

追而
(燃料等輸送船の緊急退避以外の方策が確定次第記載する)

追而
(燃料等輸送船の緊急退避以外の方策が確定次第記載する)

II. 作業船（港湾設備保守点検用作業船，海洋環境調査関連作業船）

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港湾設備保守点検，海洋環境調査のため約5トン未満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－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。

また，作業船は船舶検査を受けたもののみとすることから，航行不能になること（船舶の故障等）はない。

なお，万一，作業船が航行不能となり漂流物となった場合においても，第2.5-38(3)図及び第2.5-38(4)図に示す通り，引き波時の水位（貯留堰天端高さ T.P. -4.0m）における作業船の位置，作業船の寸法及び取水口位置との関係から，取水口前面に留まるため，原子炉補機冷却海水ポンプに必要な通水性が損なわれることはない。

仮に，作業船の投影面積で評価した場合であっても，投影面積に対して十分に開口が大きいことから，取水口を閉塞することはないと評価した。

《作業船の取水路通水性に与える影響に関わる諸元》

○取水口呑口の断面寸法（第2.5-38図）

- ・高さ：4.25m
- ・幅：4.25m
- ・個数：2口

○原子炉補機冷却海水ポンプの必要通水量

- ・通常時（循環水系）の3%未満

※：循環水系の定格流量 3800m³/分に対して原子炉補機冷却海水ポンプの定格流量は 113m³/分（ポンプ全台運転）

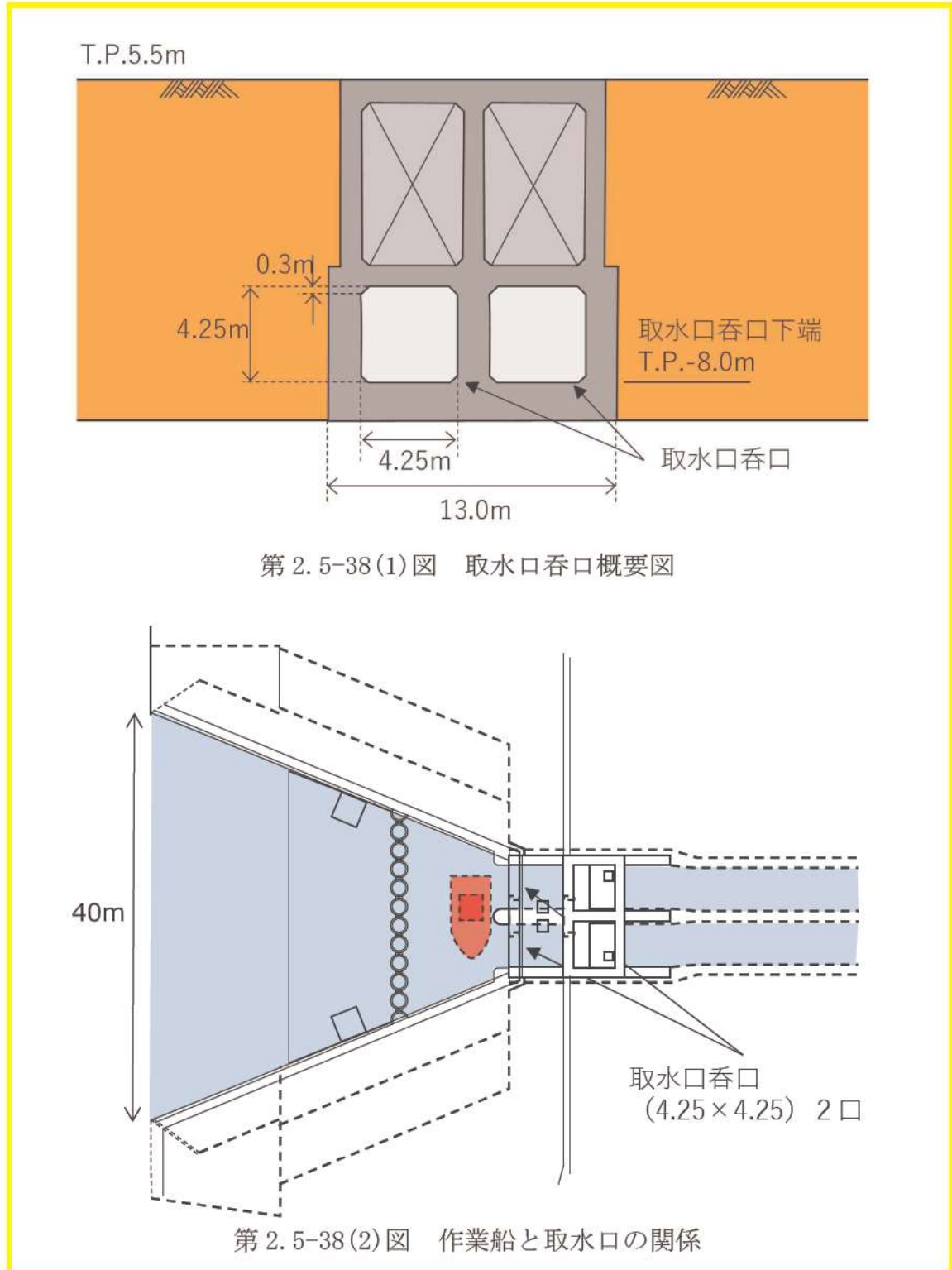
○作業船寸法（総トン数4.9トンの作業船代表例）

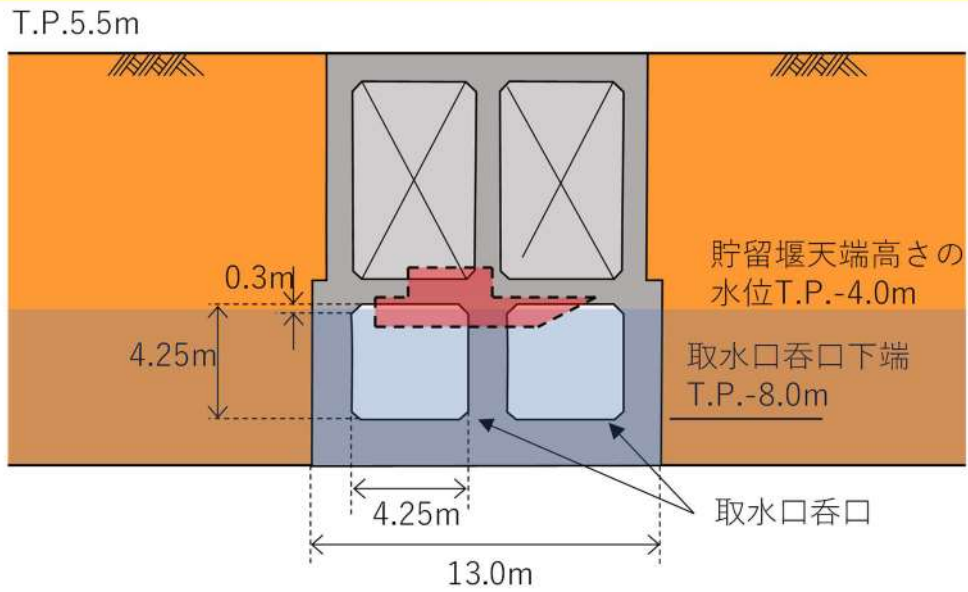
- ・長さ：約8m
- ・幅：約4m
- ・喫水：約1.0m

○作業船仕様（総トン数 4.9 トンの作業船代表例）

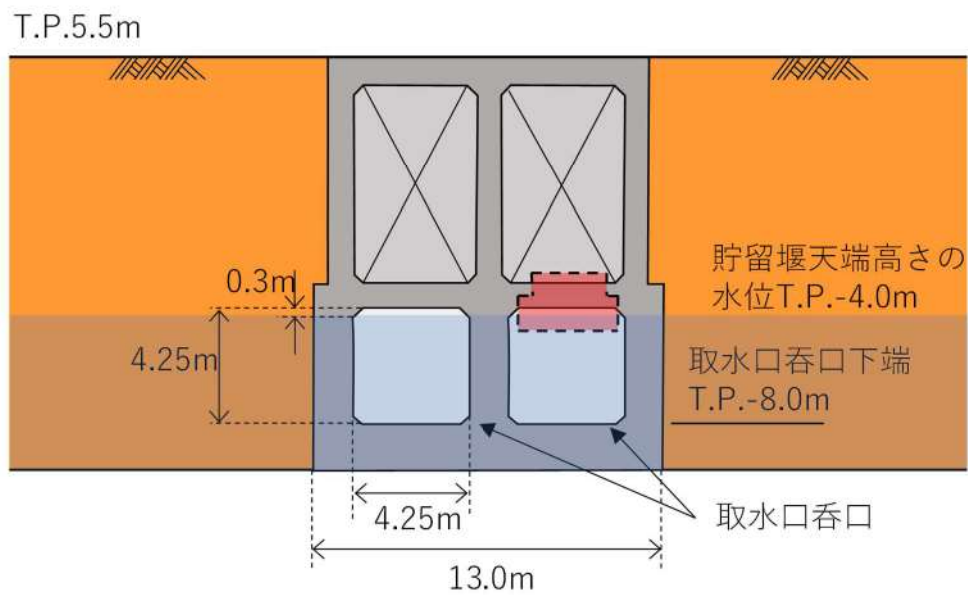
・FRP 製

以上より，作業船は原子炉補機冷却海水冷却系に必要な 3 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 2.5-38(3) 図 投影面積で評価した場合 (作業船側面)



