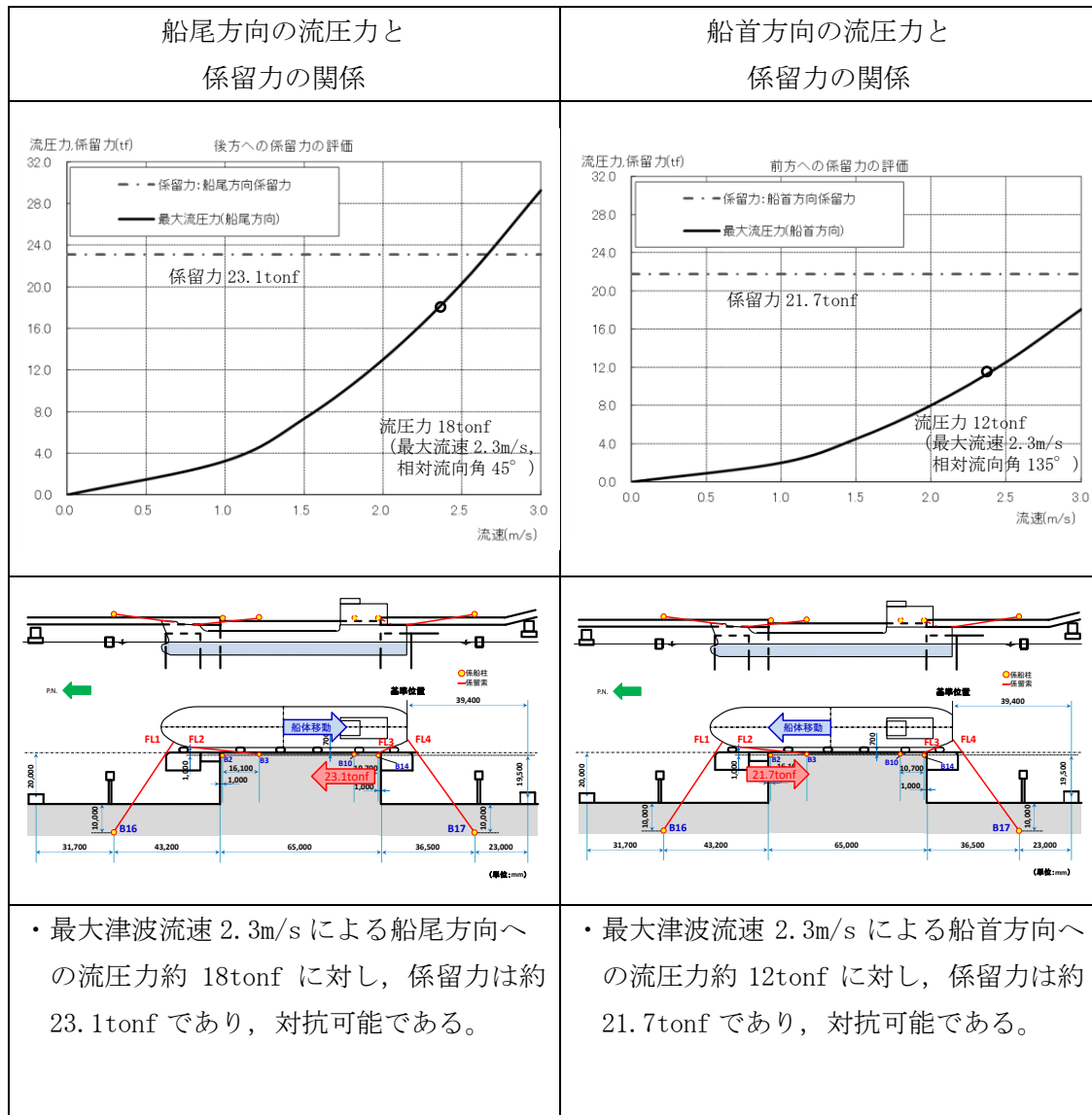


図 4.3-7 流圧力と係留力の比較

4.4 燃料等輸送船の喫水と津波高さの関係

目 次

4.4.1	はじめに	1
4.4.2	確認条件	1
4.4.3	確認結果	3
4.4.4	結論	5
4.4.5	L L W輸送船の評価	5

別紙 燃料等輸送船の着底時の転覆の可能性について

4.4 燃料等輸送船の喫水と津波高さの関係

4.4.1 はじめに

燃料等輸送船は、津波警報等発令時、原則、緊急退避するが、津波の来襲までに時間的な余裕がなく緊急退避が困難な場合について、燃料等輸送船の喫水高さと津波高さとの関係に基づき、押し波に対して荷揚場に乗り上げるのではないこと、引き波に対して座礁、転覆するおそれのないことを確認する。また、緊急退避が可能であった場合についても、退避中に引き波により、座礁、転覆するおそれのないことを確認する。

4.4.2 確認条件

燃料等輸送船は、津波警報等発令時、原則、緊急退避する。輸送行程（「荷揚場岸壁への接岸」～「荷役」～「荷揚場岸壁からの離岸」）において、燃料等輸送船と輸送物の干渉がない「荷役」以外の行程においては、津波警報等の発令から数分程度で緊急退避が可能である。また、燃料等輸送船と輸送物が干渉し得る「荷役」行程では、30分程度の時間があれば緊急退避が十分可能であることから、確認の範囲は、早く来襲する海域活断層から想定される地震による津波で水位変化が一番大きい押し波、引き波を評価対象とする。

(1) 検討ケース

燃料等輸送船が停泊する荷揚場における海域活断層から想定される地震による津波の波形を図 4.4-1 及び図 4.4-2 に示す。押し波時の最大水位は T.P. 2.10m, 引き波時の最低水位は T.P. -4.07m である。

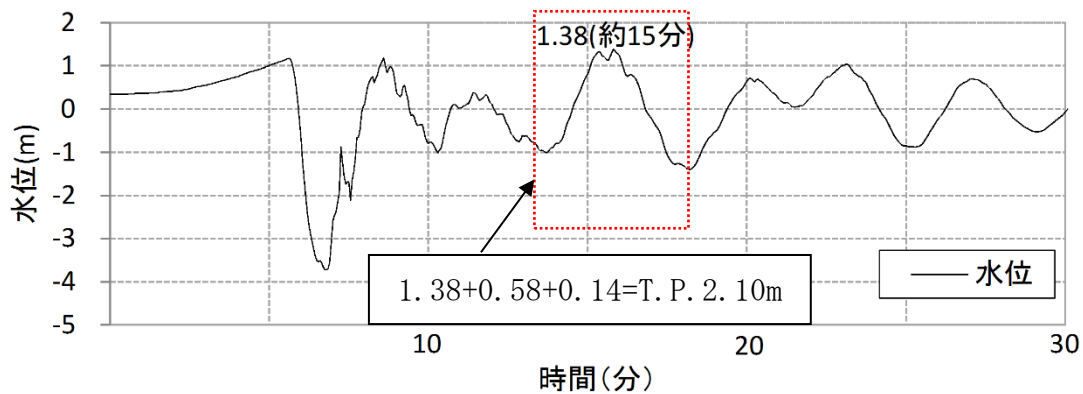


図 4.4-1 基準津波 4 による荷揚場での時刻歴波形
(水位上昇側)

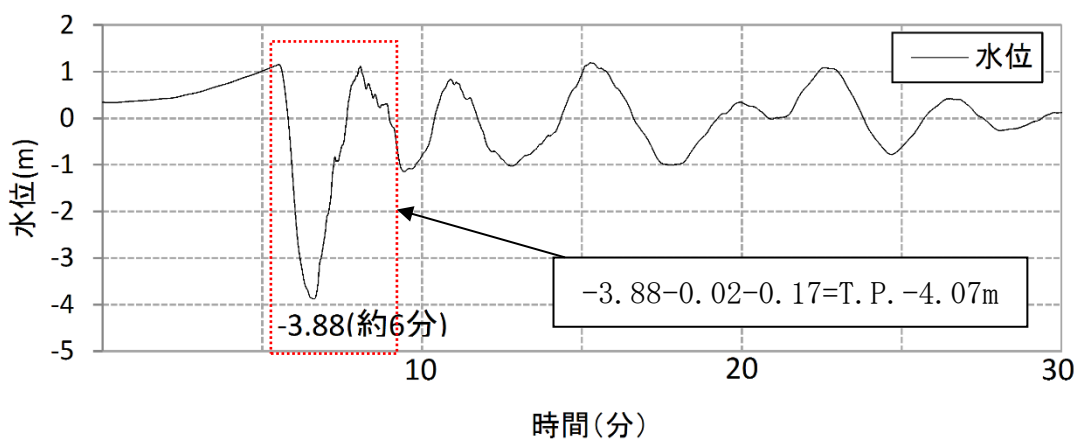


図 4.4-2 基準津波 4 による荷揚場での時刻歴波形
(水位下降側)

4.4.3 確認結果

(1) 押し波による岸壁への乗り上げ評価

押し波による津波高さと岸壁高さ及び喫水高さの関係を図 4.4-3 に示す。

押し波による津波高さは岸壁高さを下回ることから、燃料等輸送船は岸壁に乗り上げることはないことを確認した。

なお、地震により地盤の隆起が考えられるが、安全側に考慮しないものとする。

①津波高さ		
・押し波水位	T. P. 1.38m	
・朔望平均満潮位	T. P. 0.58m	
・潮位のばらつき	0.14m	
合計	T. P. 約 2.10m	
②津波来襲時岸壁高さ		
・岸壁高さ (通常時)	T. P. 6.00m	

② - ① = 3.90m

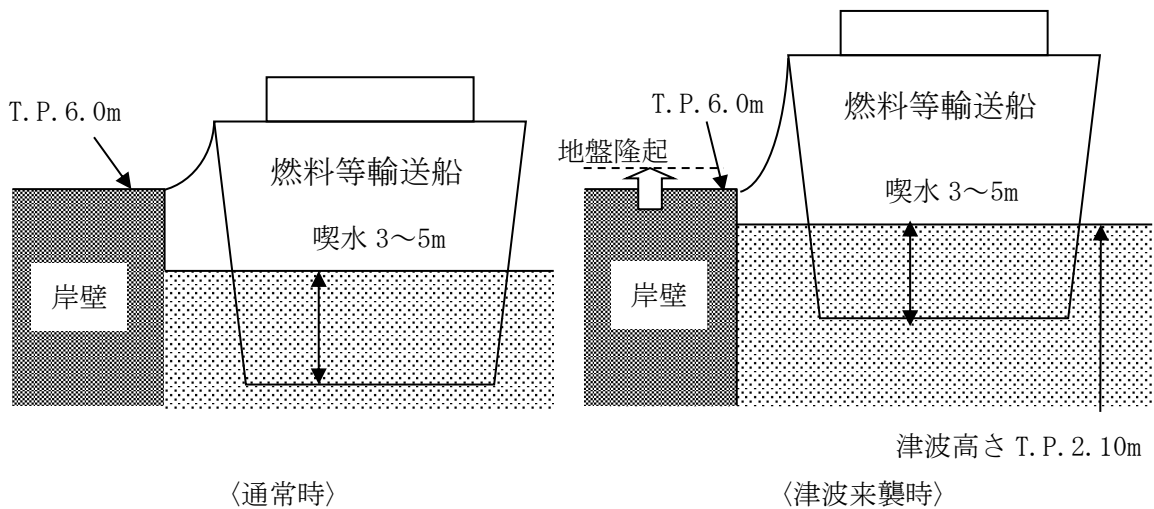


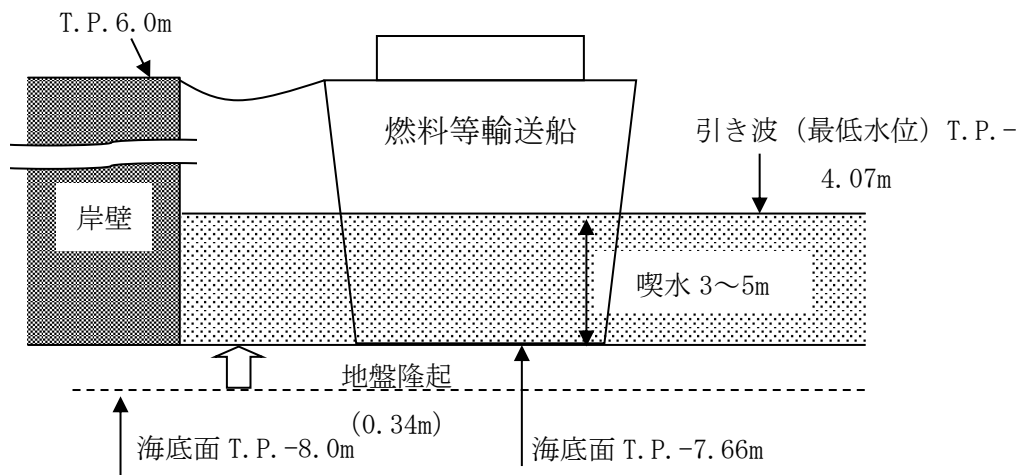
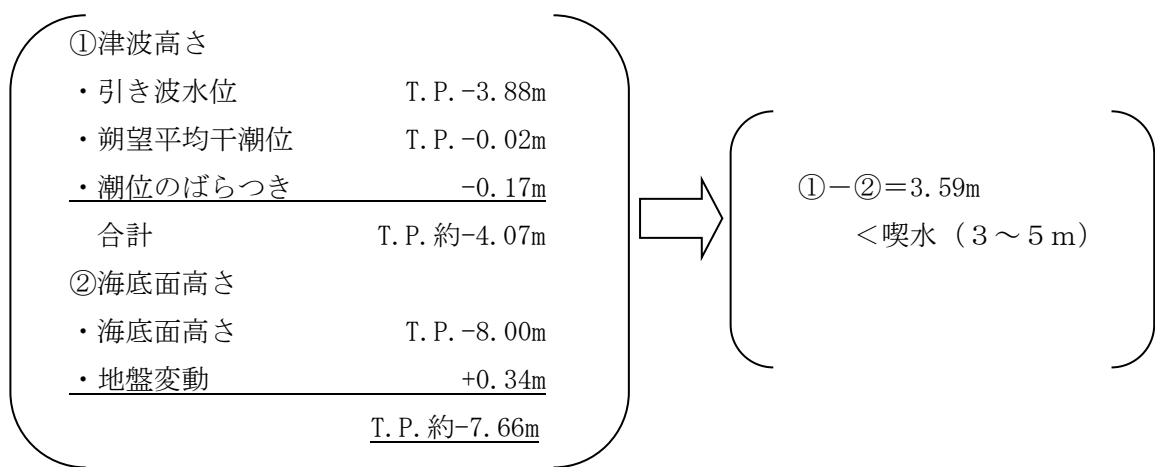
図 4.4-3 押し波による津波高さと岸壁高さ及び喫水高さの関係

(2) 引き波（着底評価）

引き波による津波高さと喫水高さの関係を図 4.4-4 に示す。

これにより、燃料等輸送船は引き波のピークの際には一時的に着底し得ることが示されるが、この場合も、以下の理由により座礁、転覆することはない（漂流物とならない）。

- ・一時的な着底があったとしても、燃料等輸送船は二重船殻構造等、十分な船体強度を有しており、水位回復後に退避が可能である。
- ・また、着底後の引き波による流圧力、あるいは水位回復時の押し波による流圧力に対する転覆の可能性については、燃料等輸送船の重量及び扁平な断面形状より、その可能性はない。



〈早い津波（引き波）時〉

図 4.4-4 引き波による津波高さと喫水高さの関係

4.4.4 結論

朔望平均満潮位，干潮位等の保守的な条件を考慮した場合でも，燃料等輸送船は，津波高さと喫水高さの関係から寄せ波により荷揚場岸壁に乗り上げることはなく，また，緊急退避ができない場合でも，引き波により一時的に着底することが考えられるが，船体は二重船殻構造等，十分な強度を有しており，水位回復後に退避が可能であり，漂流物とならないことを確認した。

4.4.5 LLW輸送船の評価

LLW輸送船については，その船体仕様が以下に示すように燃料等輸送船とほぼ同じ仕様であることから，その評価及び結果についても燃料等輸送船の評価結果及び結論に包含される。

表 4.4-1 LLW輸送船と燃料等輸送船の概略仕様

項目	仕様		各評価結果への影響			
	LLW輸送船	燃料等輸送船	乗上げ	座礁	転覆	
船体	全長	99.95m	100.0m	—	—	—
	全幅	16.5m	16.5m	—	—	同等
	喫水	5.4m	5m	安全側	—	同等
	船殻構造	二重構造	二重構造	—	同等	同等
	船底構造	二重構造	二重構造	—	同等	同等

以上の船体仕様比較結果より，LLW輸送船の物揚場への乗上げ，港湾内での座礁，転覆の評価については，燃料等輸送船と同等の評価結果が想定されることから，燃料等輸送船の評価結果に包含されるものとする。

燃料等輸送船の着底時の転覆の可能性について

本別紙では、燃料等輸送船が荷揚場における停泊時に引き波により着底することを想定し、その際の転覆の可能性について評価する。ここでは、転覆の可能性の観点から、転覆しやすいよう重心位置が高くなる積荷がない場合の評価結果を示す。

1. 評価条件

(1) 燃料等輸送船の仕様・形状

燃料等輸送船の仕様を表 1 に、外形図を図 1 及び図 2 に示す。

表 1 燃料等輸送船の仕様

項目	仕様
満載排水量	約 7,000 トン (空荷状態 ; 約 4,000 トン)
載貨重量トン	約 3,000 トン
喫水	約 5m
全長	100.0m (垂線間長 : 94.4m)
型幅	16.5m

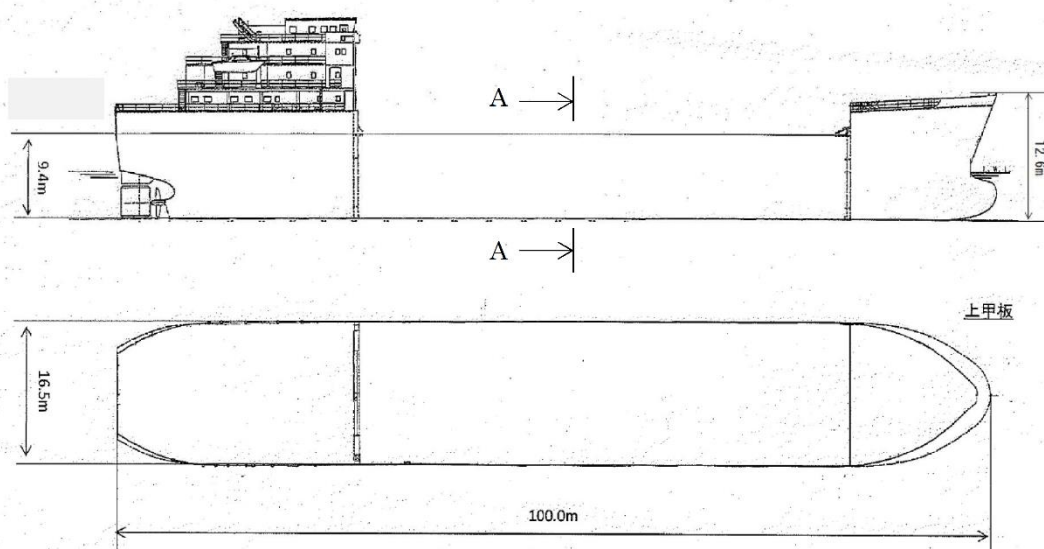


図 1 燃料等輸送船外形図

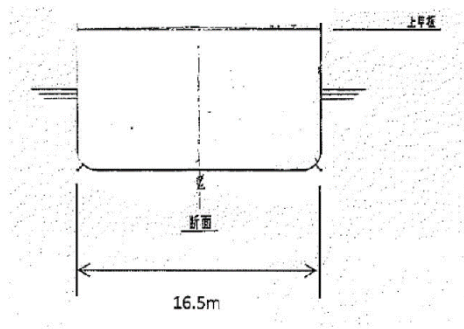


図2 燃料等輸送船外形図（A-A断面）

(2) 転覆モード

小型の船舶の場合、丸型やV型の船底を有しているものがある。このような船舶の場合、図3に示すとおり引き波により着底した際には傾きが発生し、この状態で津波による流圧力を受けると転覆する可能性がある。

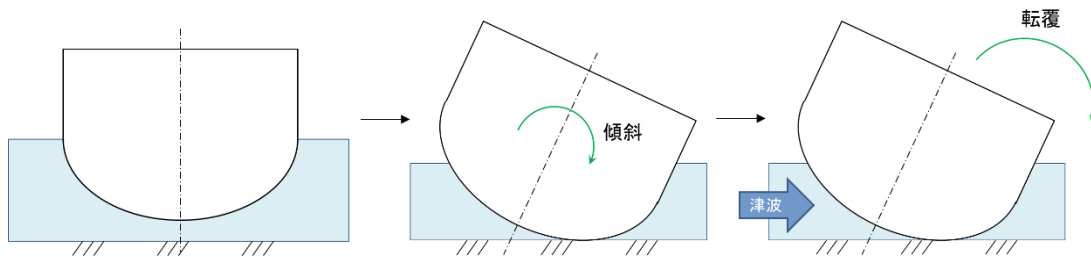


図3 丸型の船底を有する船舶の着底状態

一方、燃料等輸送船は一般のタンカーなどと同様に図2で示したとおり、断面形状が扁平であり船底が平底型である。このため、引き波により着底した場合にも傾くことなく安定していると考えられるが、ここでは保守的に、図4に示すように燃料等輸送船が津波を受けた際に船底の端部が海底に引っ掛かり、船底端部周りに回転する状況を想定し、転覆の可能性の評価を行うものとする。

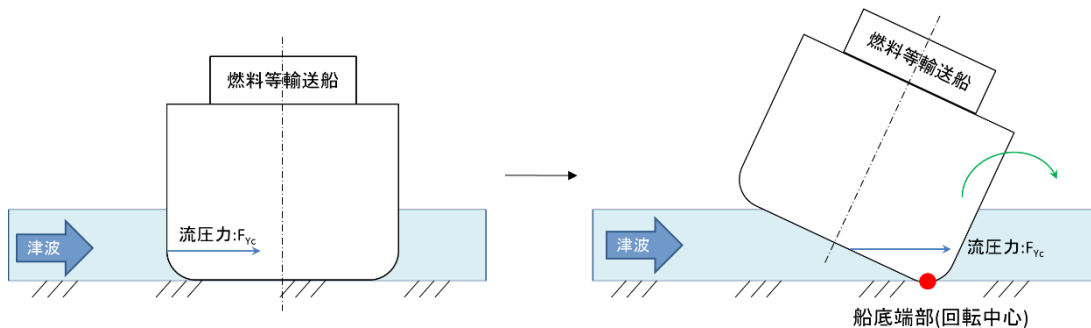


図4 想定転覆モード

2. 転覆評価

図4の転覆モードにおいて燃料等輸送船に働く力とモーメントを図5に示す。

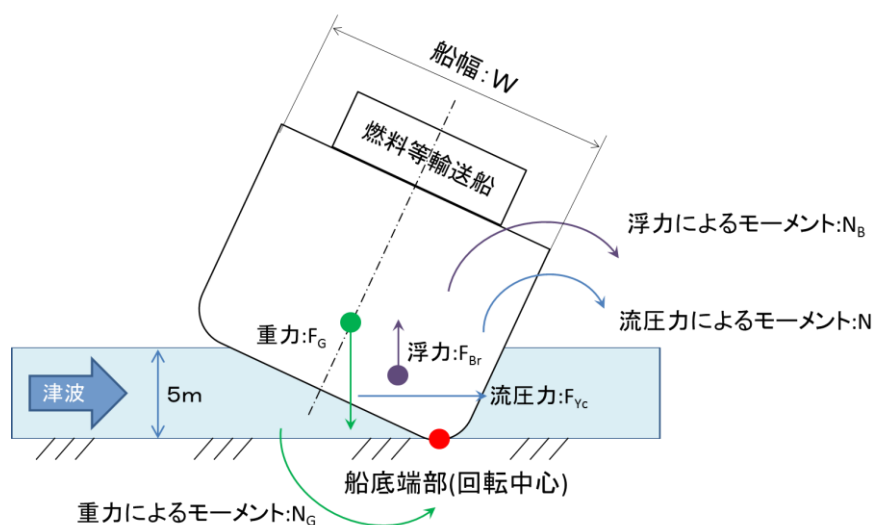


図5 燃料等輸送船に働く力とモーメント

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

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

重力によるモーメント N_G は次式のとおりとなる。

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

N_G : 重力によるモーメント [tonf・m]

F_G : 燃料等輸送船の重量 (=空荷状態重量) [tonf] (=4,000)

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

次に流圧力によるモーメント N は次式にて計算できる。

$$N = F_{Yc} \times W \div 2$$

$$= F_{Yc} \times d \div 2$$

N : 流圧力によるモーメント [tonf・m]

F_{Yc} : 流圧力 [tonf]

W : 水位 [m]

d : 喫水 [m] (=5)

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

また、横方向の流圧力 F_{Yc} を表 2 に示す方法で計算する。

表 2 横方向流圧力の計算方法¹⁾

<p>【流圧力計算式】</p> $F_{Yc} = \frac{1}{2} \times C_{Yc} \times \rho_c \times V_c^2 \times L_{PP} \times d$	<p>F_{Yc} : 横方向流圧力 [kgf]</p> <p>C_{Yc} : 横方向流圧力係数</p> <p>V_c : 流速 [m/s]</p> <p>L_{PP} : 垂線間長 [m] (=94.4)</p> <p>d : 喫水 [m] (=5)</p> <p>ρ_c : 水密度 [kgf・sec²/m⁴] (= 104.7kgf・sec²/m⁴)</p>
---	---

このとき、流速は図 6 に示す基準津波の最大流速 2.3m/s を適用し、横方向流圧力係数を図 7 より 10 と仮定する。

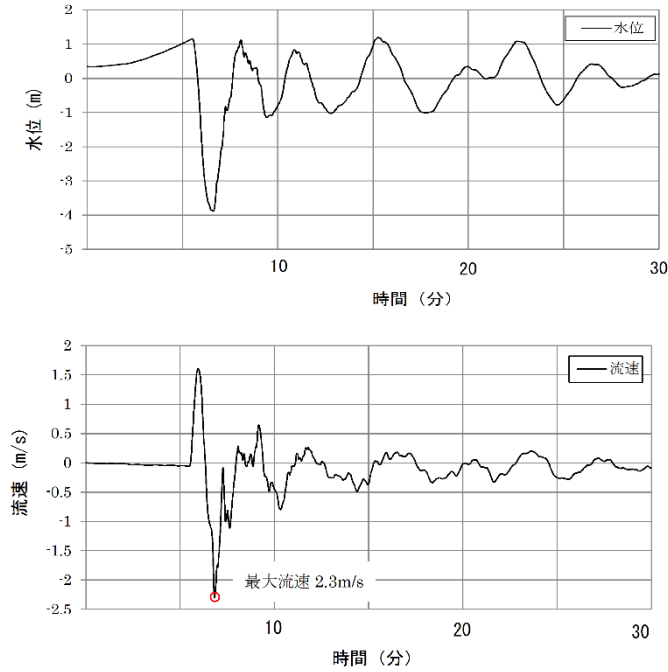


図6 基準津波4の流速（荷揚場近傍）

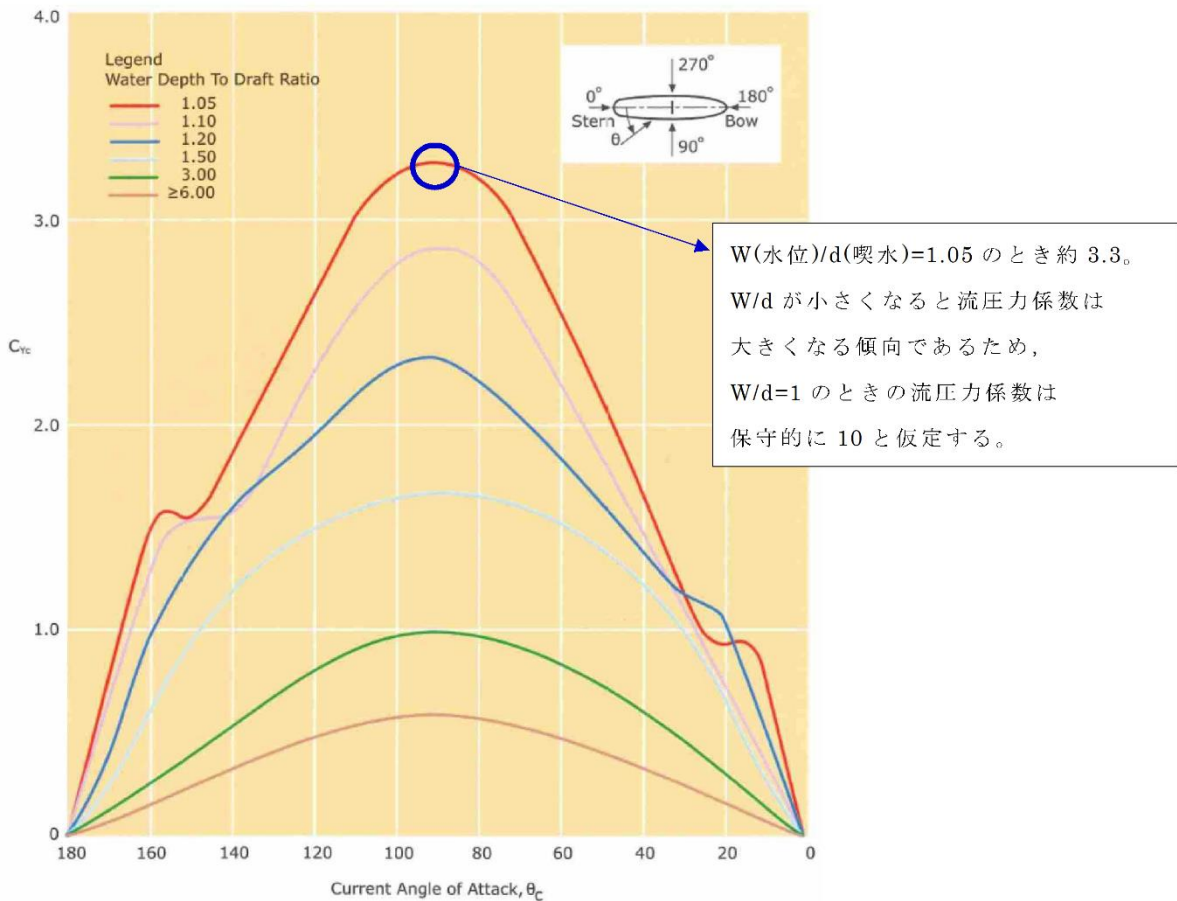


図7 横方向の流圧力係数¹⁾

参考文献

- 1) OCIMF : Mooring Equipment Guidelines 3rd Edition, pp.178, pp.190, pp.202, 2008.

表 2 より F_{YC} は以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned} F_{YC} &= 1 \div 2 \times 10 \times 104.7 \times 2.3^2 \times 94.4 \times 5 \\ &\doteq 1,308,000 \text{ [kgf]} \\ &= 1,308 \text{ [tonf]} \end{aligned}$$

したがって、流圧力によるモーメント N は以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned} N &= F_{YC} \times d \div 2 \\ &= 1,308 \times 5 \div 2 \\ &= 3,270 \text{ [tonf} \cdot \text{m]} \end{aligned}$$

最後に浮力によるモーメント N_B は次式にて評価する。

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

N_B : 浮力によるモーメント [tonf・m]

F_{Br} : 傾いた際の燃料等輸送船の浮力 [tonf] ($\doteq 1,700$)

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

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

$$\begin{aligned} N + N_B &= 3,270 + 5,100 \\ &= 8,370 \text{ [tonf} \cdot \text{m]} < N_G = 18,000 \text{ [tonf} \cdot \text{m]} \end{aligned}$$

3. 結論

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

4.5 漂流物による衝突荷重

目 次

4.5.1	衝突荷重を考慮する施設・設備の選定	1
4.5.2	津波に関するサイト特性	8
4.5.3	衝突荷重として考慮する漂流物の選定	20
4.5.4	浮遊状態の漂流物による衝突荷重の算定方法	31
4.5.5	漂流物による衝突荷重の算定における設計上の配慮	38
4.5.6	漂流物による衝突荷重の算定	40

添付資料 1	島根原子力発電所の周辺海域で操業する漁船	
添付資料 2	津波防護施設に考慮する漂流物の選定	
添付資料 3	島根原子力発電所におけるFRP製船舶に係る衝突解析条件の妥当性	
添付資料 4	FEMA(2012)によるFRP製船舶の衝突荷重	
添付資料 5	建築物荷重指針・同解説(2015)を参考にした静的設計荷重の算定例	
添付資料 6	FRP製船舶の機関部における衝突影響の確認	
添付資料 7	FRP製船舶の衝突解析に関する新規制基準審査実績との比較	
添付資料 8	漂流物衝突荷重算定における総トン数19トン船舶の代表性確認	
添付資料 9	漂流物衝突荷重の載荷方法	
添付資料 10	剛壁配置による衝突荷重への影響確認	
添付資料 11	衝突荷重の非対称性に関する確認	
添付資料 12	衝突解析による荷重評価の保守性	
添付資料 13	FRP製船舶に対する各算定方法による衝突荷重の整理	
添付資料 14	FRP製船舶における衝突荷重の算定に関する先行サイトとの比較	
添付資料 15	枕木による衝突荷重の算定における設計上の配慮及び算定結果	

4.5.1 衝突荷重を考慮する施設・設備の選定

津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備及び漂流防止装置については、各施設・設備の設置位置を踏まえて、防波壁及び防波壁通路防波扉に加え、屋外排水路逆止弁及び漂流防止装置を選定した。

津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備及び漂流防止装置の平面位置図を図4.5.1-1に、漂流物による衝突荷重を考慮する施設・設備の選定フローを図4.5.1-2に、選定結果を表4.5.1-1に、選定された施設・設備の設置概念図を図4.5.1-3に示す。表4.5.1-1より、漂流物による衝突荷重を考慮する施設・設備として、津波防護施設が対象となる。