第 2.5-38(4) 図 投影面積で評価した場合 (作業船正面)

追而
(燃料等輸送船の緊急退避以外の方策が確定次第記載する)

追而
(燃料等輸送船の緊急退避以外の方策が確定次第記載する)

④-2 発電所敷地外海域の船舶

調査範囲内にある漁港・港湾施設のうち、泊漁港、岩内港には船舶が海上に停泊していることに加え、船舶が陸上保管されている。堀株港については、海上に停泊している船舶はなく、船舶が陸上保管されている。茶津漁港については、船籍港として登録された船舶がなく、船舶の停泊及び陸上保管はされていない。

漁港・港湾施設の他に、泊村の海岸線には小規模な船揚場（茅沼船揚場・臼別船揚場・長尾船揚場・照岸船揚場）が点在している。海上に停泊している船舶はないが、船舶が陸上保管されている。

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2.5km以内において、総トン数15トン以下の小型船舶（漁船、プレジャーボート）が、発電所から2.5km以遠において、総トン数500トン以上の大型船舶（大型漁船、旅客船（クルーズ船）、浚渫水中作業船、貨物船、巡視船）が確認された。

抽出した発電所敷地外海域の船舶を第2.5-20表に、発電所周辺地域の漁業協同組合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を第2.5-21表に示す。

また、発電所沿岸の漁場と漁港・港から漁場までの航行ルートを第2.5-39図に、小規模な船揚場（茅沼船揚場・臼別船揚場・長尾船揚場・照岸船揚場）から漁場までの航行ルートを第2.5-40図に示す。

なお、日本海沖合に旅客船の航路（小樽-新潟、小樽-舞鶴）が存在するが、航路上最も接近する位置でも発電所から30km以上の距離があり、調査範囲内を航行するものではない。

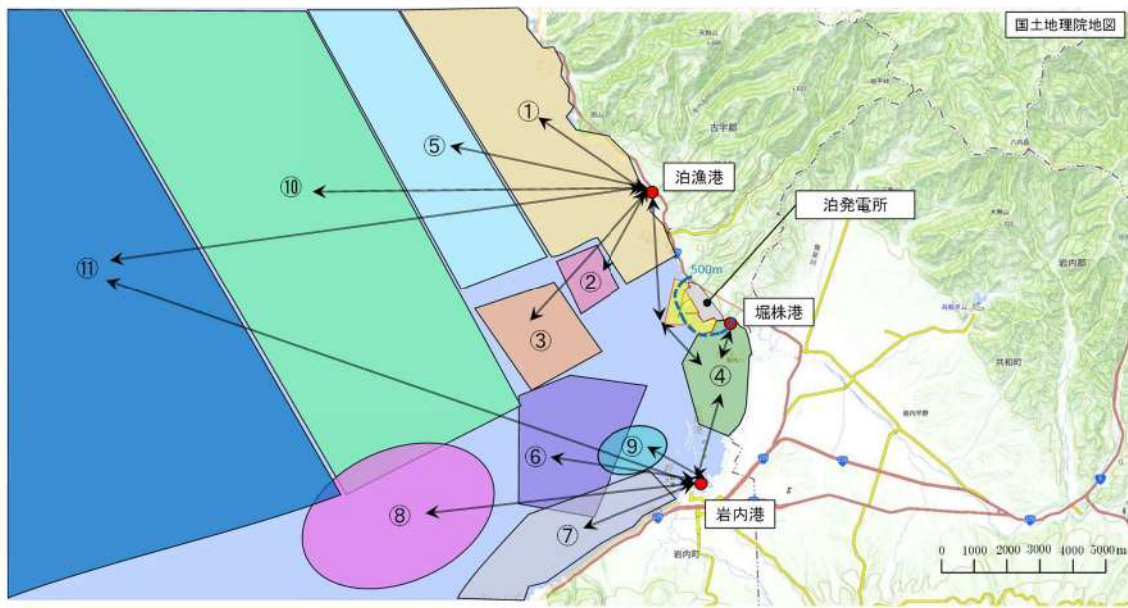
第 2.5-20 表 発電所敷地外海域の船舶

No.	船種	設置箇所	発電所からの距離	総トン数
1	漁船	岩内港 (停泊+陸上保管)	南方 約 6.0km	最大約 20 トン
		泊漁港 (停泊+陸上保管)	北西 約 4.0km	最大約 19 トン
		堀株港 (陸上保管)	南東 約 1.0km	最大約 0.2 トン
		茅沼船揚場 (陸上保管)	北西 約 2.5km	最大約 0.5 トン
		白別船揚場 (陸上保管)	北西 約 3.5km	最大約 1 トン
		長尾船揚場 (陸上保管)	北西 約 3.5km	最大約 0.5 トン
		照岸船揚場 (陸上保管)	北西 約 4.5km	最大約 0.6 トン
2※1	漁船	前面海域 (航行)	2.5Km 以内	最大約 15 トン
	プレジャーボート			最大約 2.7 トン※2※4
	漁船		2.5km 以遠	最大約 500 トン※2
	旅客船 (クルーズ船)			最大約 27,000 トン
	浚渫水中作業船			最大約 2,000 トン
	貨物船			最大約 1,500 トン※3
	巡視船			最大約 6,500 トン

- ※1：海上保安庁への聞き取り調査結果（2021年1月～2021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：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。
 ※4：プレジャーボートの航行ルートを特定することは困難であるため，保守的に発電所周辺の港湾が所管している最大規模のプレジャーボートが，2.5km以内を航行するものとして，評価を行う。

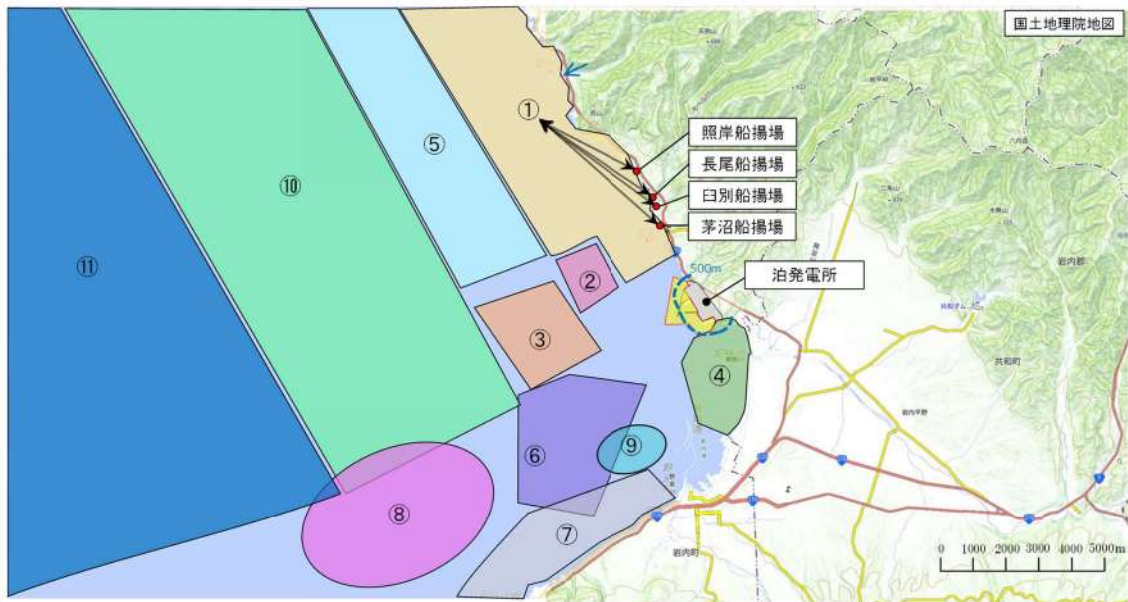
第 2.5-21 表 発電所沿岸で操業する漁船

名称	発電所護岸からの距離	漁場	目的	漁港・港船揚場	総トン数(質量)	漁場での操業船数(隻)
漁船	500m 以内	④	さけ(定置網) 浅海 定置網	泊漁港	最大 4.9 t (約 15 t)	2
				岩内港	最大 4.9 t (約 15 t)	2
				堀株港	最大 0.2 t (約 0.6 t)	1
	500m 以遠	①	浅海 定置網	泊漁港	最大 9.7 t (約 29 t)	11
				茅沼船揚場	最大 0.54 t (約 1.6 t)	2
				白別船揚場	最大 1.01 t (約 3 t)	4
				長尾船揚場	最大 0.47 t (約 1.4 t)	1
				照岸船揚場	最大 0.57 t (約 1.7 t)	3
		②	ホタテ養殖	泊漁港	最大 14.68 t (約 45 t)	2
		③	ホタテ養殖		最大 14.68 t (約 45 t)	2
		⑤	刺網 定置網		最大 9.88 t (約 30 t)	6
		⑥	ホタテ養殖		最大 4.9 t (約 15 t)	1
		⑦	さけ(定置網)	岩内港	最大 4.9 t (約 15 t)	12
		⑧	刺網		最大 16.0 t (約 48 t)	4
		⑨	底引き網		最大 4.9 t (約 15 t)	10
		⑩	刺網 いか釣り	泊漁港	最大 19 t (約 57 t)	5
岩内港	最大 19.81 t (約 60 t)			5		
⑪	いか釣り	泊漁港	最大 18 t (約 54 t)	2		
		岩内港	最大 19.81 t (約 60 t)	5		