なお、漂流防止装置は、日本海東縁部に想定される地震による津波来襲時は、船舶（燃料等輸送船）を緊急退避させるため、漂流防止機能に期待しないことから、漂流物の衝突荷重を考慮しないこととする。また、漂流防止装置は、海域活断層から想定される地震による津波の入力津波高さより高い箇所に位置することから、海域活断層の津波による漂流物の衝突荷重を考慮しないこととする。

津波防護施設における、漂流物による衝突荷重を考慮した津波時の検討フローを図4.5.1-4に示す。

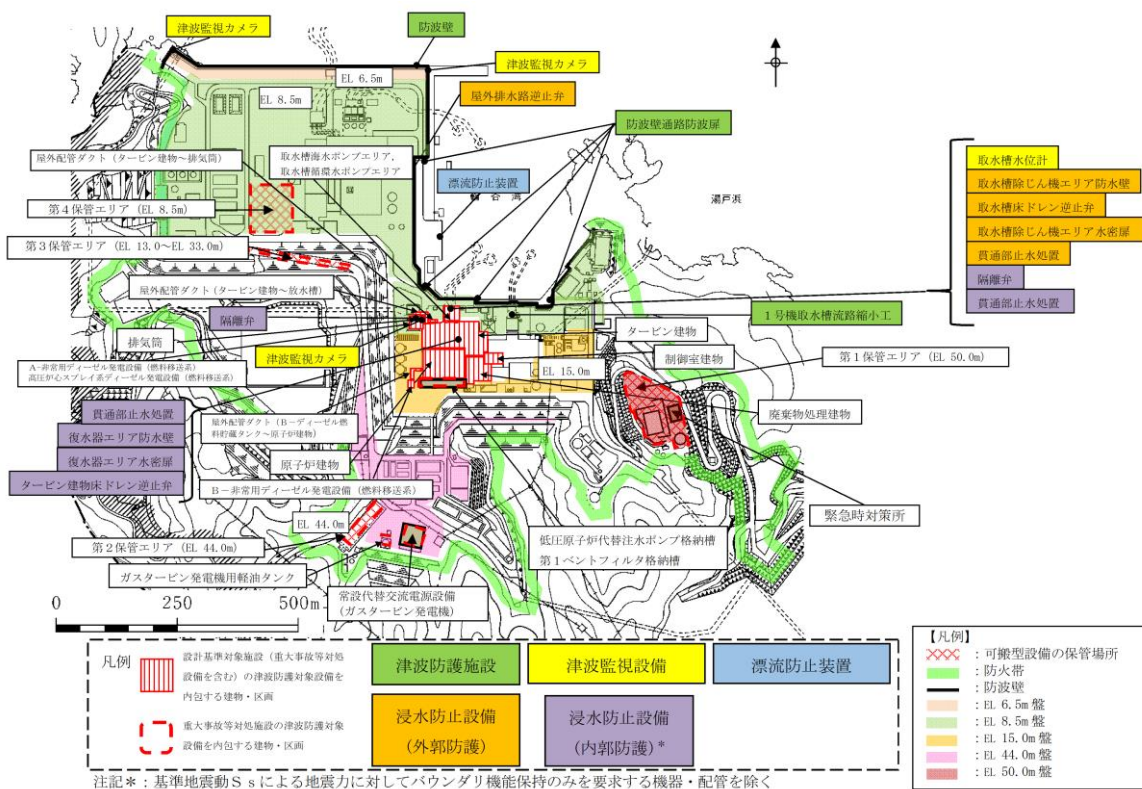


図 4.5.1-1 津波防護施設，浸水防止設備，津波監視設備及び漂流防止装置の平面位置図

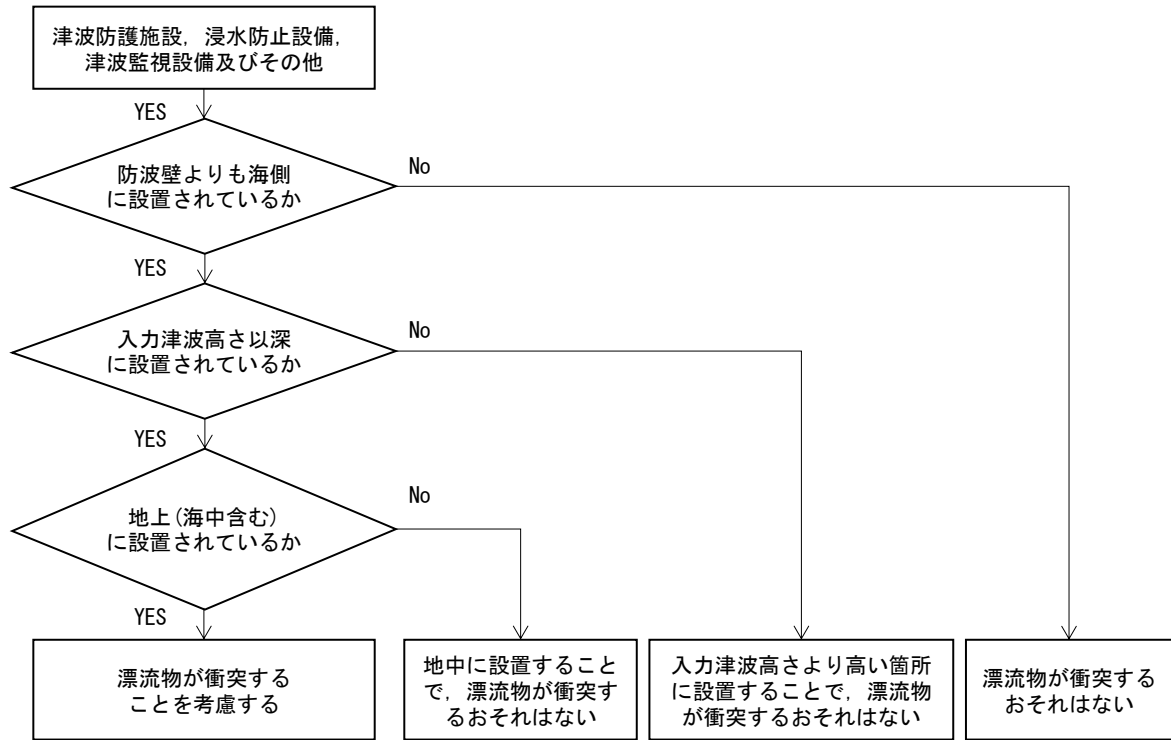


図 4.5.1-2 漂流物による衝突荷重を考慮する施設・設備の選定フロー

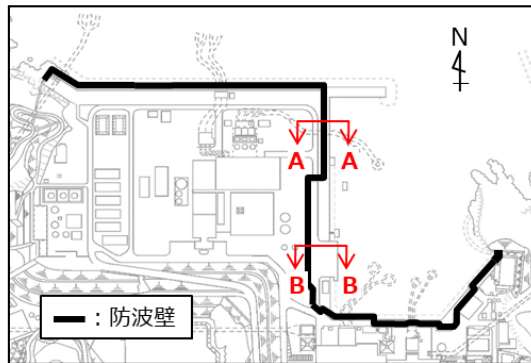
表 4.5.1-1 漂流物による衝突荷重を考慮する施設・設備の選定結果

施設・設備		防波壁よりも海側に設置されているか	入力津波高さ 以深に設置 されているか		地上(海中含む)に設置されているか	評価 (衝突荷重の 考慮)		
津波 防護 施設	防波壁(波返重力擁壁)	—	日本海東縁	以深	地上 (天端標高EL 15.0m)	考慮する		
			海域活断層	以深		考慮する		
	防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	—	日本海東縁	以深	地上 (天端標高EL 15.0m)	考慮する		
			海域活断層	以深		考慮する		
	防波壁(逆T擁壁)	—	日本海東縁	以深	地上 (天端標高 EL 15.0m)	考慮する		
			海域活断層	以上		考慮しない		
	防波壁通路防波扉 (荷揚場南, 3号機東側)	—	日本海東縁	以深	地上 (天端標高 EL 15.0m)	考慮しない*1		
海域活断層			以上	考慮しない				
防波壁通路防波扉 (1号機北側, 2号機北側)	—	日本海東縁	以深	地上 (上端標高 EL 11.7m)	考慮する*2			
		海域活断層	以上		考慮しない			
1号機取水槽流路縮小工		敷地側				考慮しない		
浸水 防止 設備	屋外排水路逆止弁		海側	日本海東縁	以深	地中	考慮しない	
			海域活断層	以深	考慮しない			
			敷地側				考慮しない	
	取水 槽	防水壁	敷地側				考慮しない	
		水密扉	敷地側				考慮しない	
		床ドレン逆止弁	敷地側				考慮しない	
		貫通部止水処置	敷地側				考慮しない	
		隔離弁, ポンプ 及び配管	敷地側				考慮しない	
	ター ビン 建物 他	防水壁	敷地側				考慮しない	
		水密扉	敷地側				考慮しない	
		床ドレン逆止弁	敷地側				考慮しない	
		貫通部止水処置	敷地側				考慮しない	
		隔離弁, 配管	敷地側				考慮しない	
	放水槽	貫通部止水処置	敷地側				考慮しない	
	津波 監視 設備	津波監視カメラ		敷地側				考慮しない
		取水槽水位計		敷地側				考慮しない

注記*1: 防波壁通路防波扉(荷揚場南, 3号機東側)においては, 漂流物の衝突を防止するため, 防波壁通路防波扉の前面に漂流物対策工を設置することから, 漂流物による衝突荷重を考慮しない。なお, 漂流物対策工は漂流物衝突荷重を考慮する。

*2: 防波壁通路防波扉(1号機北側, 2号機北側)は, 防波壁の壁面(海側)より奥まった狭隘な場所に設置するため, 船舶は衝突しない。枕木による漂流物衝突荷重を考慮する。

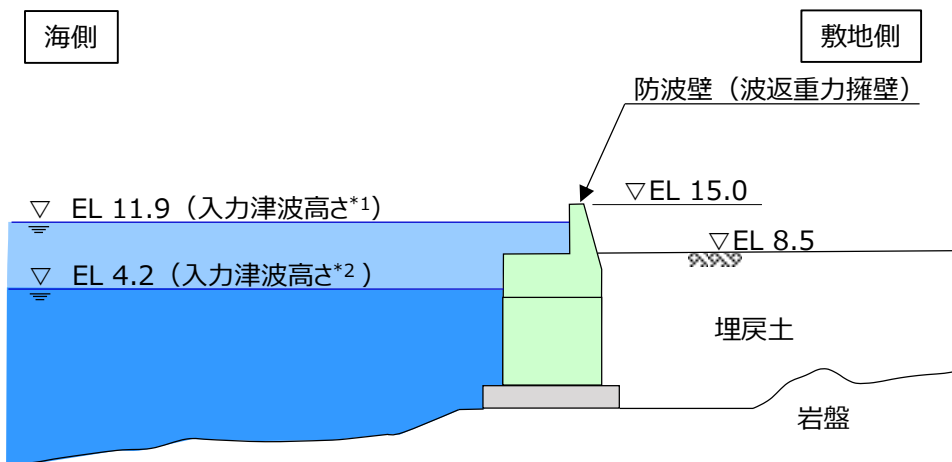
KEY-PLAN



【防波壁（波返重力擁壁）】

A-A断面

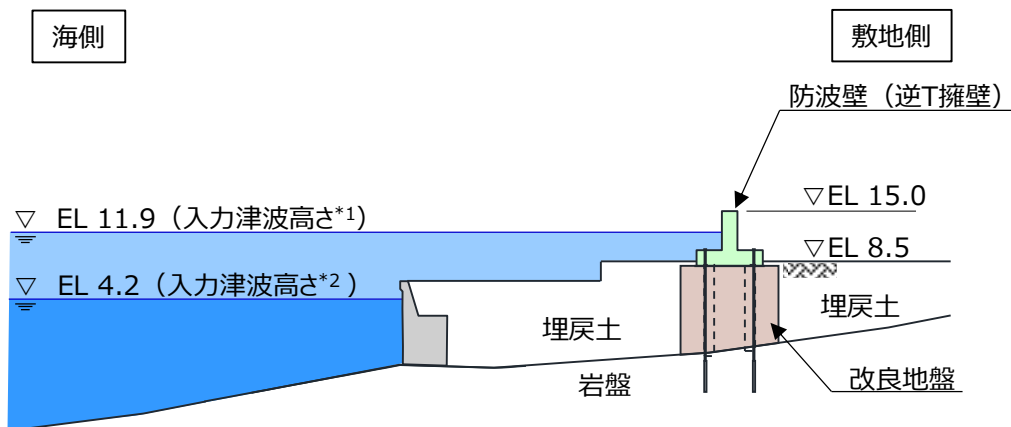
(単位：m)



【防波壁（逆T擁壁）】

B-B断面

(単位：m)

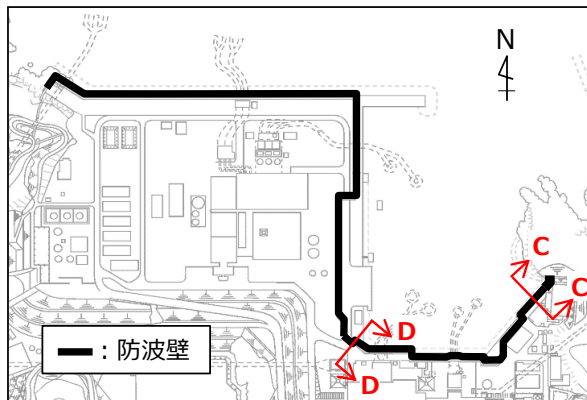


注記*1：日本海東縁部に想定される地震による津波
*2：海域活断層から想定される地震による津波

施設

図 4.5.1-3(1) 漂流物による衝突荷重を考慮する施設・設備の設置概念図

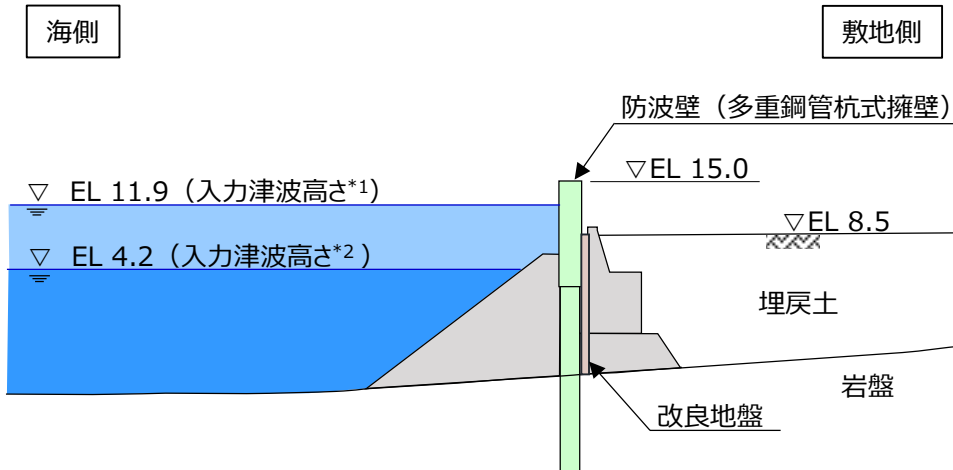
KEY-PLAN



【防波壁（多重鋼管杭式擁壁）】

C-C断面

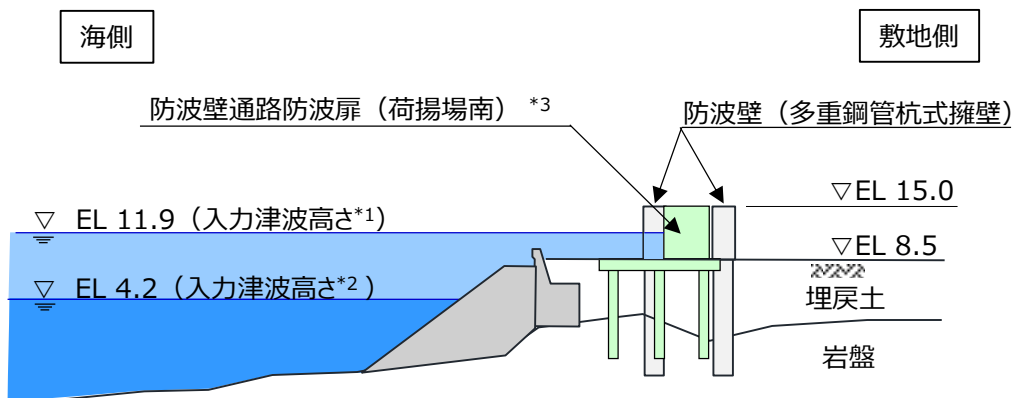
(単位：m)



【防波壁通路防波扉（荷揚場南）】

D-D断面

(単位：m)

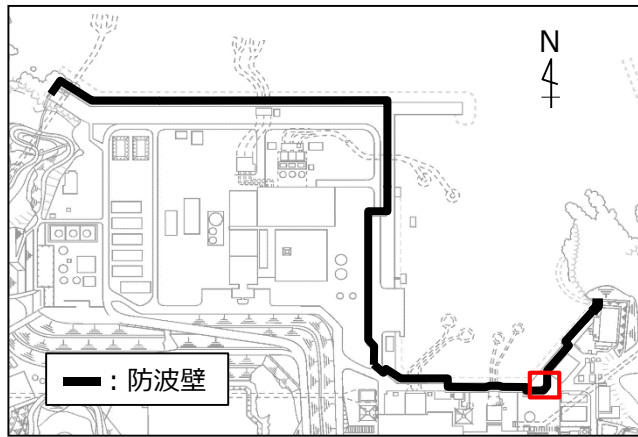


- 注記 * 1 : 日本海東縁部に想定される地震による津波
 * 2 : 海域活断層から想定される地震による津波
 * 3 : 防波壁通路防波扉においては、漂流物の衝突を防止するため、防波壁通路防波扉の前面に漂流物対策工を設置することから、漂流物による衝突荷重を考慮しない。

■ : 施設

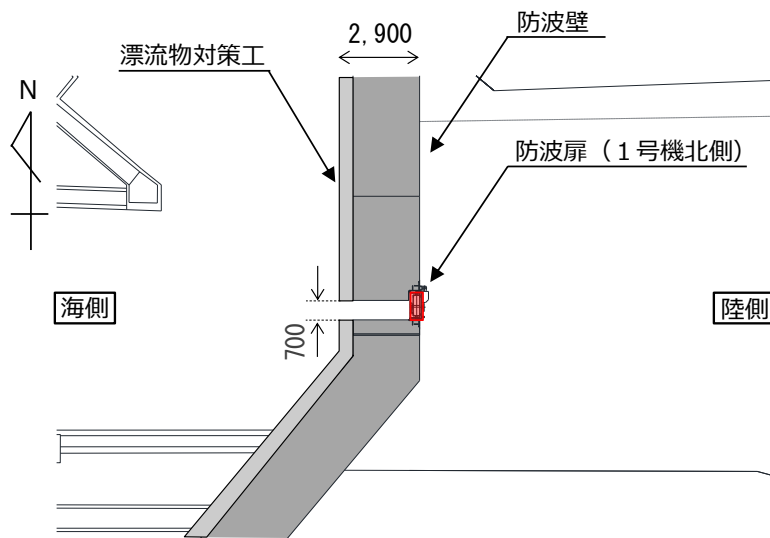
図 4.5.1-3(2) 漂流物による衝突荷重を考慮する施設・設備の設置概念図

KEY-PLAN



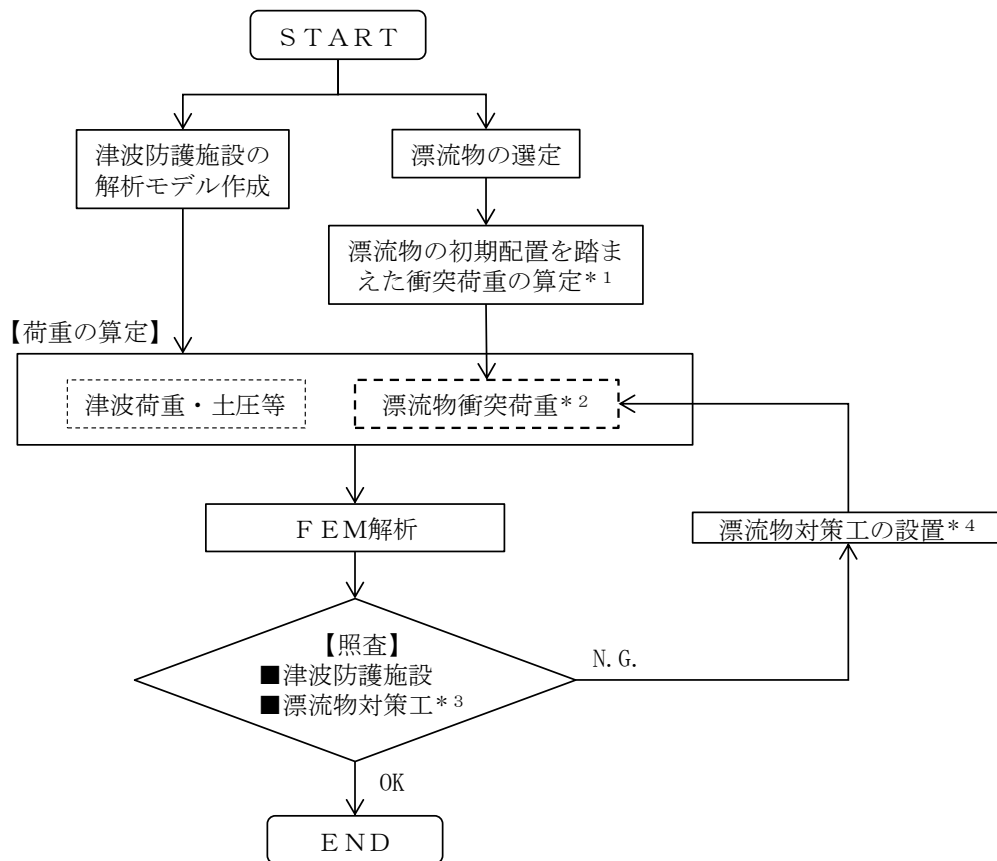
【防波壁通路防波扉（1号機北側）位置図（平面図）】

(単位：mm)



注：防波扉（1号機北側，2号機北側）は，防波壁の壁面（海側）より奥まった狭隘な場所に設置するため，船舶は衝突しない。枕木による漂流物衝突荷重を考慮する。

図 4.5.1-3(3) 漂流物による衝突荷重を考慮する施設・設備の設置概念図



- 注記*1：漂流物衝突荷重の算定方法の選定は図4.5.4-1を参照
 *2：漂流物対策工を設置する場合、漂流物対策工による荷重分散を考慮する。
 又は漂流物衝突荷重を考慮しない。
 *3：漂流物対策工を設置する場合、漂流物対策工の照査を実施
 *4：漂流物対策工の仕様設定及びモデル作成

図 4.5.1-4 津波防護施設における津波時の検討フロー

4.5.2 津波に関するサイト特性

(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、図4.5.2-1に示す。

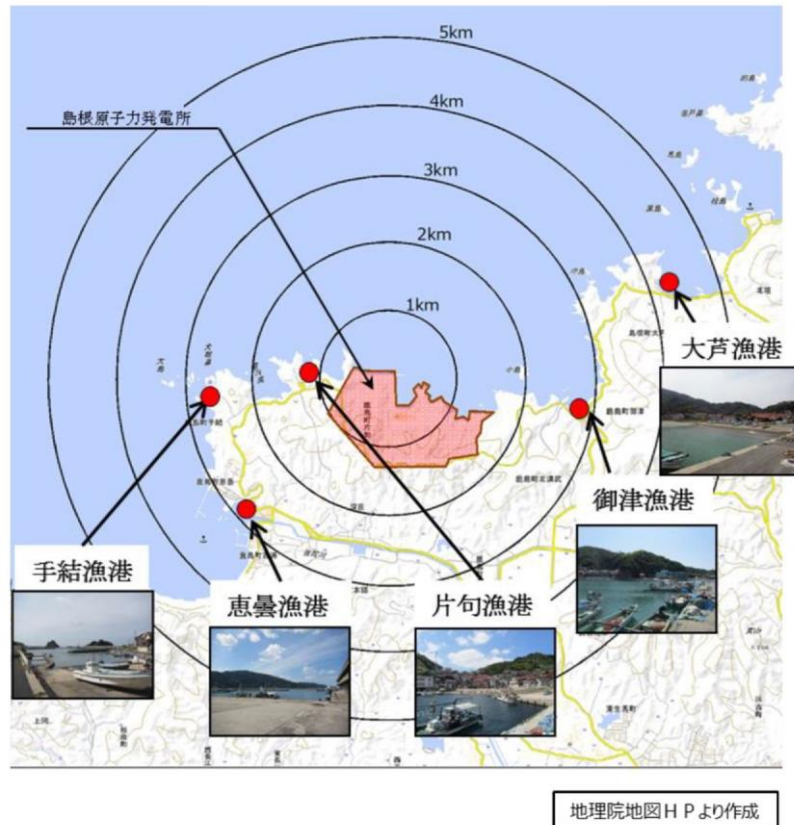


図4.5.2-1 発電所周辺の地形

(2) 敷地及び敷地周辺に来襲する津波の特性（流速及び水位）の把握

敷地及び敷地周辺に来襲する津波の特性については、「4.1 設計に用いる遡上波の流速」及び「4.2.1.1 b. 敷地及び敷地周辺に来襲する津波の特性の把握」に示すとおりである。

これらの特性のうち漂流物による衝突荷重の算定及び作用位置の設定に用いる内容を以下に示す。

a. 漂流物による衝突荷重の算定に用いる流速

(a) 日本海東縁部に想定される地震による津波の最大流速

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、基準津波1（防波堤有り）により 9.3m/s が抽出されたことから、安全側に 10.0m/s を衝突荷重の算定に用いる漂流物の衝突速度として設定する。9.3m/s を抽出した基準津波1（防波堤有り）の全方向最大流速分布及び評価地点を図 4.5.2-2 に示す。

(b) 海域活断層から想定される地震による津波の最大流速

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、基準津波4（防波堤無し）により 5.8m/s が抽出されたことから、安全側に 6.0m/s を衝突荷重の算定に用いる漂流速度として設定する。5.8m/s を抽出した基準津波4（防波堤無し）の全方向最大流速分布及び評価地点を図 4.5.2-3 に示す。

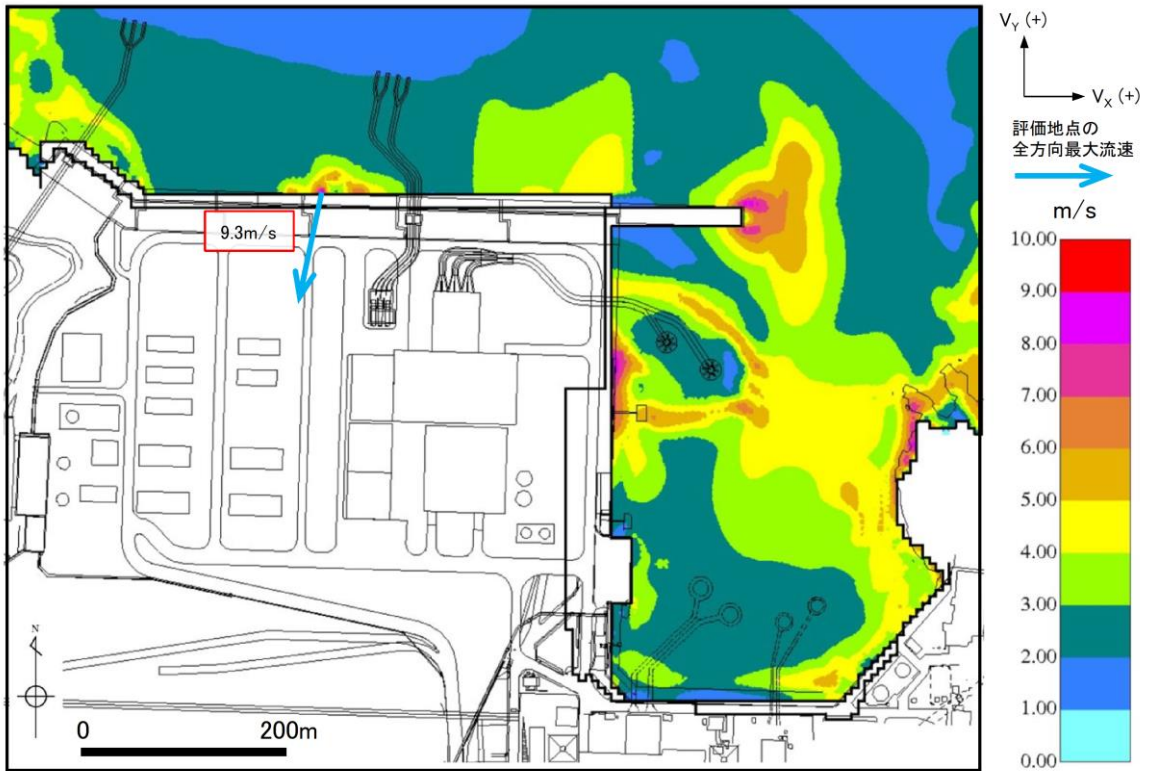


図 4.5.2-2 基準津波 1（防波堤有り，沈下無し）の全方向最大流速分布（全時刻）

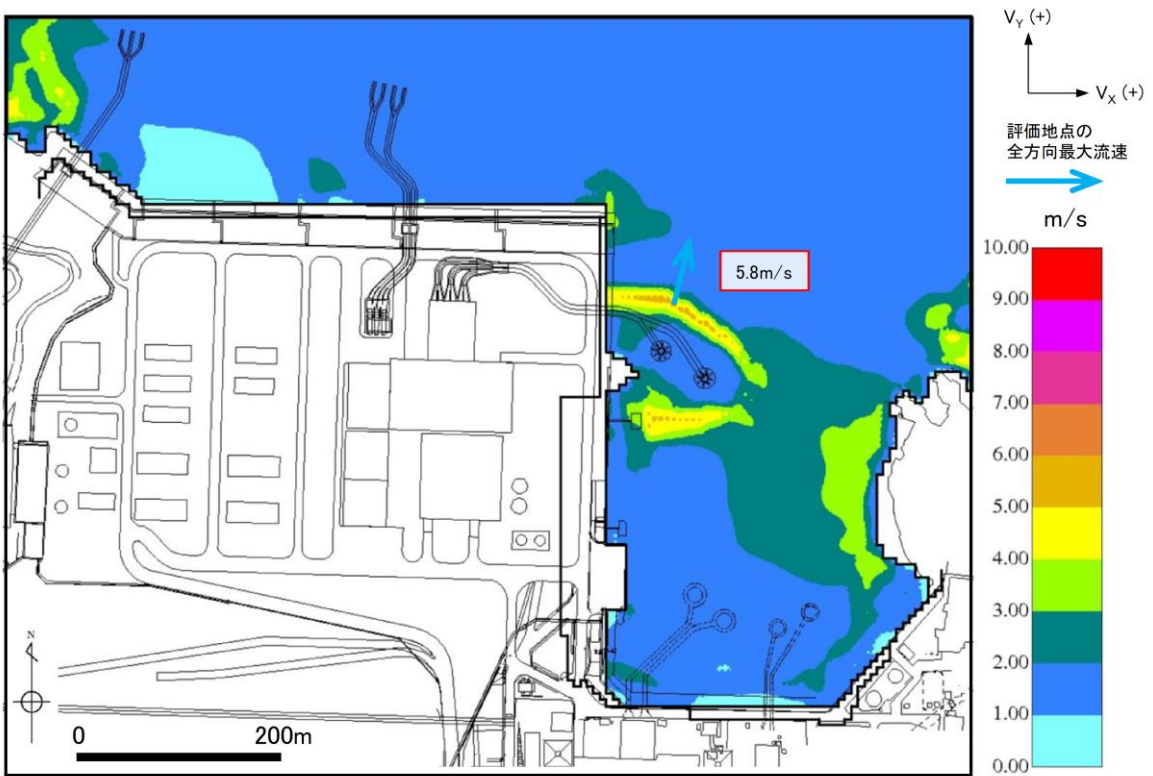


図 4.5.2-3 基準津波 4（防波堤無し，沈下無し）の全方向最大流速分布（全時刻）

(c) 荷揚場周辺に遡上した津波による流速の扱い

「(a) 日本海東縁部に想定される地震による津波の最大流速」及び「(b) 海域活断層から想定される地震による津波の最大流速」は、地震による地盤沈下を考慮しない条件において発電所近傍の海域で最大流速を抽出したものである。一方、荷揚場周辺の浸水範囲を安全側に評価するため、地震による地盤沈下として防波壁前面を 1m 沈下させた条件では、10m/s を超える流速 (11.9m/s) が抽出されたことから、その発生要因及び特性について分析を行った。

防波壁前面の沈下範囲を図 4.5.2-4 に、沈下範囲における最大浸水深分布を図 4.5.2-5 に、沈下範囲における最大流速分布を図 4.5.2-6 に、最大流速発生時の水位変動、流向ベクトル及び浸水深を図 4.5.2-7 及び図 4.5.2-8 に示す。最大流速が抽出された箇所は、荷揚場の隅角部から津波が遡上する地点であり、津波が隅角部に集中して水位が上昇した後、荷揚場へ押し波として遡上したことにより、西方向に卓越した大きな流速 (11.9m/s) が局所的に生じたものと考えられる。

この押し波による最大浸水深は 1.7m であり、その水位は EL 6.7m であることから、地震による地盤沈下を考慮した敷地高さ (EL 7.5m*) に到達しない (図 4.5.2-9) ことを確認している。

以上の分析結果より、荷揚場周辺における最大流速 (11.9m/s) が抽出された押し波は、敷地高さ (EL 7.5m*) に到達しないことを確認したことから、衝突荷重を考慮する施設・設備への漂流速度として適用しないが、荷揚場周辺における施設・設備等が滑動する可能性を検討するうえで用いる流速として適用する。