① 浅海, 定置網	④ さけ(定置網), 浅海, 定置網	⑦ さけ(定置網)	⑩ 刺網, いか釣り	: 漁業権消滅区域 : 航行ルート
② ホタテ養殖	⑤ 刺網, 定置網	⑧ 刺網	⑪ いか釣り	
③ ホタテ養殖	⑥ ホタテ養殖	⑨ 底引き網		

第 2.5-39 図 発電所沿岸の漁場及び漁港・港から漁場までの航行ルート



① 浅海, 定置網	④ さけ(定置網), 浅海, 定置網	⑦ さけ(定置網)	⑩ 刺網, いか釣り	: 漁業権消滅区域 : 航行ルート
② ホタテ養殖	⑤ 刺網, 定置網	⑧ 刺網	⑪ いか釣り	
③ ホタテ養殖	⑥ ホタテ養殖	⑨ 底引き網		

第 2.5-40 図 発電所沿岸の漁場及び船揚場から漁場までの航行ルート

調査分類Dから抽出されたものについて、第 2.5-23 図に示す漂流物の選定・影響確認フローに従って、Step1【漂流する可能性】、Step2【到達する可能性】及び Step3【閉塞する可能性】の検討を行い、取水性への影響を評価した。

停泊若しくは陸上保管されている漁船については、係留索により係留又は陸上に保管されているが、津波波力により係留索が破損することで、漂流物となる可能性がある。基準津波の流向・流速を踏まえると、発電所に対して連続的な流れがないことから発電所に到達する可能性は十分に小さいが、到達を想定したとしても漁船の投影面積が取水口の取水面積より十分小さいことから、取水口を閉塞することはないと評価した。

発電所から 500m 以内で操業・航行する漁船については、大津波警報時には、「災害に強い漁業地域づくりガイドライン(水産庁 令和 5 年 3 月)」において、沖合に退避すると記載されていることから、沖合に退避すると考えられるが、航行不能になること(船舶の故障等)を想定し、漂流物となる可能性がある。基準津波の流向・流速を踏まえると、発電所に対して連続的な流れがないことから発電所に到達する可能性は十分に小さいが、到達を想定したとしても漁船の投影面積が取水口の取水面積より十分小さいことから、取水口を閉塞することはないと評価した。

発電所から 500m 以遠で操業・航行する漁船については、大津波警報時には、「災害に強い漁業地域づくりガイドライン(水産庁 令和 5 年 3 月)」において、沖合に退避すると記載されていることから、沖合に退避すると考えられるが、航行不能になること(船舶の故障等)を想定し、漂流物となる可能性がある。基準津波の流向・流速を踏まえると、発電所に対して連続的な流れがないことから発電所に到達する可能性は十分に小さいが、到達を想定したとしても漁船の投影面積が取水口の取水面積より十分小さいことから、取水口を閉塞することはないと評価した。

発電所前面海域を航行する船舶としては、海上保安庁への聞き取り調査等により発電所から 2.5km 以上離れた沖合を航行するプレジャーボート、漁船、旅客船、浚渫水中作業船、貨物船及び巡視船が確認した。2.5 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、発電所から約 2.5km 以上離れた沖合を航行しているため、津波来襲への対応が可能であること及び総トン数 20 トン以上の船

船については、国土交通省による検査が義務付けられていることから、航行中に故障等により操船出来なくなることは考えにくく、漂流物とならないと評価した。漂流する可能性を完全に否定することは困難であるため、取水口へ到達する可能性について評価し、基準津波の流向・流速を踏まえると、発電所に対して連続的な流れがないことから発電所に到達しないと評価した。

第 2.5-22 表 発電所敷地外海域船舶の評価結果

No.	名称	設置箇所	総トン数※1	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	漁船	漁港・港・船揚場 (停泊)	19.81t	漂流する可能性があるものとして、取水口に到達する可能性について評価する。	<p>発電所に対して連続的な流れがないことから発電所に到達する可能性は十分に小さいが、到達することを考慮する。</p>	<p>【判断基準：i】 漁船の投影面積が取水口の取水面積より十分小さいことから、取水口を閉塞することはない。</p>	IV
2	漁船	発電所から500m以内で操業・航行	4.9t※2	大津波警報時には、「災害に強い漁業地域づくりガイドライン(水産庁令和5年3月)」において、沖合に撤退すると記載されていることから、沖合に撤退すると考えられるが、航行不能になること(船舶の故障等)を想定し、漂流する可能性があるものとして、取水口に到達する可能性について評価する。			
3	漁船	発電所から500m以遠で操業・航行	19.81t※2	航行不能になること(船舶の故障等)を想定し、漂流する可能性があるものとして、取水口に到達する可能性について評価する。			
4	プレジャーボート		2.7t		<p>【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がなく港湾に到達しない。</p>	-	III
5	漁船		500t				
6	旅客船 (クルーズ船)	前面海域を航行	26, 518t	海上保安庁への聞取調査結果より、発電所から約2.5km以上離れた沖合を航行しているため、津波来襲への対応が可能であること及び総トン数20トン以上の船舶については、国土交通省による検査が義務付けられていることから、航行中に故障等により操船出来なくなること			
7	浚渫水中作業船		1, 990t	は考えにくく、漂流物とならない。			
8	貨物船		1, 500t				
9	巡視船		6, 500t				

※1：最大規模の総トン数を記載

※2：泊発電所周辺の海域で操業・航行する可能性のある漁船について検討した結果を添付資料 41 に示す。

(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、3号炉取水口前面に到達する可能性及び3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の取水性確保に影響を及ぼさないことを確認した。

さらに、3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、全体流量に対する原子炉補機冷却海水ポンプ流量の比（約3%）から、漂流物により通水面積の約97%が閉塞されない限り、取水機能が失われることはないため、複数の漂流物が同時に漂着しないことを確認する必要がある。確認した結果を以下に示す。

津波は流向を有していることから、漂流物がすべて取水口前面に到達する可能性は低いと考える。万一、漂流物のすべてが取水口前面に集約された場合を想定しても、漂流物が隙間なく整列することは考えにくい。また、漂流物の形状から取水口に密着することは考えにくく、取水口を完全に閉塞させることはないと考えられるため、原子炉補機冷却海水ポンプの取水は可能である。

また、これらの漂流物が設置されている場所は、広範囲に分散されているため、漂流物が同時に取水口前面に到達することはないと考える。

なお、津波来襲後、巡視点検等により取水口が設置されている構内海域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、原子炉補機冷却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。

・防潮堤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、3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潮堤、貯留堰が挙げられる。

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、「(b) 取水性への影響評価」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

「(b) 取水性への影響評価」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防潮堤等に到達する可能性のある漂流物として、巡視点検車両等及び緊急退避ができない可能性がある作業船及び 500m 以内で操業及び航行する漁船が挙げられる。これらのうち最も重量の大きいものを基本とする設計条件として設定する（第 2.5-23 表）。基本とする設計条件として設定する対象漂流物のうち防潮堤等から 500m 以遠で操業及び航行する漁船については、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。また防潮堤等から 500m 以遠で操業及び航行する漁船については、漂流物になった場合においても発電所に対する連続的な流れが無いことから防潮堤等に到達する可能性は十分に小さいが、仮に津波防護施設に衝突する場合の影響について確認する。

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、最大流速は発電所周辺で 17.63m/s が抽出されたことから、安全側に 18.0m/s を津波防護施設の衝突荷重評価に用いる漂流速度として設定する。（添付資料 16 参照）

第 2.5-23 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	
防潮堤 貯留堰	直近海域 (防潮堤等から 500m 以内)	敷地内車両 (巡視点検車両等 ^{※1}) 作業船 (総トン数 4.9 トン) 発電所周辺 500m 以内漁船 ^{※2} (総トン数 4.9 トン)
	前面海域 (防潮堤等から 500m 以遠)	発電所周辺 500m 以遠漁船 ^{※2} (総トン数 19.81 トン)

※1：巡視点検車両等で漂流する可能性があるものについては，衝突荷重が船舶の作業船（総トン数 4.9 トン）の衝突荷重未滿となるよう防潮堤区画外での作業を制限する。

※2：漁船については，基準津波の流向・流速から津波防護施設へ到達する可能性は十分に小さいが，衝突する場合の影響を考慮した。

(d) 除塵設備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設備については、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、除塵設備については、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、原子炉補機冷却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。

追而

(入力津波確定後に評価結果を踏まえて記載する)



第 2.5-41 図 除塵設備写真

i. 津波による破損に対する評価

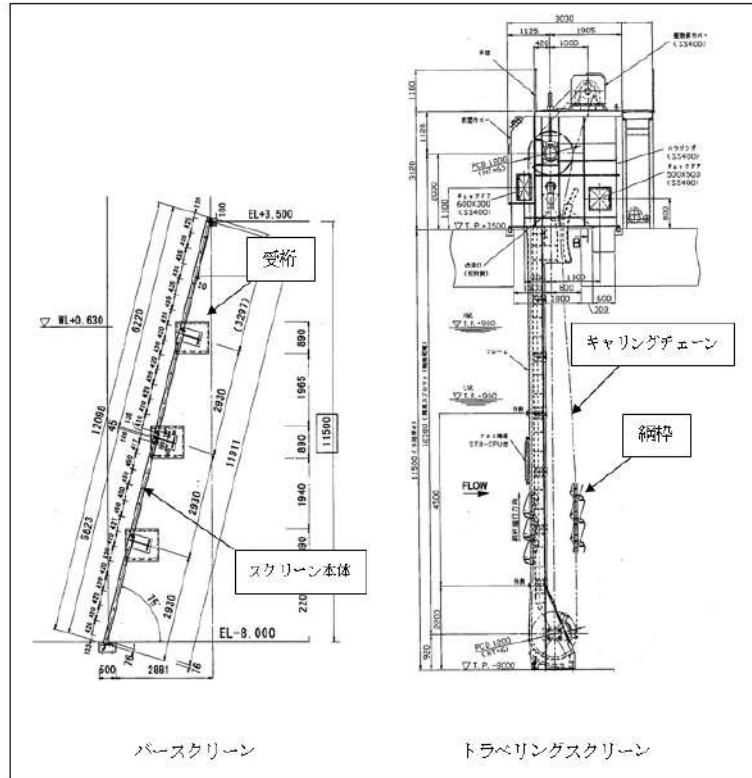
a. 確認方法

除塵設備の概要は第 2.5-42 図に示すとおりであり、除塵設備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 2.5-43 図、算出位置における流速評価結果を第 2.5-44 図に示す。

追而

(入力津波確定後に評価結果を踏まえて記載する)



第 2.5-42 図 除塵設備の評価対象部



第 2.5-43 図 除塵設備概要図

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

追而
(入力津波確定後に評価結果を踏まえて記載する)

第 2.5-44 図 流速評価結果 (入力津波●)

b. 確認結果

追而
(入力津波確定後に評価結果を踏まえて記載する)

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。

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、防潮堤の海側となる防潮堤区画外（津波溯上域）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 7 km 圏内の範囲全体とする。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 4 つに対して、漂流物となる可能性のある施設・設備の配置特性を踏まえ、調査分類を 4 つに区分して調査を実施する。分類ごとの調査対象、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に基づき、具体的に記録する。調査方法を別紙 2 に示す。例として、発電所敷地内陸域の構造物の調査結果を抜粋して示す。

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 及び 調査分類	調査方法
発電所 構内・構外	海域・陸域		
発電所 構内	海域	船舶	資料調査 ・「港湾施設使用願」と「専用港利用計画」を調査し、港湾内に作業により来航する船舶を抽出 ・国土地理院地理院地図 (Web)、海上保安庁「海しる (海洋状況表示システム)」を調査し、調査範囲内にある航路等を抽出
			聞き取り調査 ・漁協、自治体関係者、海上保安庁及び社内関係者への聞き取り調査により対象を抽出
	陸域	発電所敷地内における人工構造物	資料調査 ・構内配置図等により、構内にある建屋、機器類等を抽出 ・資料調査及び現場調査にて抽出された施設・設備等の仕様を調査
			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 ・現場調査により、調査対象を抽出
発電所 構外	海域	海上設置物	資料調査 ・国土地理院地理院地図 (Web)、海上保安庁「海しる (海洋状況表示システム)」を調査し、調査範囲内にある養殖漁業施設、漁業区域等を抽出
			聞き取り調査 ・漁協、自治体関係者及び社内関係者への聞き取り調査により対象を抽出
		船舶	現場調査 ・現場を調査し、対象を抽出
			資料調査 ・漁協及び自治体管理資料等の調査により対象を抽出 ・国土地理院地理院地図 (Web)、海上保安庁「海しる (海洋状況表示システム)」を調査し、調査範囲内にある航路等を抽出
	陸域	漁港・市街地における人工構造物	聞き取り調査 ・漁協、自治体関係者、海上保安庁及び社内関係者への聞き取り調査により対象を抽出
			資料調査 ・泊村、共和町、岩内町のHP、国土地理院地理院地図 (Web)、海上保安庁「海しる (海洋状況表示システム)」等を調査し、調査範囲内にある市街地及び漁港・港湾施設を抽出
			聞き取り調査 ・漁協、自治体関係者及への聞き取り調査により対象を抽出 ・現場を調査し、対象を抽出
			現場調査 ・発電所敷地外の車両の調査については、詳細を添付資料 34 に示す