注記* : EL 7.5m=EL 8.5m-地盤沈下 1.0m

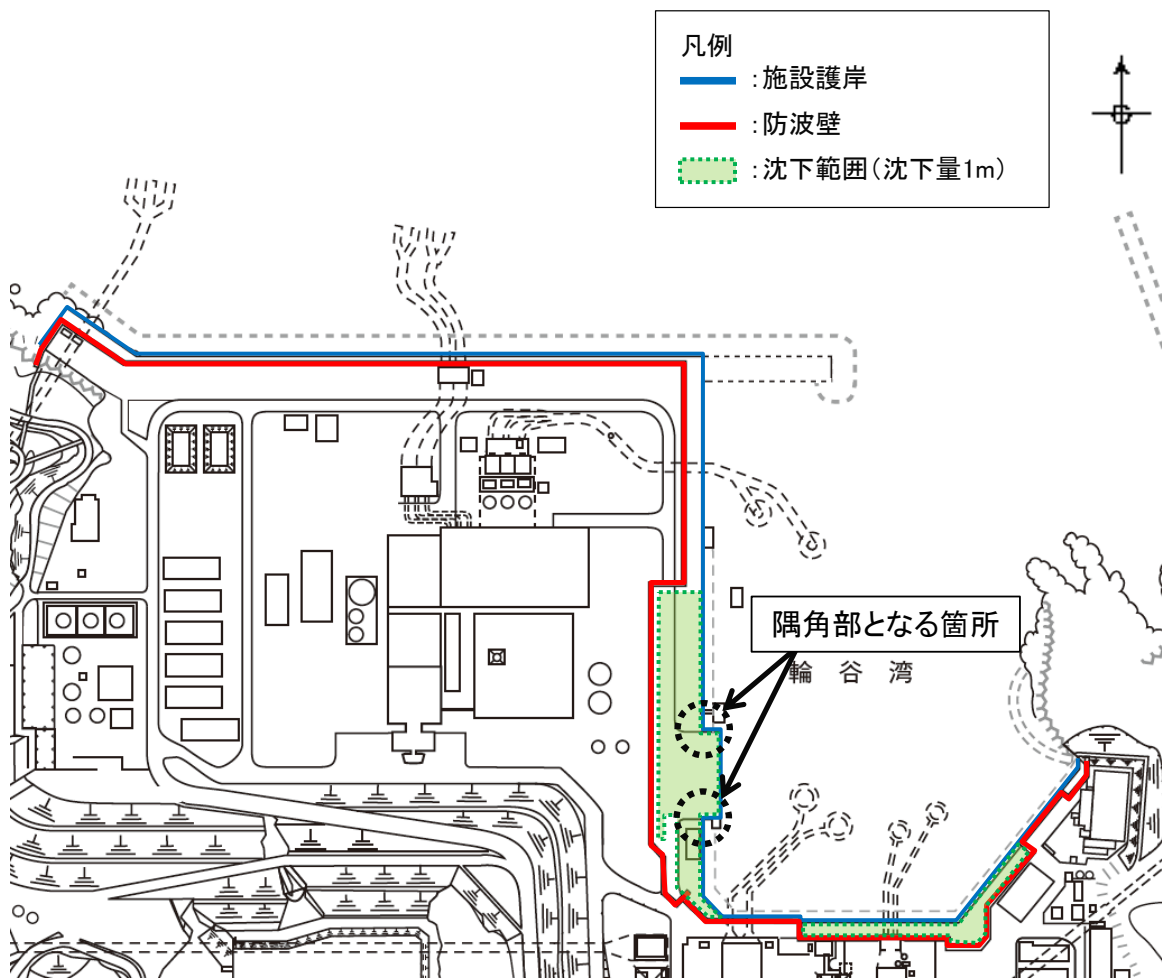


図 4.5.2-4 防波壁前面の沈下範囲

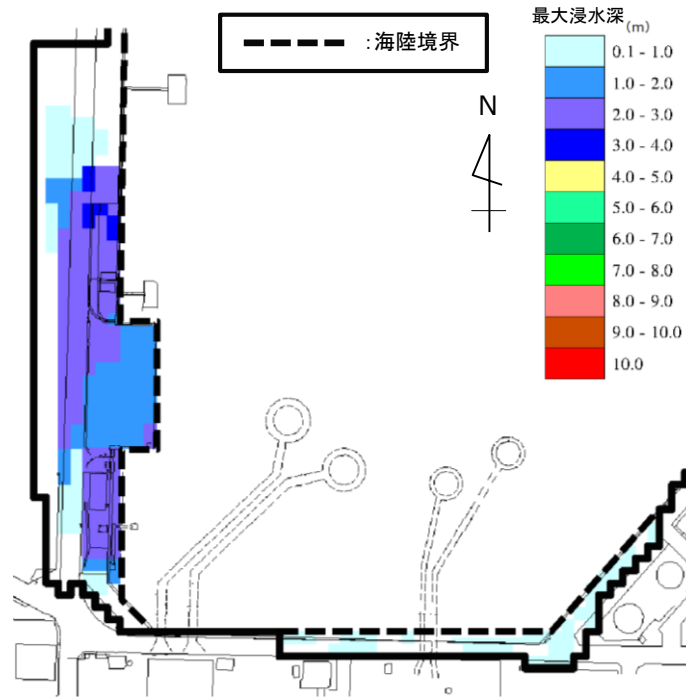


図 4.5.2-5 基準津波 1 (防波堤無し, 沈下 1 m) による沈下範囲の最大浸水深分布

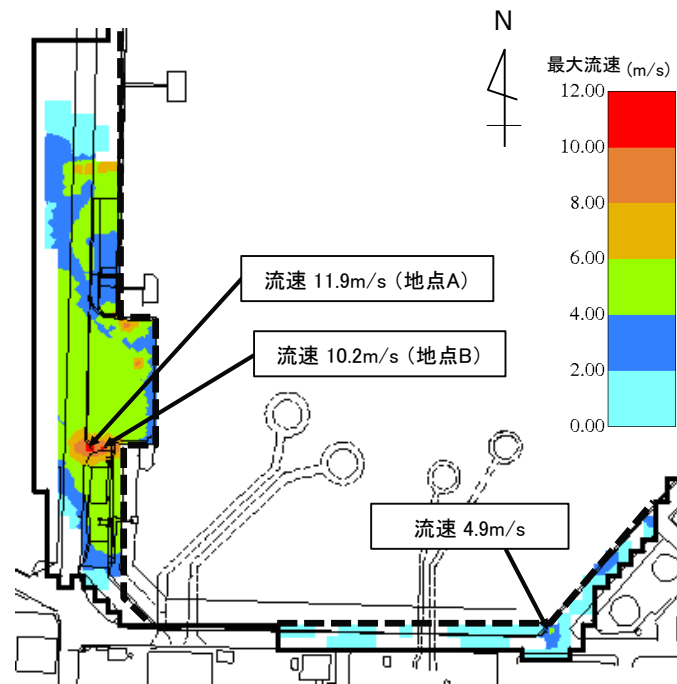


図 4.5.2-6 基準津波 1 (防波堤無し, 沈下 1 m) による沈下範囲の最大流速分布

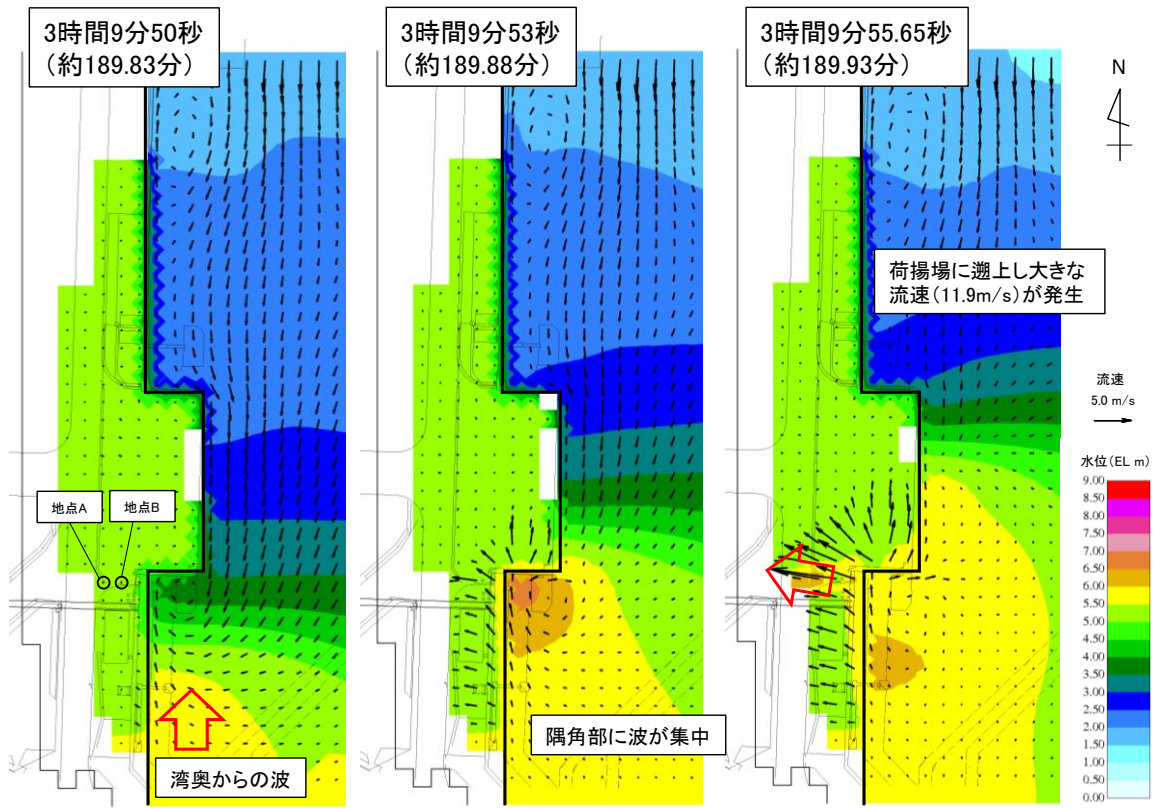


図 4.5.2-7 基準津波 1 (防波堤無し, 沈下 1 m) による荷揚場周辺の
水位変動及び流向ベクトル

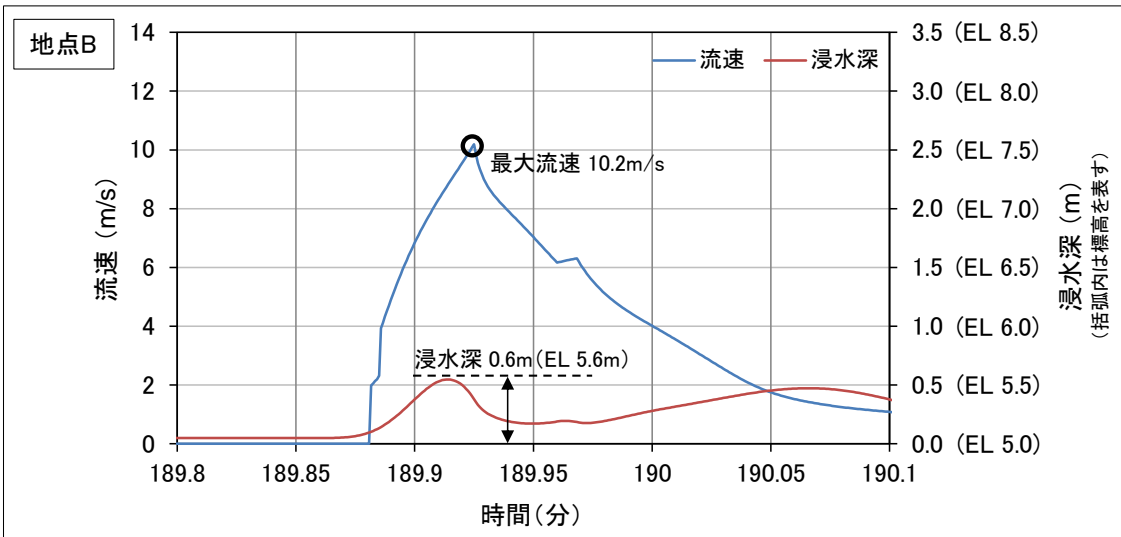
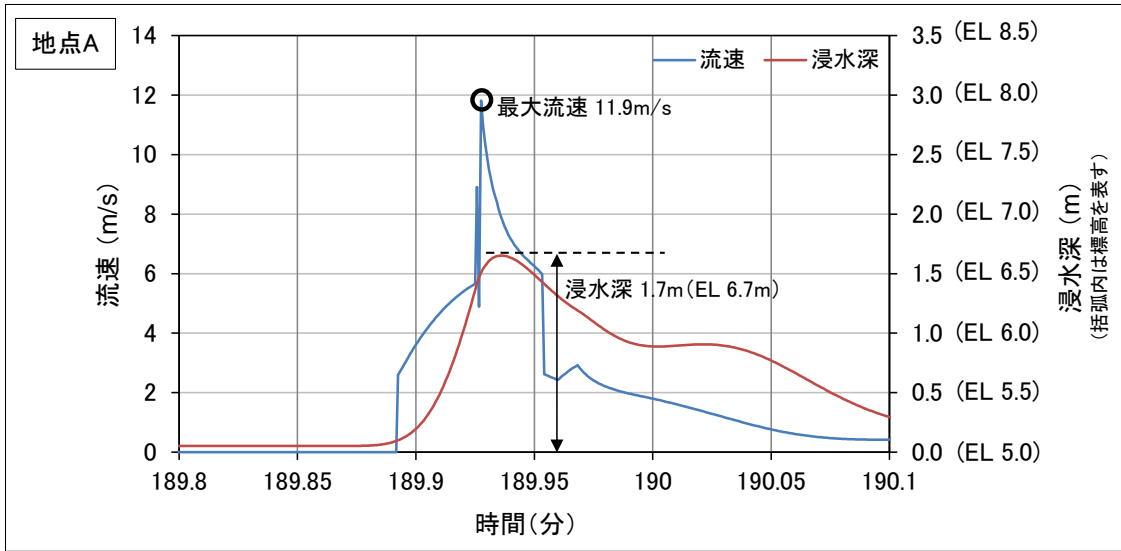
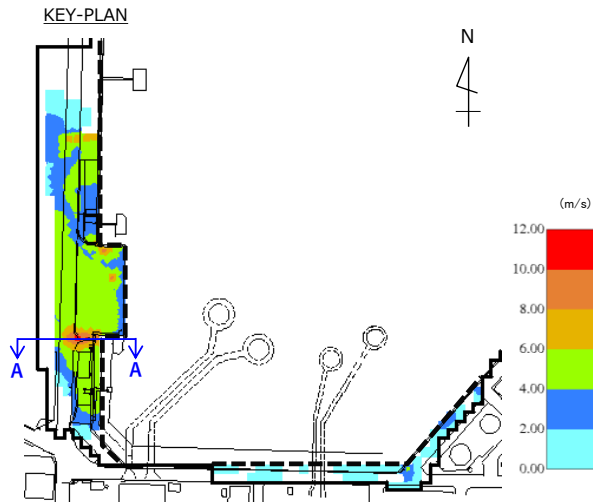


図 4.5.2-8 基準津波 1 (防波堤無し, 沈下 1 m) による地点 A 及び
地点 B における流速及び浸水深の時刻歴波形

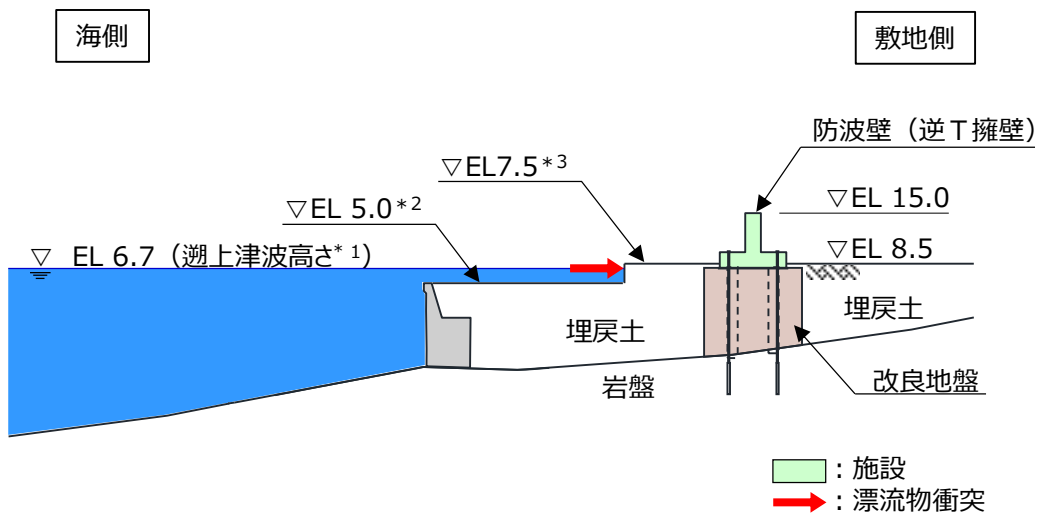


最大流速分布図(基準津波1(防波堤無し, 沈下1m))