調査範囲の概要

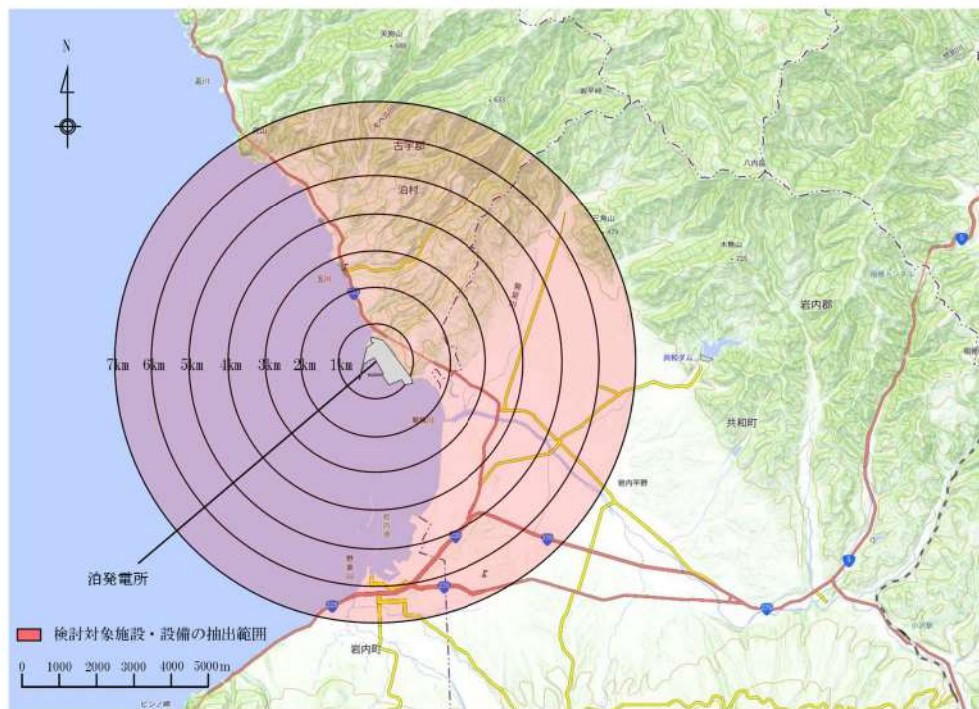


図 1 漂流物調査範囲（発電所敷地外）

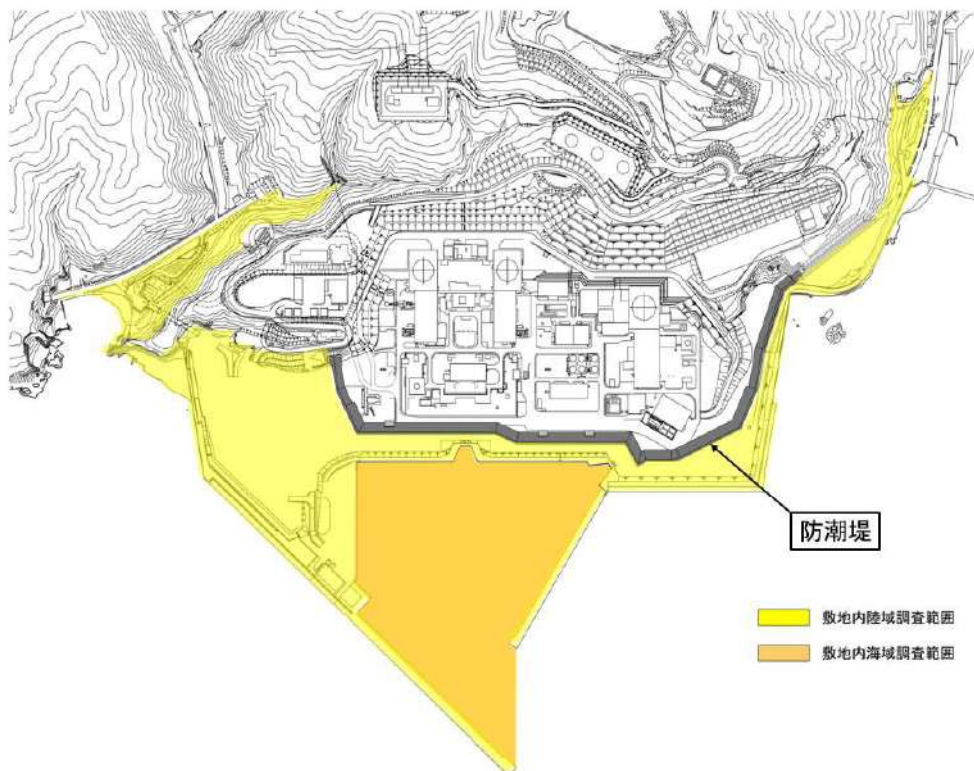


図 2 漂流物調査範囲（発電所敷地内）

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	具体例		
発電所 構内	海域	船舶	D 燃料等輸送船 発電所港湾内 作業船, 漁船, 旅客船等	<ul style="list-style-type: none"> 「港湾施設使用願」と「専用港利用計画」を調査し, 作業により港湾内に来航する船舶を抽出 国土地理院地理院地図 (Web), 海上保安庁「海しる (海洋状況表示システム)」を調査し, 調査範囲内にある航路等を抽出 漁協, 自治体関係者, 海上保安庁及び社内関係者への聞取調査により対象を抽出 	名称, 重量, 航路等
	陸域	発電所 敷地内 におけ る人工 構造物	A 港湾施設 建屋 設備 工事用車両 等	<ul style="list-style-type: none"> プラント配置図等の資料を調査し, 調査範囲内にある建屋, 機器類等を抽出 資料調査及び現場調査にて抽出された施設・設備等の仕様を調査 社内関係者への聞取調査により対象を抽出 現場を調査し, 対象を抽出 	名称, 設置場 所, 形状, 数 量, 重量等
発電所 構外	海域	海上設 置物	C 養殖漁業施設 その他発電所 港湾施設 ブイ 等	<ul style="list-style-type: none"> 国土地理院地理院地図 (Web), 海上保安庁「海しる (海洋状況表示システム)」を調査し, 調査範囲内にある養殖漁業施設, 漁業区域等を抽出 漁協, 自治体関係者及び社内関係者への聞取調査により対象を抽出 現場を調査し, 対象を抽出 	名称, 設置場 所, 形状, 数 量, 重量, 材 料等
		船舶	D 燃料等輸送船 発電所港湾内 作業船, 漁船, 旅客船等	<ul style="list-style-type: none"> 漁協及び自治体管理資料等の調査により対象を抽出 国土地理院地理院地図 (Web), 海上保安庁「海しる (海洋状況表示システム)」を調査し, 調査範囲内にある航路等を抽出 漁協, 自治体関係者, 海上保安庁及び社内関係者への聞取調査により対象を抽出 	名称, 重量, 航路等
	陸域	漁港・ 市街地 におけ る人工 構造物	B 港湾施設 商・工業施設 公共施設 家屋 等	<ul style="list-style-type: none"> 泊村, 共和町, 岩内町のHP, 国土地理院地理院地図 (Web), 海上保安庁「海しる (海洋状況表示システム)」等を調査し, 調査範囲内にある市街地及び漁港・港湾施設を抽出 漁協, 自治体関係者及への聞取調査により対象を抽出 現場を調査し, 対象を抽出 発電所敷地外の車両の調査については, 詳細を添付資料 34 に示す 	名称, 設置場 所, 形状, 数 量, 重量, 材 料等

漂流物調査結果リスト（敷地内）

番号	調査エリア	名称	寸法・面積	資料調査・聞き取り調査			現状調査					
				構造・材質	重量 (最も大きなものを記載)	調査日	数量	状態 ※1	写真 ※2	調査日	備考 ※2	
1	III	中継ポンプ室	W15.5m × L6.0m × H4.38m	構造：RC造 基礎形式：柱基礎(RC造木欄)	約197t(基礎除く)	2021/9/29	1	設置	⑧-009 ⑧-012	2021/9/14	2016.2.5の調査結果から寸法・重量の変更なし	
2	III	高圧浄水設備設置										撤去済み
3	III	モニタリング設備舎(EPO-1)	W2.65m × L2.45m × H3.0m	構造：RC造 基礎形式：面状基礎(布基礎)	約22t(基礎共)	2021/9/29	1	設置	⑧-011 ⑧-011b	2021/9/14	2016.2.5の調査結果から寸法・重量の変更なし	
4	IX	モニタリング設備舎(EPO-2)	W2.65m × L2.45m × H3.0m	構造：RC造 基礎形式：面状基礎(布基礎)	約22t(基礎共)	2021/9/29	1	設置	⑧-001 ⑧-002 ⑧-002a	2021/9/19	2016.2.5の調査結果から寸法・重量の変更なし	
5	I	モニタリング設備舎(EPO-6)	W2.65m × L2.45m × H3.0m	構造：RC造 基礎形式：面状基礎(布基礎)	約22t(基礎共)	2021/9/29	1	設置	①-025 ①-025a ①-025b	2021/9/19	2016.2.5の調査結果から寸法・重量の変更なし	
6	II	モニタリング設備舎(EPO-7)	W2.65m × L2.45m × H3.0m	構造：RC造 基礎形式：面状基礎(布基礎)	約22t(基礎共)	2021/9/29	1	設置	②-005 ②-005a	2021/9/13	2016.2.5の調査結果から寸法・重量の変更なし	
7	I	モニタリング設備舎(EPO-PS)	W2.65m × L2.45m × H3.0m	構造：RC造 基礎形式：面状基礎(布基礎)	約22t(基礎共)	2021/9/29	1	設置	①-022 ①-022b	2021/9/13	2016.2.5の調査結果から寸法・重量の変更なし	
8	V	機器室計測室	W6.5m × L4.8m × H3.9m	構造：RC造 基礎形式：面状基礎(布基礎)	約124t(基礎共)	2021/9/29	1	設置	⑤-023 ⑤-023b	2021/9/14	2016.2.5の調査結果から寸法・重量の変更なし	
9	VI	31F	1.8m × 1.8m × 2.8m	構造：鋼製 基礎形式：コンクリート基礎	約1t	2021/9/29	1	設置	⑥-001 ⑥-002	2021/9/14	2016.2.5の調査結果から寸法・重量の変更なし	
10	I	観音寺庫房	W14.4m × L6.3m × H3.8m →W13.5m × L3.6m × H3.3m	構造：RC造 基礎形式：面状基礎(布基礎)	約208t(基礎共)	2021/9/29	1	設置	①-008 ①-012 ①-013	2021/9/13	2016.2.5の調査結果から寸法・重量の変更なし	

※1：構造物等（固定あり/固定なし/設置）、車両（駐車）とする。

※2：上記の凡例によらない特記事項を記載する。

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／年）に確認するとともに，「(2)e. 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2.5-25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。

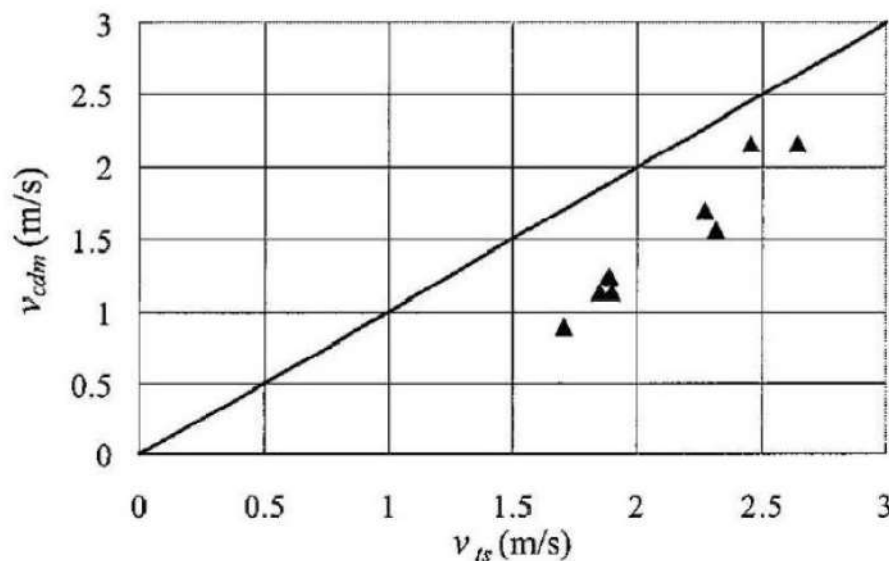
また，発電所の施設・設備の設置・改造等を行う場合においても，都度，津波防護施設の健全性又は取水機能を有する安全設備の取水性への影響評価を実施し，必要に応じて，対策を実施する。

これらの調査・評価方針については，品質マネジメント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。



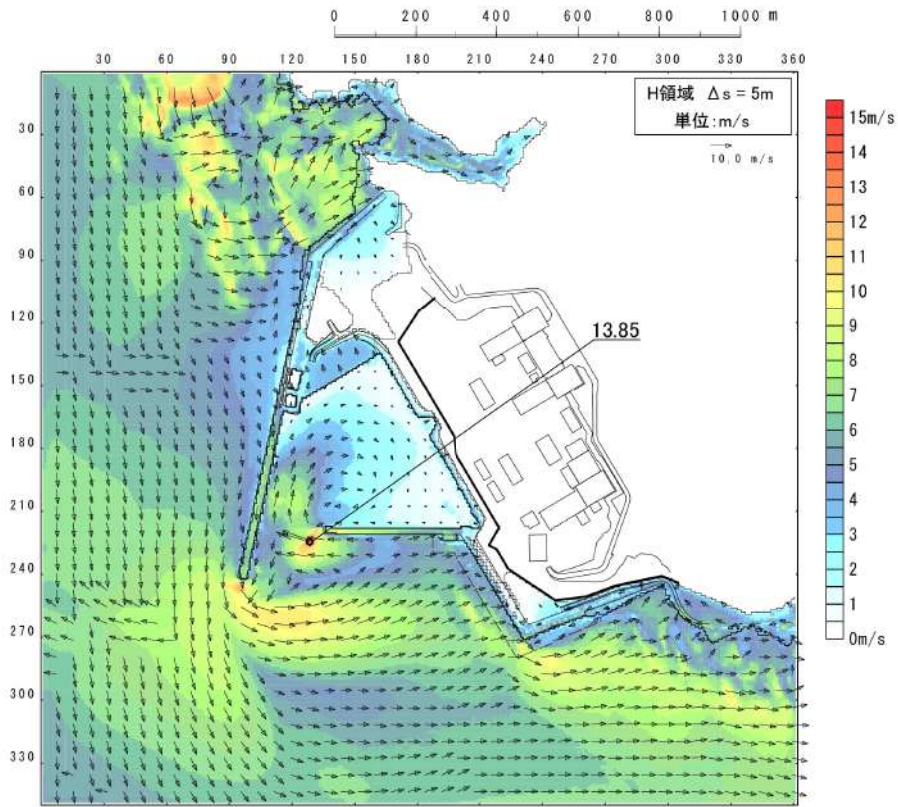
第1図 浸水流速 v_{ts} と最大漂流速度 v_{cdm} の関係

※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)

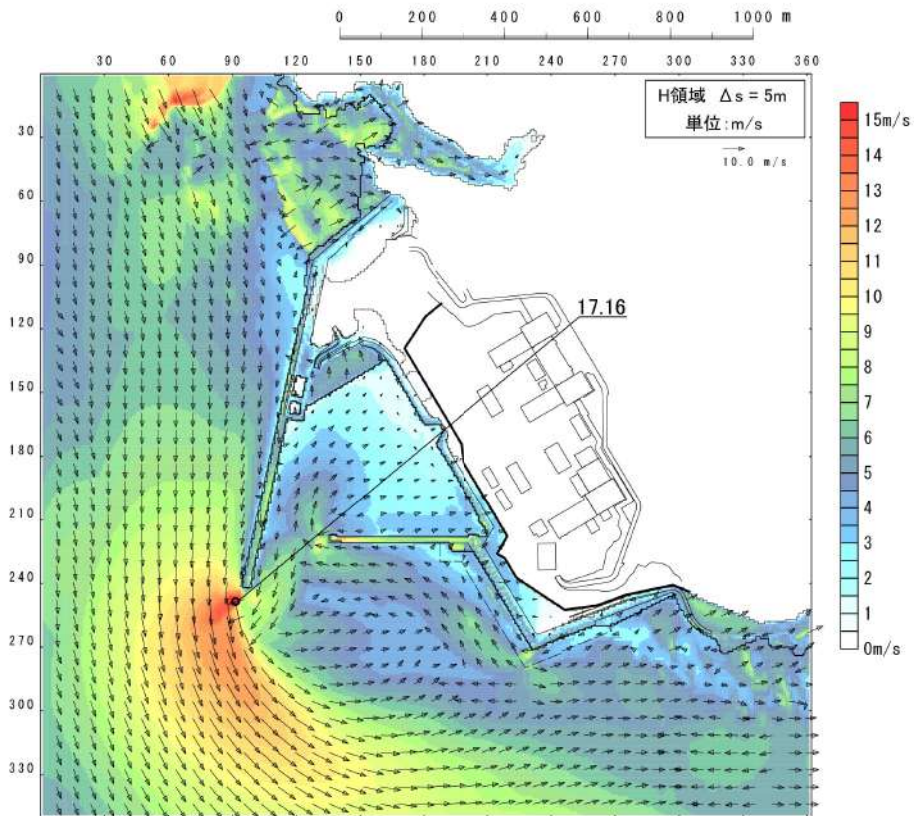
漂流物の衝突速度は、評価対象施設周辺の流速に依存すると考えられるが、安全側の評価を実施するために、発電所周辺における最大流速を衝突荷重評価に用いる漂流速度として設定する。津波の流速は、津波遡上シミュレーションにより得られる値を用いる。設定に当たっては、「防潮堤の損傷」及び「敷地前面海底地盤（海域）の2m沈下」を影響要因として考慮する。

発電所周辺における最大流速分布を第2～21図に示す。

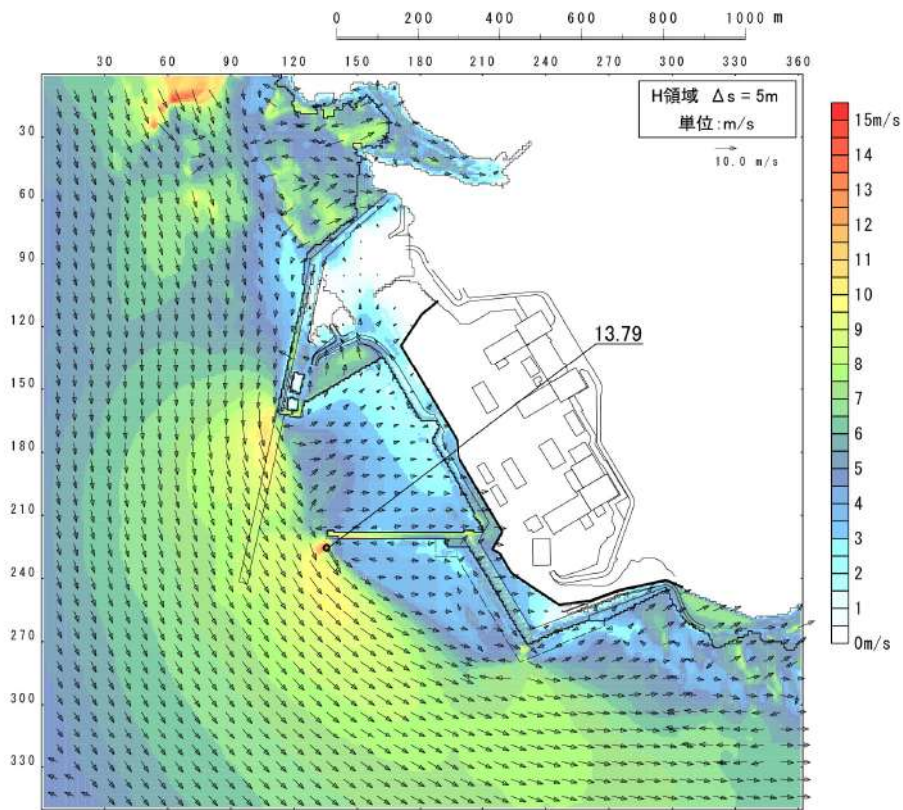
結果として、最大流速は17.78m/sが抽出された。この値を更新する可能性のある地形変化として「地滑り地形①の崩壊」を更に考慮した場合の最大流速分布を第22図に示す。結果として、最大流速は17.86m/sとなったことから、安全側に18.0m/sを津波防護施設の衝突荷重評価に用いる漂流速度として設定する。