【防波壁（逆T擁壁）】

A-A断面

(単位：m)



注記*1：荷揚場周辺の最大流速発生時おける津波高さ

*2：EL 6.0m-1.0m

*3：EL 8.5m-1.0m

図 4.5.2-9 直近陸域（荷揚場周辺）の地盤沈下を考慮した敷地形状と津波高さの概念図

b. 漂流物による衝突荷重の作用位置の設定に用いる水位

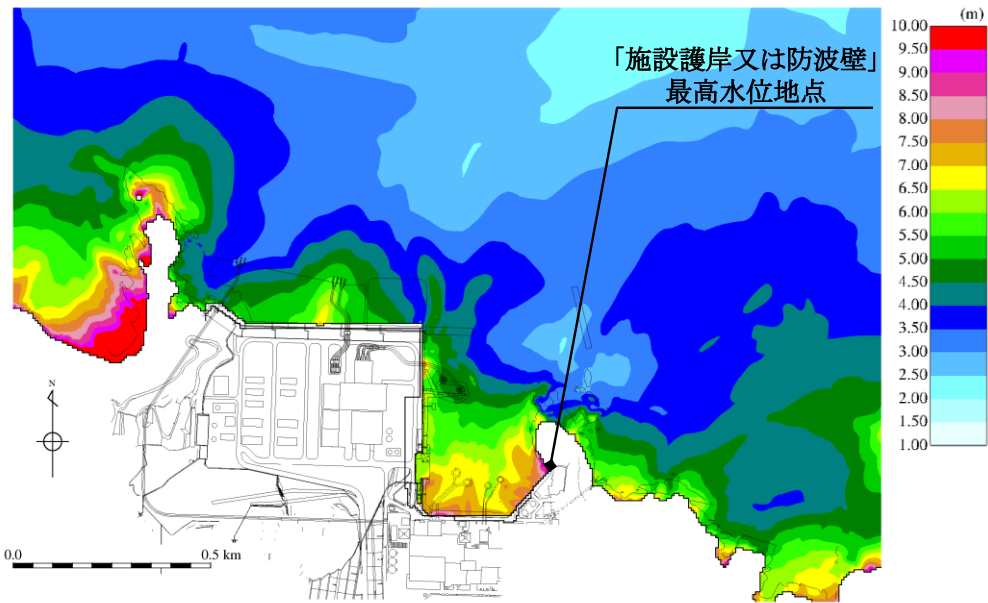
以下に示す最高水位に高潮ハザードを考慮した参照する裕度（0.64m）を加えた津波高さを考慮する。

(a) 日本海東縁部に想定される地震による津波の水位

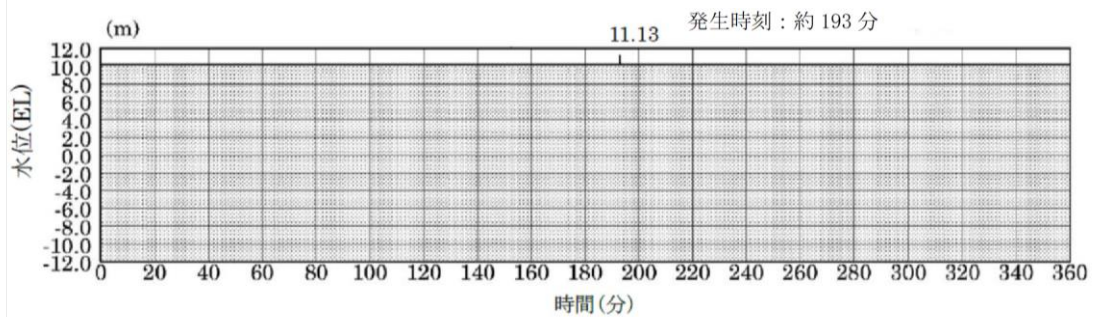
水位上昇側の最高水位は、基準津波 1（防波堤無し）の EL 11.9m（発生時刻：約 193 分，潮位 0.58m 及び潮位のばらつき+0.14m を考慮）であり，高潮ハザードを考慮した参照する裕度を加えた EL 12.6m とする。遡上域における基準津波 1（防波堤無し）の時刻歴波形を図 4.5.2-10 に示す。

(b) 海域活断層から想定される地震による津波の水位

水位上昇側の最高水位は，海域活断層上昇側最大ケース（防波堤有り）の EL 4.2m（発生時刻：約 6 分 30 秒，潮位 0.58m 及び潮位のばらつき+0.14m を考慮）であり，高潮ハザードを考慮した参照する裕度を加えた EL 4.9m とする。遡上域における海域活断層上昇側最大ケース（防波堤有り）の時刻歴波形を図 4.5.2-11 に示す。なお，荷揚場（EL 6.0m）については，地震による地盤沈下（1 m）を考慮しても，海域活断層から想定される地震による津波は遡上しない。



最大水位上昇量分布図
 (基準津波 1, 防波堤なし)

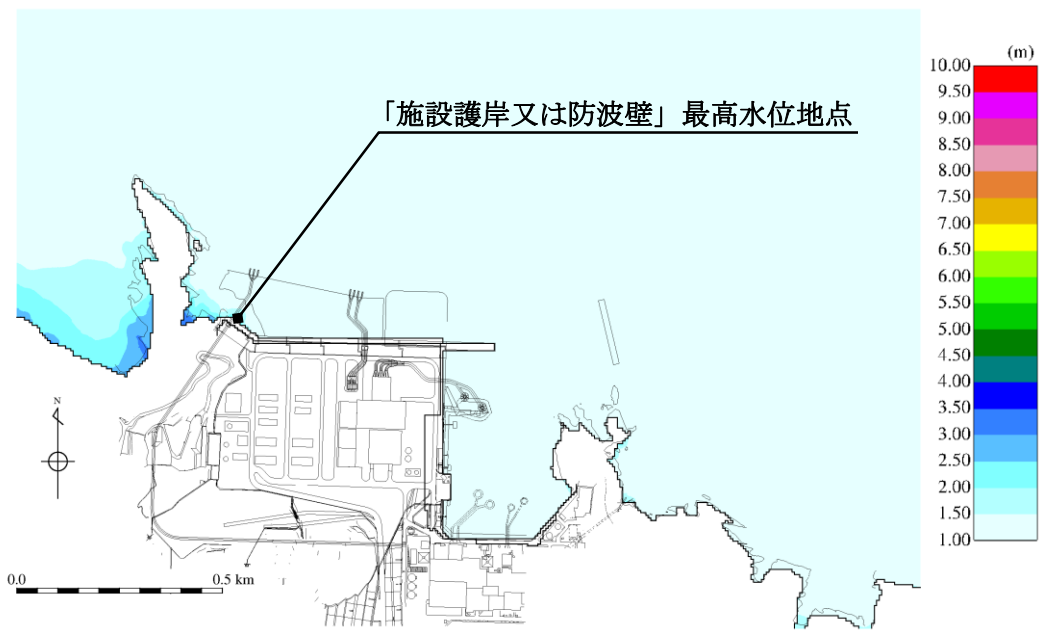


最大水位上昇量 11.13m + 朔望平均満潮位 0.58m + 潮位のばらつき 0.14m ≒ EL 11.9m

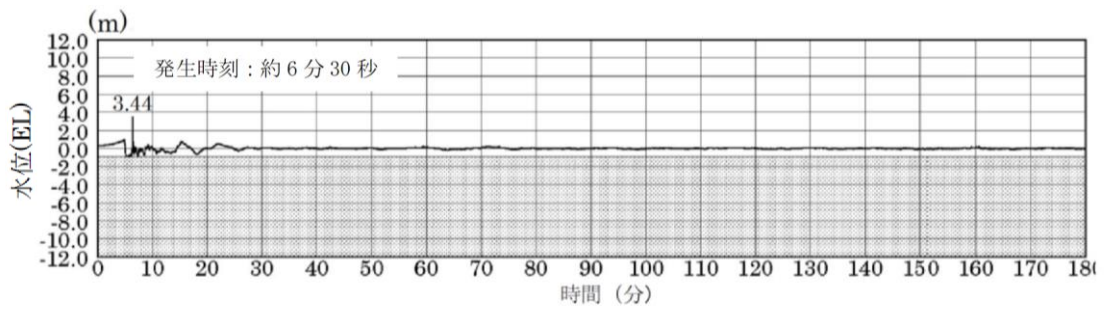
施設護岸又は防波壁 (基準津波 1, 防波堤無し)

注：灰色の網掛けは最高水位地点の標高以下の範囲を示す。

図 4.5.2-10 遡上域における時刻歴波形 (基準津波 1, 防波堤無し)



最大水位上昇量分布図
 (海域活断層上昇側最大ケース，防波堤有り)



最大水位上昇量 3.44m + 朔望平均満潮位 0.58m + 潮位のばらつき 0.14m ≒ EL 4.2m
 施設護岸又は防波壁 (海域活断層上昇側最大ケース，防波堤有り)

注：灰色の網掛けは最高水位地点の標高以下の範囲を示す。

図 4.5.2-11 遡上域における時刻歴波形 (海域活断層上昇側最大ケース，防波堤有り)

4.5.3 衝突荷重として考慮する漂流物の選定

「4.2 漂流物による影響確認」における，漂流（浮遊）して施設護岸又は輪谷湾に到達する可能性があると評価した漂流物及び発電所構内陸域（荷揚場周辺）で滑動する漂流物の配置場所を表 4.5.3-1 に整理した上で，衝突荷重として考慮する漂流物を選定した。

なお，防波壁より海側の敷地はアスファルト又はコンクリートで地表面を舗装されている。防波壁より海側の敷地のアスファルト舗装が津波により洗堀されることによる骨材が，非常に寸法の小さな漂流物として懸念されるが，アスファルトの洗堀の可能性がある流速 8m/s を超える地点付近はコンクリート舗装等の対策工を実施することから，アスファルト舗装又はコンクリート舗装は洗堀されず，非常に小さな寸法の漂流物は選定しない。

表 4.5.3-1 施設護岸又は輪谷湾に到達する可能性があると評価した漂流物及び発電所構内陸域（荷揚場周辺）で滑動する漂流物

調査対象		漂流物	重量等	考慮する津波*1	到達形態
発電所 構内	海 域	作業船	総トン数：約 10 トン	海域	浮遊
		漁船	総トン数：約 0.7 トン	東縁，海域	浮遊
	陸 域	荷揚場詰所 （壁材（ALC版））	— （がれき化して漂流）	東縁	浮遊
		デリッククレーン試験用 ウエイト	約 22t	東縁	滑動
		変圧器・ポンプ制御盤	約 0.1t	東縁	滑動
		防舷材	約 1t	東縁	浮遊
		エアコン室外機	約 0.2t	東縁	滑動
		枕木	約 12kg	東縁	浮遊
発電所 構外	海 域	漁船（500m以内（操業））	総トン数：3 トン未満	東縁，海域	浮遊
		漁船（500m以遠（操業））*2	総トン数：約 19 トン*3	東縁，海域	浮遊

注記*1：「東縁」は日本海東縁部に想定される地震による津波，「海域」は海域活断層から想定される地震による津波を表す。

*2：「4.2 漂流物による影響確認」において施設護岸又は輪谷湾に到達しないと評価しているが，発電所周辺漁港の漁船であることから抽出

*3：施設護岸から 500m 付近で操業するイカ釣り漁船（総トン数：10 トン）を含む。

(1) 漂流物を考慮する範囲

漂流物による衝突荷重の設定においては、漂流物の配置場所が重要な要因となるため、表 4.5.3-1 に示す漂流物について、配置場所の区分を行った。

日本海東縁部に想定される地震による津波（基準津波 1）の流向・流速の分析の結果、防波壁（波返重力擁壁）から約 50m 以内の水深が約 20m の浅い位置で 5m/s 以上の速い流速が確認されたことから、安全側に施設護岸から 500m 以内にある漂流物は津波の第一波により漂流し、施設護岸又は輪谷湾に到達する可能性があると考え、施設護岸から約 500m 以内の海域を「直近海域」として区分する。また、発電所構内陸域（荷揚場周辺）で浮遊する漂流物の配置場所については、施設護岸に到達することから、「直近海域」とする。

施設護岸から 500m 以遠については、日本海東縁部に想定される地震による津波（基準津波 1）の流向・流速の分析の結果、ほとんどの海域において流速は速くて 2m/s 程度であることから、この範囲にある漂流物は津波の第一波により漂流し、施設護岸又は輪谷湾に到達する可能性は低いと考え、この範囲を「前面海域」として区分する。

発電所構内陸域（荷揚場周辺）の滑動する漂流物については、滑動して荷揚場周辺の津波防護施設に到達する可能性があるため、発電所構内陸域（荷揚場周辺）を「直近陸域」として区分する。

配置場所の区分を図 4.5.3-1 に示す。また、表 4.5.3-1 の漂流物の配置場所の区分を整理した結果を表 4.5.3-2 に示す。

なお、発電所周辺における津波来襲時の流況について考察すると、日本海東縁部に想定される地震による津波（基準津波 1）は最大水位・流速を示す時間帯が地震発生後約 180 分～200 分であり、海域活断層から想定される地震による津波（基準津波 4）は、最大水位・流速を示す時間帯が地震発生後約 5 分～7 分である。最大流速は、いずれも施設護岸から 500m 以内の海域で生じていることから、直近海域からの漂流物の影響が大きくなることが考えられる。

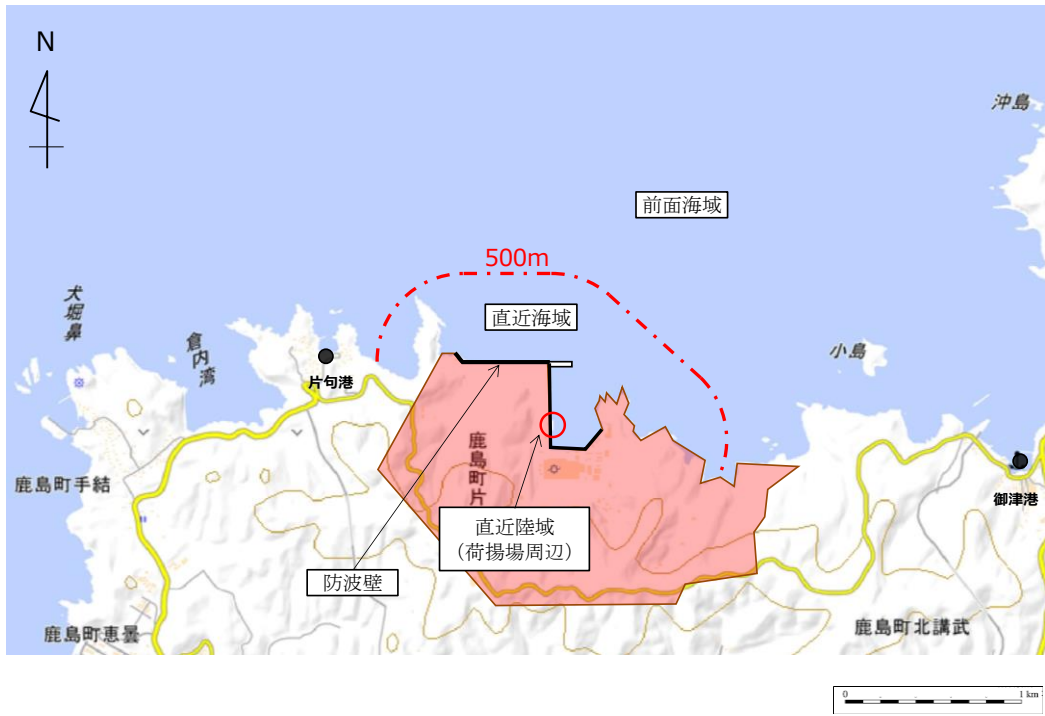


図 4.5.3-1 漂流物を考慮する範囲の区分

表 4.5.3-2 漂流物の配置場所の区分及び到達の有無

調査対象		到達する漂流物	重量等	考慮する津波	到達形態	配置場所	到達の有無
発電所 構内	海域	作業船	総トン数：約 10 トン	海域	浮遊	直近海域	○
		漁船	総トン数：約 0.7 トン	東縁 海域	浮遊	直近海域	○
	陸域	荷揚場詰所 (壁材 (ALC 版))	— (がれき化して漂流)	東縁	浮遊	直近海域	○
		デリッククレーン 試験用ウエイト	約 22t	東縁	滑動	直近陸域	×
		変圧器・ポンプ 制御盤	約 0.1t	東縁	滑動	直近陸域	×
		防舷材	約 1t	東縁	浮遊	直近海域	○
		エアコン室外機	約 0.2t	東縁	滑動	直近陸域	×
枕木	約 12kg	東縁	浮遊	直近海域	○		
発電所 構外	海域	漁船 (500m 以内 (操業))	総トン数：約 3 トン未満	東縁 海域	浮遊	直近海域	○
		漁船 (500m 以遠 (操業))	総トン数：約 19 トン	東縁 海域	浮遊	前面海域	○

(2) 敷地形状を踏まえた衝突荷重として考慮する漂流物の選定

漂流物の配置場所の区分及び敷地形状を踏まえ、衝突荷重として津波防護施設に考慮する漂流物の選定を行う。衝突荷重として津波防護施設に考慮する漂流物は、考慮する津波及び配置場所の区分毎に重量又は質量（以下「重量等」という。）、材質及び既往の衝突荷重算定式を用いた衝突荷重を踏まえて選定する。

a. 日本海東縁部に想定される地震による津波に伴う漂流物

表 4.5.3-2 より、津波防護施設に到達する漂流物のうち、初期配置が直近海域となる漂流物は、漁船（総トン数 0.7 トン、3 トン）、壁材（ALC 版）、防舷材（約 1 t）及び枕木（約 12kg）に加え、漁船の操業区域及び航行の不確かさ（添付資料 1「島根原子力発電所の周辺海域で操業する漁船について」参照）を考慮して、漁船（総トン数 19 トン）を対象とする。

津波防護施設に到達する漂流物のうち、初期配置が前面海域となる漂流物は、漁船（総トン数 19 トン）を対象とする。

対象とした漂流物について、その初期配置、重量等及び材質を踏まえ、既往の算定式による衝突荷重を比較した結果、漂流物による衝突荷重が最大となる漁船（総トン数 19 トン）を津波防護施設の評価において考慮する漂流物として選定する（添付資料 2「津波防護施設に考慮する漂流物の選定」参照）。

なお、直近陸域において地盤沈下を考慮した場合に局所的に大きな流速（11.9m/s）が抽出されているが、図 4.5.2-9 に示すとおり、津波高さ（EL 6.7m）が敷地高さ（EL 7.5m）に到達しないことから、図 4.5.3-2 に示すデリッククレーン試験用ウエイト等の滑動する漂流物は衝突荷重を考慮する施設・設備に衝突しない。

また、防波壁の壁面（海側）より奥まった狭隘な場所に設置され、船舶が衝突しない場合は、枕木を津波防護施設の評価において考慮する漂流物として選定する（図 4.5.3-3）。

b. 海域活断層に想定される地震による津波に伴う漂流物

表 4.5.3-2 より、津波防護施設に到達する漂流物のうち、初期配置が直近海域となる漂流物は、作業船（総トン数 10 トン）又は漁船（総トン数 0.7 トン及び 3 トン）に加え、漁船の操業区域及び航行の不確かさ（添付資料 1 「島根原子力発電所の周辺海域で操業する漁船について」参照）を考慮して、漁船（総トン数 19 トン）を対象とする。

津波防護施設に到達する漂流物のうち、初期配置が前面海域となる漂流物は、漁船（総トン数 19 トン）を対象とする。

対象とした漂流物について、その初期配置、重量等及び材質を踏まえ、既往の算定式による衝突荷重を比較した結果、漂流物による衝突荷重が最大となる漁船（総トン数 19 トン）を津波防護施設の評価において考慮する漂流物として選定する（添付資料 2 「津波防護施設に考慮する漂流物の選定」参照）。

なお、直近陸域における漂流物については、「4.5.2 b. (b) 海域活断層から想定される地震による津波の水位」に示すとおり、津波が配置場所へ遡上しないため選定しない。

海域活断層から想定される地震による津波による津波高さと防波壁（逆 T 擁壁）及び防波壁通路防波扉の位置関係を図 4.5.3-4 に示す。図に示すとおり、防波壁（逆 T 擁壁）及び防波壁通路防波扉は、地中又は EL 8.5m 以上の地上に設置されていることから、海域活断層から想定される地震による津波は到達しない。

以上より、衝突荷重として考慮する漂流物は、直近海域及び前面海域における漁船（総トン数 19 トン）を選定する。衝突荷重として考慮する漂流物及び施設・設備を表 4.5.3-3 に示す。

また、防波壁の壁面（海側）より奥まった狭隘な場所に設置され、船舶が衝突しない場合は、枕木を津波防護施設の評価において考慮する漂流物として選定する。衝突荷重として考慮する漂流物（枕木）及び施設・設備を表 4.5.3-4 に示す。

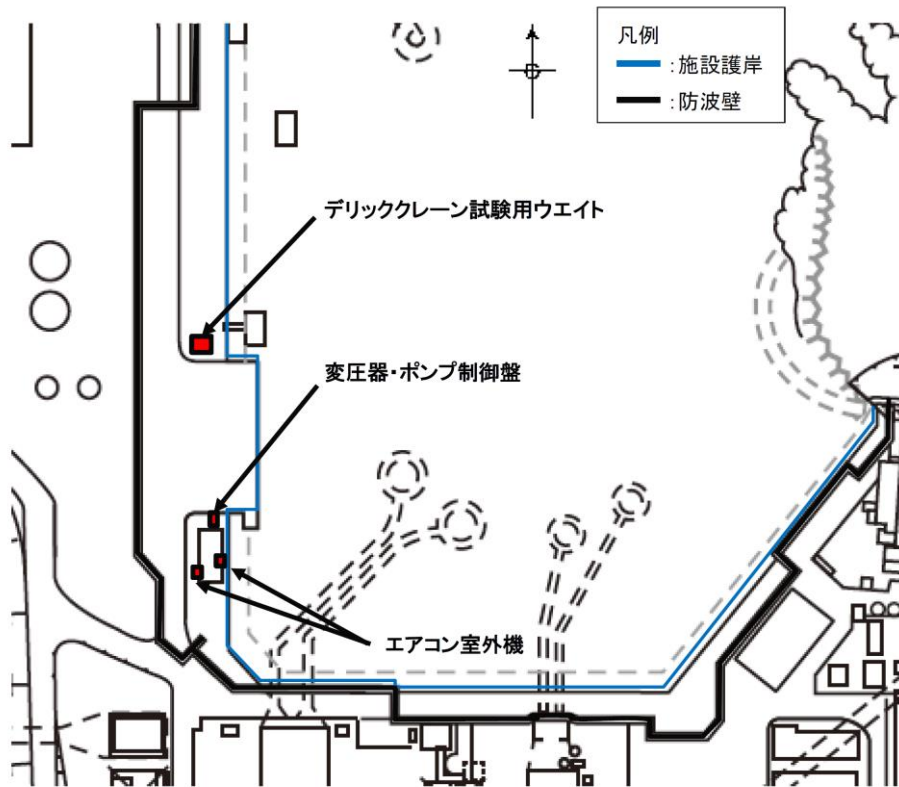
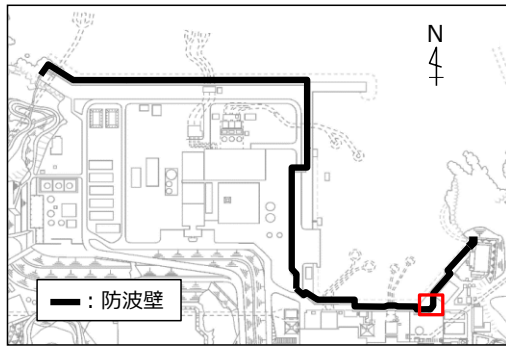


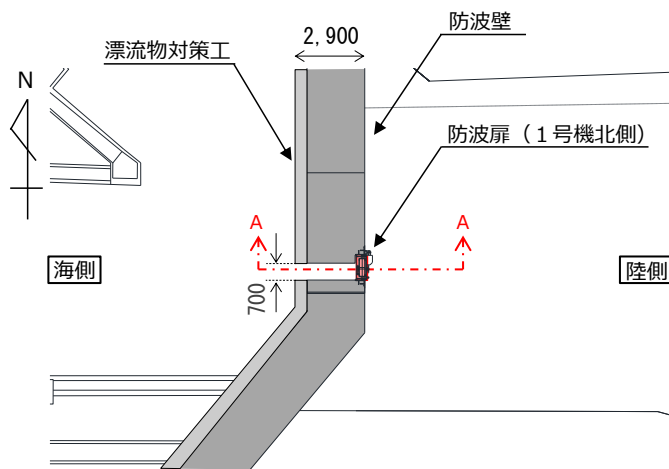
図 4.5.3-2 直近陸域における漂流物（滑動）の配置

KEY-PLAN

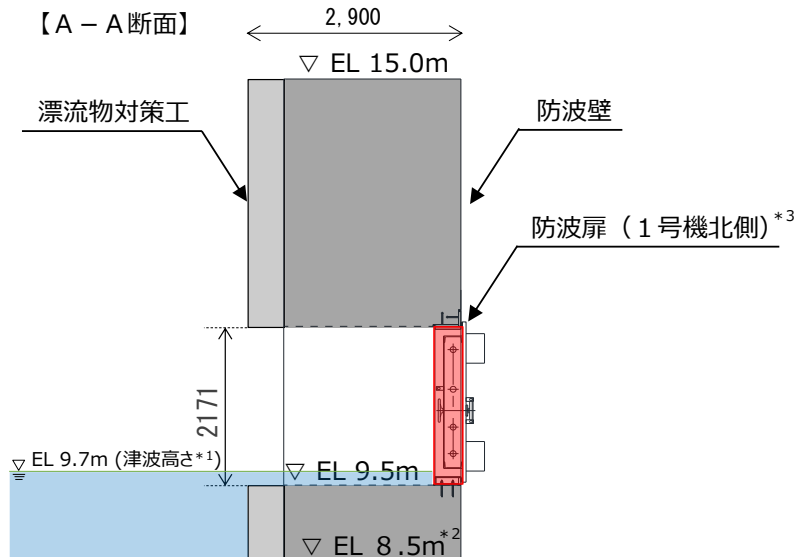


【防波壁通路防波扉（1号機北側）位置図（平面図）】

(単位：mm)



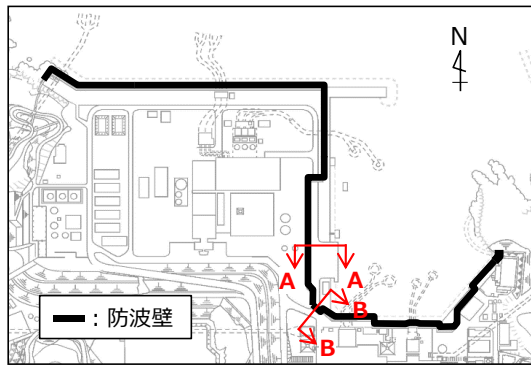
(単位：mm)



- 注記 * 1 : 防波扉（1号機北側）前面における最高水位に高潮ハザードを考慮した参照する余裕を加えた津波高さ
 * 2 : 防波壁前面は海底面まで沈下すると仮定
 * 3 : 防波扉（1号機北側，2号機北側）は，防波壁の壁面（海側）より奥まった狭隘な場所に設置するため，船舶は衝突しない。枕木による漂流物衝突荷重を考慮する。

図 4.5.3-3 防波扉（1号機北側）の設置場所及び日本海東縁部に想定される津波による津波高さの概念図

KEY-PLAN



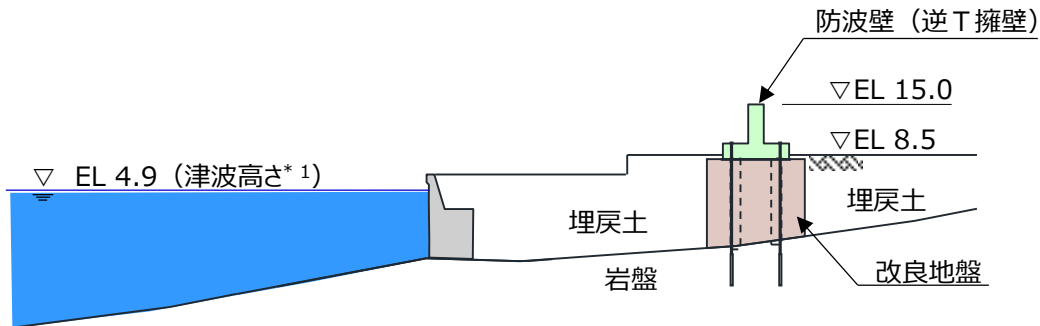
【防波壁（逆T擁壁）】

A-A断面

(単位：m)

海側

敷地側



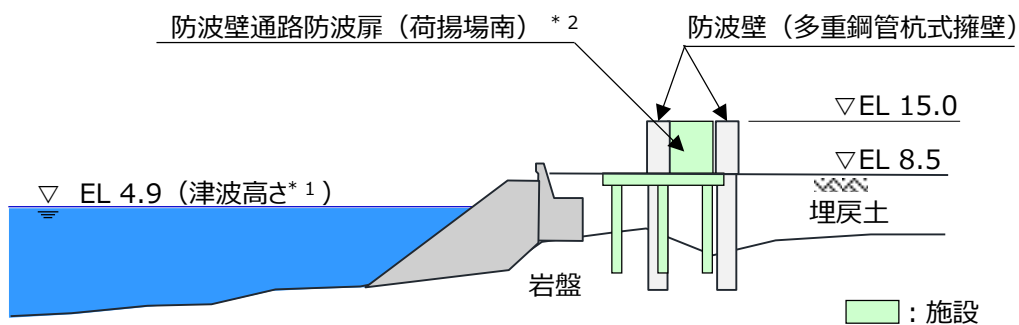
【防波壁通路防波扉（荷揚場南）】

B-B断面

(単位：m)

海側

敷地側



注記 * 1 : 海域活断層から想定される地震による津波に高潮ハザードを考慮した参照する裕度を加えた津波高さ

* 2 : 防波壁通路防波扉においては、漂流物の衝突を防止するため、防波壁通路防波扉の前面に漂流物対策工を設置することから、漂流物による衝突荷重を考慮しない。

図 4.5.3-4 防波壁（逆T擁壁）及び防波壁通路防波扉と
海域活断層から想定される津波による津波高さの概念図

表 4.5.3-3 衝突荷重として考慮する漂流物及び施設・設備

衝突荷重として考慮する漂流物				衝突荷重を考慮する施設・設備						
衝突する可能性のある漂流物	重量 (t)	材質	到達形態	対象津波【津波高さ】	漂流速度 (m/s)	初期配置	防波壁	防波壁通路防波扉 (荷揚場南, 3号機東側)		
							波返重力擁壁			
							逆T擁壁			
							多重鋼管杭式擁壁			
漁船 (総トン数19トン)	57.0	FRP	浮遊	日本海東縁 【EL. 12.6m】*1	10.0	直近海域	○	○	—*3	
						前面海域	○	○	—*3	
				海域活断層 【EL. 4.9m】*2	6.0	直近海域	○	—*4	○	—*4
						前面海域	○	—*4	○	—*4

注記*1: 基準津波1の入力津波高さEL. 11.9mに高潮ハザードの裕度を加えた津波高さ。

*2: 海域活断層上昇側最大ケースの入力津波高さEL. 4.2mに高潮ハザードの裕度を加えた津波高さ。

*3: 防波壁通路防波扉においては、漂流物の衝突を防止するため、漂流物対策工を設置することから、防波壁通路防波扉の前面に漂流物対策工を設置することから、漂流物による衝突荷重を考慮しない。なお、漂流物対策工は漂流物衝突荷重を考慮する。

*4: 防波壁(逆T擁壁)及び防波壁通路防波扉は地中又はEL. 8.5m以上の地上に設置されていることから、津波高さがEL. 4.9mである海域活断層から想定される地震による津波は到達しないため、漂流物は衝突しない。

表 4.5.3-4 衝突荷重として考慮する漂流物（枕木）及び施設・設備

衝突する可能性のある漂流物	衝突荷重として考慮する漂流物						衝突荷重を考慮する施設・設備
	重量 (kg)	材質	到達形態	対象津波【津波高さ】	漂流速度 (m/s)	初期配置	
枕木	12.0	木材	浮遊	日本海東縁【EL 12.6m】*1	0.6	直近海域	防波壁通路防波扉 (1号機北側, 2号機北側)*2
							○

注記*1: 基準津波1の入力津波高さEL 11.9mに高潮ハザードの裕度を加えた津波高さ。

*2: 防波壁の壁面(海側)より奥まった狭隘な場所に設置するため、船舶は衝突しない。

4.5.4 浮遊状態の漂流物による衝突荷重の算定方法

浮遊状態の漂流物による衝突荷重の算定方法としては、運動量理論に基づく推定式や実験に基づく推定式等を用いた既往の衝突荷重算定式による算定又は陽解法により解析対象物の大変形挙動を時刻歴で材料非線形性を考慮した「非線形構造解析（以下「衝突解析」という。）」による算定が考えられる。