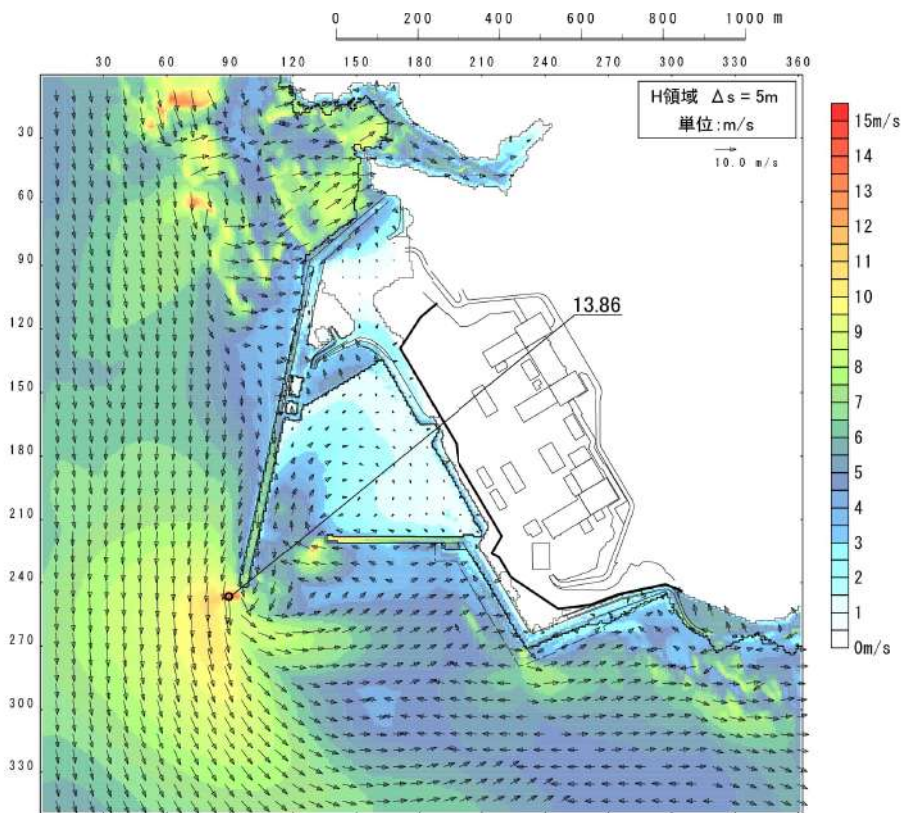
第2図 最大流速分布 (波源A, 防波堤損傷なし)



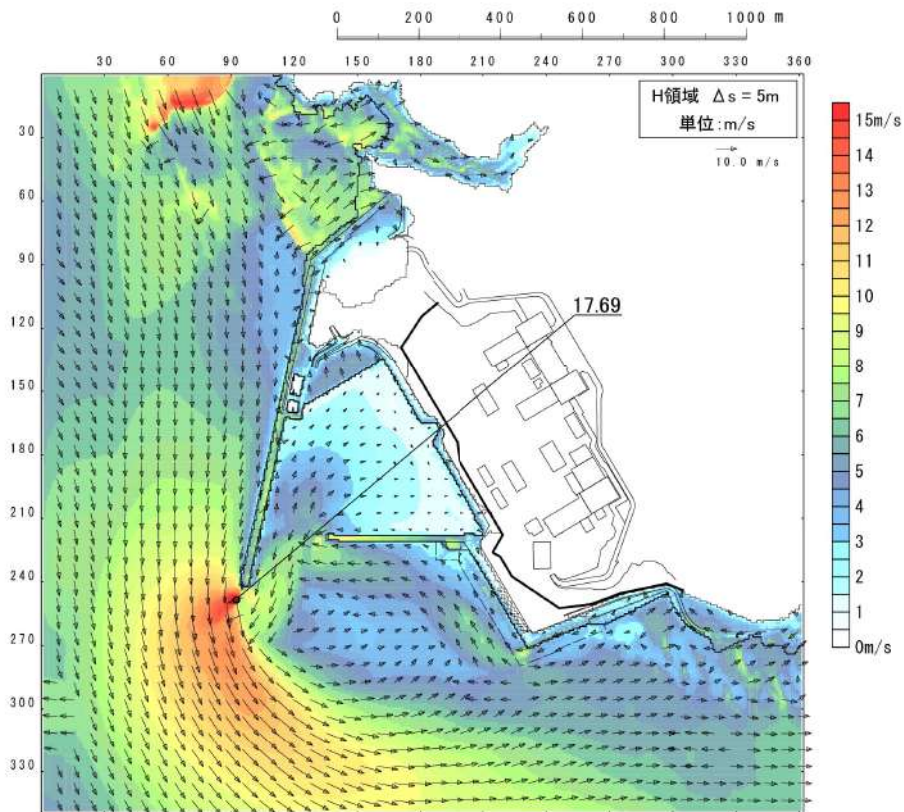
第3図 最大流速分布 (波源B, 防波堤損傷なし)



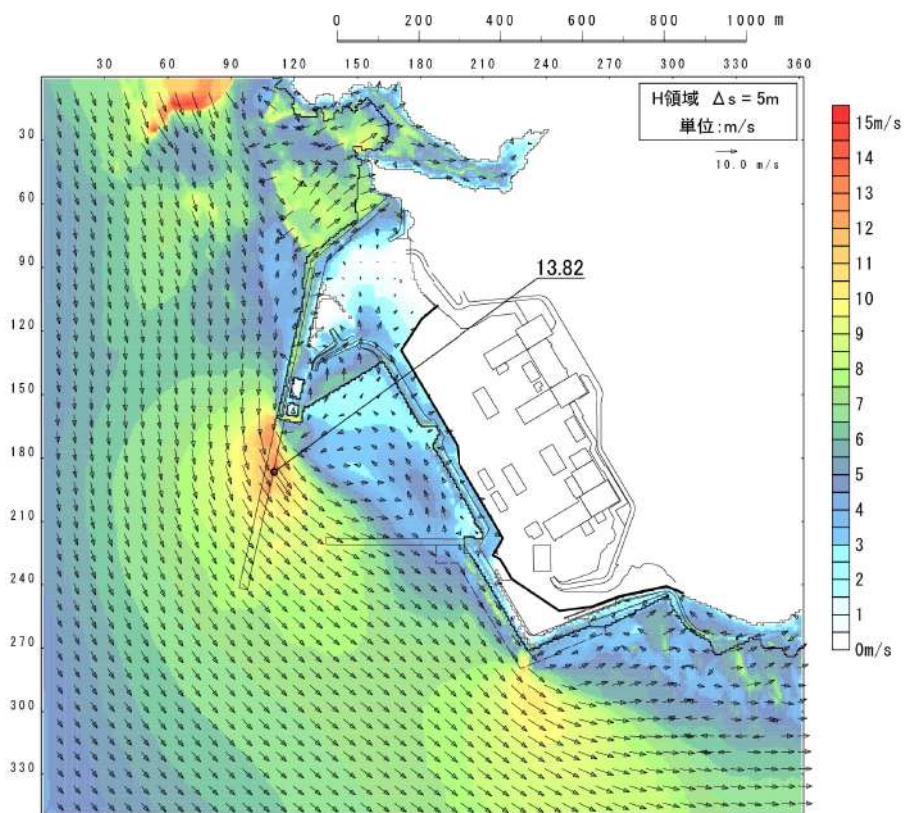
第4図 最大流速分布 (波源B, 北防波堤損傷)