(1) 既往の衝突荷重算定式の整理

既往の衝突荷重算定式では、対象漂流物の種類、仕様、初期配置等により適用性が異なる。既往の荷重算定式の整理一覧を表 4.5.4-1 に示す。

表 4.5.4-1 漂流物による既往の荷重算定式の整理一覧

No	出典	種類	概要	算定式の根拠 (実験条件)
①	松富 (1999)	流木	円柱形状の流木が縦向きに衝突する場合は衝突荷重を提案している。 $F_m = 1.6 C_{MA} (V_{rel}/gD)^{0.5} \cdot 1.2 (\sigma_f/\gamma L)^{0.4} (QD^2/L)$ F_m : 衝突力, C_{MA} : 見かけの質量係数, V_{rel} : 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	「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 (実験: 高さ0.5m, 幅0.3m, 長さ11.0m, 流木(丸太)の直径: 4.8~12cm, 流木質量: 305~8615g) ・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荷重を提案している。 $F_H = S C_{MA} (V_H/g)^{0.5} D^{0.25} L^{0.25} (gM)$ F_H : 漂流物の衝突力, S : 係数 (5.0), C_{MA} : 見かけの質量係数, V_H : 段波速度, D : 漂流物の代表高さ, L : 漂流物の代表長さ, M : 漂流物の質量, g : 重力加速度	「実験に基づく推定式」(縮尺1/100の模型実験) 漂流物の形状: 円柱, 角柱, 球 漂流物重量: 0.588N~29.792N 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	道路標示方書 (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は衝突荷重を定めている。 $P = 0.1 W v$ P : 衝突力, W : 流送物の重量, v : 表面流速	漂流物が流下(漂流)してきた場合に, 表面流速(津波流速)を与えら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)	船舶等	船舶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。 $E = E_0 = \frac{WV^2}{(2g)}, W = W_0 + W' = W_0 + (\pi/4)(D^2 L \gamma_w)$ 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 $E = E' = \frac{WV^2}{4}$ E : 衝突エネルギー, W : 仮想重量, V : 漂流物速度, W_0 : 排水トン数, W' : 付加重量, D : 喫水, L : 横付けの場合は船の長さ, 縦付けの場合は船の幅, γ_w : 海水の単位体積重量, g : 重力加速度	「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て, 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できる。 漁船の他, 車向・流木・コンテナの衝突エネルギーに対して, 支柱及び漂流物補強スクリュー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。
⑤	FEMA (2012)	流木 コンテナ	$F_t = 1.3 v_{max} \sqrt{km(1+c)}$ F_t : 衝突力, v_{max} : 最大流速, m : 漂流物の質量, c : 付加重量係数, k : 漂流物の有効剛性	「運動方程式に基づく衝突力方程式」 非弾性系の運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で, かつ衝突時のエネルギー減衰が一切考慮されていない前提条件での算定式であることから, 衝突時に塑性変形を伴う漂流物の衝突荷重算定では, 個別的な漂流物に対して, 実現象を再現するような軸剛性を適切に定める必要がある。
⑥	水谷ほか (2005)	コンテナ	漂流するコンテナの衝突荷重を提案している。 $F_m = 2 \rho_w v_m B_c V_c^2 + (WV x / g dt)$ F_m : 漂流衝突力, dt : 衝突時間, v_m : 最大潮流水位, ρ_w : 水の密度, B_c : コンテナ幅, V_c : コンテナの漂流速度, W : コンテナ重量, g : 重力加速度	「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20ftと40ft, コンテナ重量: 0.2N~1.3N程度, 潮流流速: 1.0m/s以下, 材質: アクリル 被衝突体の直近のエプロン上にコンテナを設置して衝突力を求めた算定式である。衝突体と水塊が一体となった衝突し, 衝突前の運動量が全て力積として作用するものとして考えた算定式であり, 右辺の第1項は付質量による荷重を表している。
⑦	有川ほか (2007, 2010)	コンテナ 流木	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荷重を提案している。 $F = \gamma_w x^2 \left(\frac{m}{4} \right) v^2, x = \frac{4\sqrt{d}}{3\pi k_1 + k_2}, k = \frac{(1-v^2)}{\pi E}, m = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$ F : 衝突力, γ_w : 衝突面直径の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, v : ボアソン比, m : 質量, v : 衝突速度, γ_w : 塑性によるエネルギー減衰効果 mやkの添え字は衝突体と被衝突体を示す。 また, 「①松富(1999)」にない, 上式において $m = C_{0m}$ (C_{0m} : サージタイプの1.7) とすることで, 流木のコンクリート版に対する衝突力を評価できるとしている。	「実験に基づく推定式」(縮尺1/50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 水理模型実験では, コンテナを被衝突体の全面1.21m(現地換算6.05m)に設置して衝突力を求めた算定式である。

- No1 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
- No2 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
- No3 道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編) ・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 14 年 3 月)
- No4 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, 寒地港湾技術研究センター, 平成 26 年 3 月)
- No5 F E M A (2012) Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis Second Edition, F E M A P-646
- No6 水谷法美・高木祐介・白石和睦・宮島正悟・富田孝史 (2005) エブ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
- No7 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
- 有川太郎・鷺崎誠 (2010) 津波による漂流木のコンクリート壁面破壊に関する大規模実験, 土木学会論文集 B2, Vol. 66, No. 1, pp. 781-785

(2) 漂流物による衝突荷重の算定方法の選定

既往の衝突荷重算定式及び衝突解析に対して、「4.5.3 衝突荷重として考慮する漂流物の選定」において区分した、漂流物の初期配置（「直近海域」、「前面海域」及び「直近陸域」）及び適用流速の観点も加えた整理結果を表4.5.4-2に示す。

表 4.5.4-2 漂流物による衝突荷重算定方法の整理

No	算定方法	種類	漂流物の初期配置	適用流速	適用性
①	松富 (1999)	流木	直近海域 直近陸域	衝突速度	個別の流木(丸太)の種類等に応じて、実現象を再現できるパラメータを適切に設定することが可能であれば、直近陸域又は直近海域からの流木に対して適用可能と判断する。
②	池野・田中 (2003)	流木	直近陸域	段波速度	流木を対象とした算定式であるが、実験の模型縮尺(1/100)を考慮すると、原子力発電所における漂流物衝突事象への適用は困難と判断する。
③	道路橋示方書 (2002)	流木 FRP製 船舶等	前面海域	表面流速	漂流物が流下(漂流)して来た場合に、表面流速(津波流速)を与えることで漂流流速に対する漂流物荷重を算定できる。新規制基準適合性審査(東北電力(株)女川原子力発電所2号機等)において、適用実績があるため、初期配置が前面海域の漂流物に対して適用可能と判断する。
④	津波漂流物 対策施設設計 ガイドライン (2014)	船舶等	前面海域 直近海域	漂流物速度	船舶、車両、流木、コンテナ等の漂流物を対象としているが、鋼管杭等の支柱の変形及びワイヤ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、弾性設計においての適用は困難であると判断する。
⑤	F E M A (2012)	流木 コンテナ FRP製 船舶	直近海域	最大流速	個別の漂流物に対して、実現象を再現できるパラメータ(軸剛性等)を適切に設定することが必要である。新規制基準適合性審査(東北電力(株)女川原子力発電所2号機)において、初期配置が直近海域の総トン数5トンのFRP製船舶の船首方向衝突に対して適用実績がある。FRP製船舶の軸剛性を適切に設定できる場合においては、適用可能と判断する。
⑥	水谷ほか (2005)	コンテナ	直近陸域	漂流速度	エプロン上にコンテナを設置して衝突力を求めるという特殊な実験により得られた式であることに留意する必要があるが、直近陸域からのコンテナに対して適用可能と判断する。
⑦	有川ほか (2007, 2010)	流木 コンテナ	直近海域 直近陸域	衝突速度	剛性に係る k 値を適切に定める必要があり、対象としている種類以外への適用性がある k 値に係る k1 及び k2 の値が不明であるため、現状は当該式が対象としている種類(流木、コンテナ)以外への適用は困難と判断する。したがって、直近陸域又は直近海域からの流木及びコンテナに対して適用可能と判断する。
⑧	衝突解析	鋼製部材 FRP製 船舶 木材等	直近海域 直近陸域	衝突速度	漂流物の3次元FEMモデルを適切に作成する必要がある。新規制基準適合性審査(東北電力(株)女川原子力発電所2号機等)において、初期配置が直近海域の総トン数5トンのFRP製船舶に対して適用実績がある。衝突荷重の妥当性を検証できる場合においては、適用可能と判断する。

また、「4.5.3 衝突荷重として考慮する漂流物の選定」から、対象漂流物として選定されたFRP製の漁船（以下「船舶」という。）における、衝突荷重の算定方法を選定する。なお、表4.5.4-2の整理結果より、船舶への適用性が期待できる、既往の衝突荷重算定式の「道路橋示方書（I共通編・IV下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会、平成14年3月）」（以下「道路橋示方書（2002）」という。）、「FEMA（2012） Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis Second Edition, FEMA P-646」（以下「FEMA（2012）」という。）及び「衝突解析」の中から選定する。漂流物による衝突荷重の算定方法の選定フローを図4.5.4-1に示す。

- ・「道路橋示方書（2002）」は、漂流物が津波の流れに乗って流下（漂流）して衝突する場合に、表面流速（津波流速）を与えることで衝突荷重を算定できる。新規制基準適合性審査（東北電力（株）女川原子力発電所2号機等）では、初期配置が前面海域の船舶（総トン数19トン）に対する適用実績がある。

以上より、船舶の初期配置が前面海域の場合においては、「道路橋示方書（2002）」を衝突荷重の算定方法として選定する。

- ・「FEMA（2012）」は、漂流物が津波の先端に乗って衝突する場合に、非減衰系の振動方程式に基づき、最大流速を与えることで衝突物及び被衝突物の両方を完全弾性体とした条件で衝突荷重を算定できる。ただし、衝突時に塑性変形を伴う漂流物による衝突荷重の算定では、個別の漂流物に対して実現象を再現できるような軸剛性を適切に定める必要がある。新規制基準適合性審査（東北電力（株）女川原子力発電所2号機）では、初期配置が直近海域の船舶（総トン数5トン）に対して、衝突荷重を算定した適用実績がある。現時点ではFRP製船舶の船首部の複雑な形状及び構造を再現できる軸剛性の設定方法が確立されていないことから、FRP製船舶における衝突荷重の算定方法として選定しない。

参考として、既往文献を基に船首方向の衝突解析で求めた、最大衝突荷重及び最大衝突荷重発生時刻に対する船首先端からの船体破壊長さから設定した平均的な軸剛性を用いて、「FEMA（2012）」による衝突荷重を算定する（添付資料4「FEMA（2012）によるFRP製船舶の衝突荷重」及び添付資料13「FRP製船舶に対する各算定方法による衝突荷重の整理」参照）。

- ・「衝突解析」は、漂流物が津波の先端に乗って衝突する場合に、衝突速度を与えることで、陽解法により解析対象物の大変形挙動を時刻歴で材料非線形性を考慮した解析が可能であり、漂流物を3次元でモデル化することで衝突形態の不確かさを考慮した衝突荷重が算定できる。新規制基準適合性審査（東北電力（株）女川原子力発電所2号機）では、初期配置

が直近海域の船舶（総トン数5トン）に対する適用実績がある。先行サイトの審査以降の新たな文献である「豊田ほか（2022）」*において、FRP製船舶を用いた衝突実験が初めて実施され、衝突実験における衝突現象に対して衝突解析を実施し、衝突実験による衝突荷重に対する再現性があることが確認されたことから、船舶の初期配置が直近海域の場合においては、「衝突解析」を衝突荷重の算定方法として選定する。

注記*：豊田真・南波宏介・甲斐田秀樹・栗山透 FRP船舶の衝突解析手法に関する研究，土木学会論文集A1（構造・地震工学），Vol.78，No.2，301-315，2022.

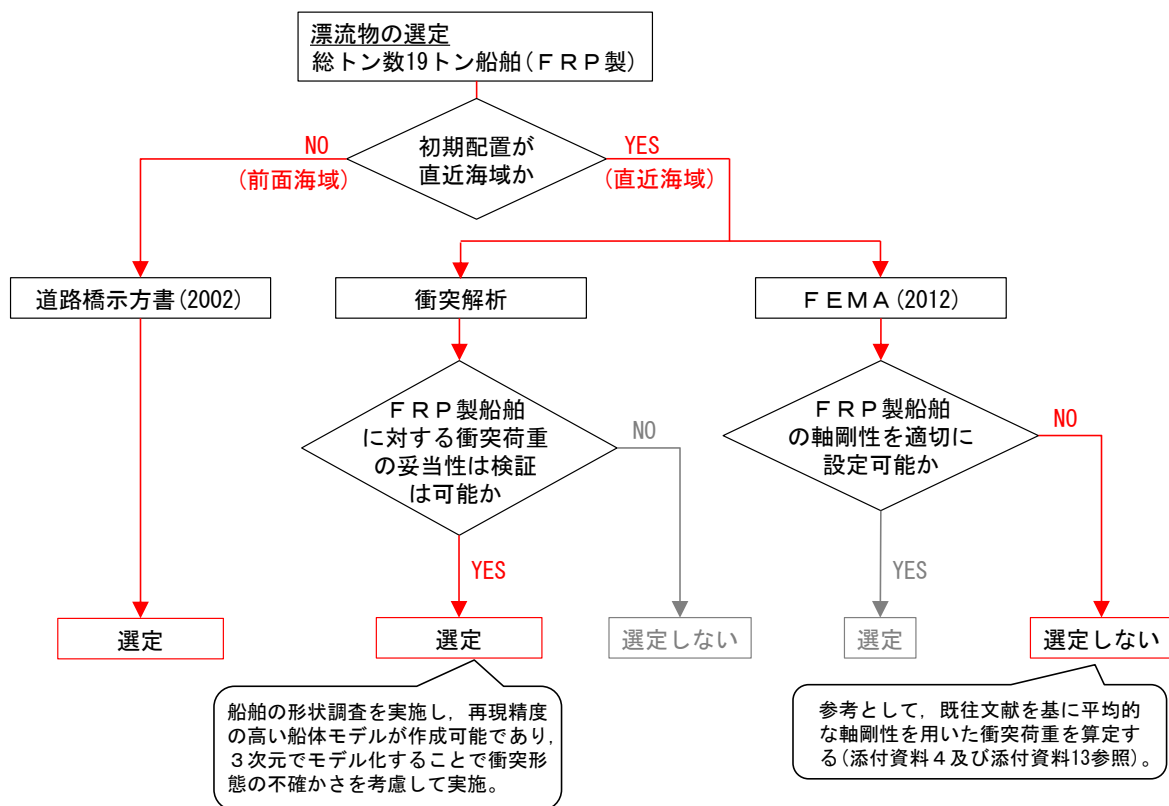


図 4.5.4-1 漂流物による衝突荷重の算定方法の選定フロー

4.5.5 漂流物による衝突荷重の算定における設計上の配慮

漂流物による衝突荷重の算定において、以下の項目を配慮して設定する。

なお、枕木による衝突荷重の算定における設計上の配慮については、添付資料 15「枕木による衝突荷重の算定における設計上の配慮及び算定結果」に示す。

(1) 衝突荷重として考慮する漂流物

「4.5.3 衝突荷重として考慮する漂流物の選定」より、衝突荷重として考慮する漂流物は、設計上の配慮として、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総トン数、操業区域及び航行の不確かさを考慮した、総トン数 19 トンのFRP製の漁船を対象とする。

(2) 漂流物による衝突荷重算定用の流向

漂流物による衝突荷重は、漂流物が被衝突物に対して直交方向に作用する際に最大となると考えられる。「4.5.2 津波に関するサイト特性」で示したとおり、被衝突物である防波壁及び防波壁通路防波扉前面での最大流速は、被衝突物に対する直交方向の流向と一致していない箇所も存在する。そのため、設計上の配慮として、被衝突物となる構造物の特徴を踏まえて、安全側の評価となる衝突方向を選定する。

(3) 漂流物による衝突荷重算定用の流速

漂流物による衝突荷重は、漂流物の衝突速度（流速）の増加に伴い大きくなるため、設計上の配慮として、衝突荷重の算定に用いる流速は、津波の最大流速を漂流物の衝突速度として用いる。

また、津波流速は、「4.5.2 津波に関するサイト特性」で示したとおり、日本海東縁部に想定される地震による津波（基準津波 1）の最大流速は 9.3m/s、海域活断層から想定される地震による津波（基準津波 4）の最大流速は 5.8m/s となる。そのため、設計上の配慮として、安全側に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ともに、漂流物の衝突速度を 10.0m/s とする。

(4) 漂流物による衝突荷重の作用方法

被衝突物に対する、漂流物による衝突荷重の鉛直方向の作用位置は、「4.5.2 津波に関するサイト特性」で示したとおり、日本海東縁部に想定される地震による津波（基準津波1）の入力津波高さ EL 11.9m に高潮ハザードを考慮した参照する裕度を加えた津波高さ EL 12.6m 及び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）の入力津波高さ EL 4.2m に高潮ハザードを考慮した参照する裕度を加えた津波高さ EL 4.9m を基本とするが、設計上の配慮として、安全側に各構造物の部位に対して評価が厳しくなる作用位置を設定する。漂流物が衝突する際は船体幅及び深さに応じた範囲に荷重が分散すると考えられることを踏まえ、各構造物の評価において安全側となるよう荷重作用方法を採用する。また、漂流物による衝突荷重の水平方向の作用位置も同様に安全側に各構造物に対して評価が厳しくなる作用位置を設定する。

(5) 漂流物による衝突荷重と津波荷重との重畳

漂流物による衝突荷重と津波荷重の組合せについて、実際に施設に作用する荷重としては、津波による最大荷重と漂流物衝突による最大荷重が同時に作用する可能性は小さいと考えられるが、漂流物による衝突荷重と津波荷重が重畳する可能性を否定できないため、設計上の配慮として、津波高さに応じた津波荷重と漂流物による衝突荷重を重畳させる。