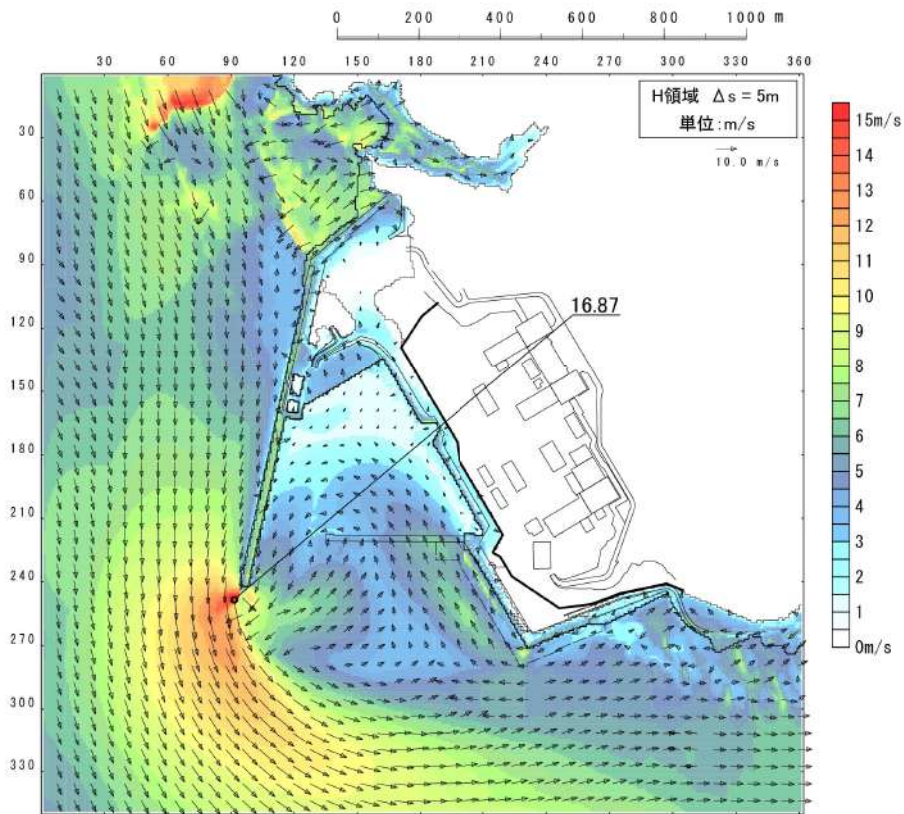
第5図 最大流速分布 (波源C, 防波堤損傷なし)



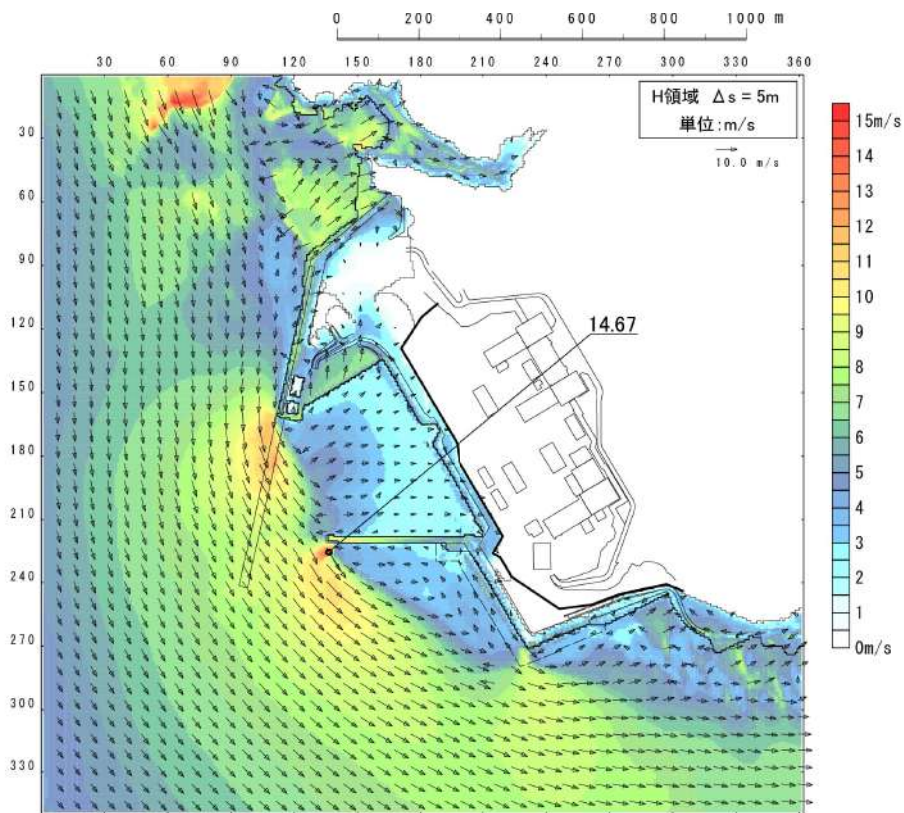
第6図 最大流速分布（波源D，防波堤損傷なし）



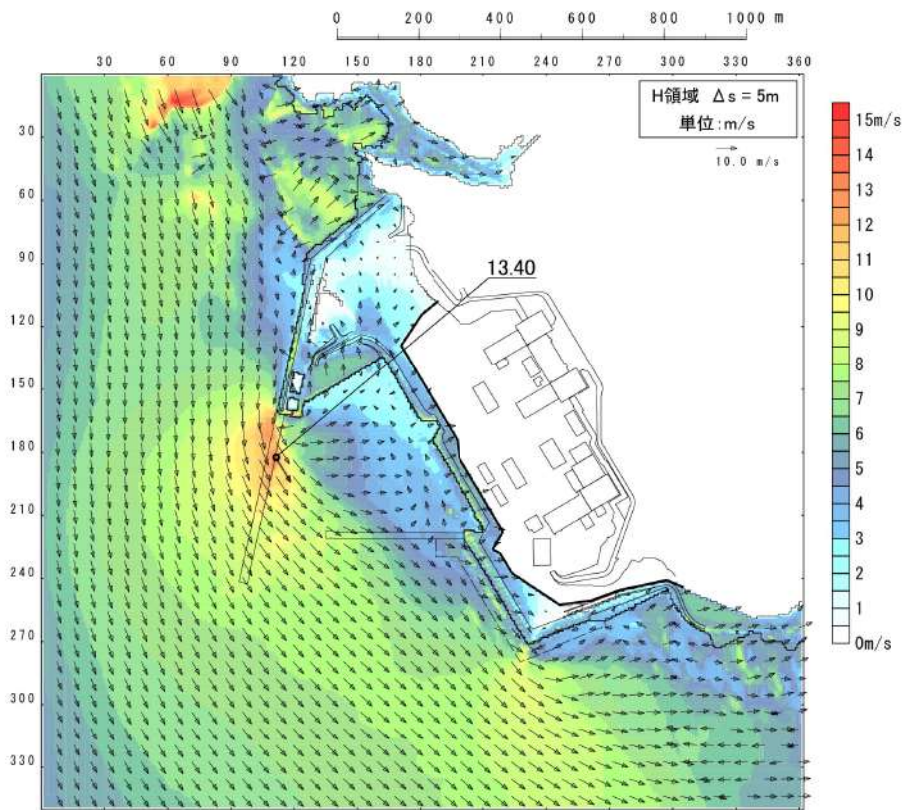
第7図 最大流速分布（波源D，北及び南防波堤損傷）



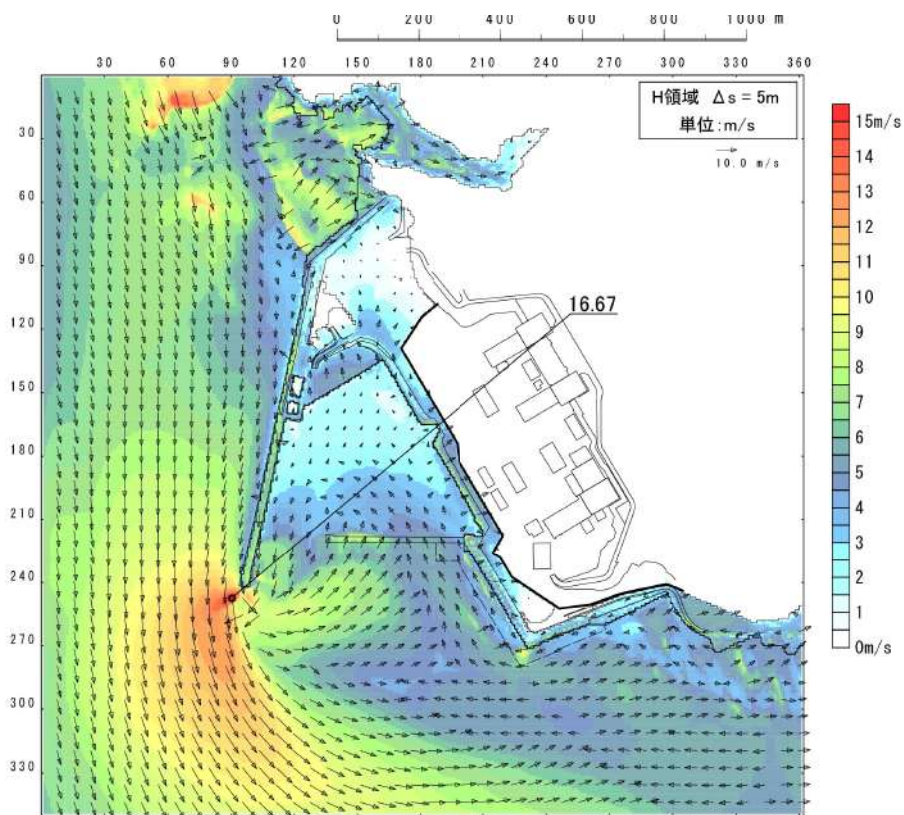
第8図 最大流速分布 (波源D, 南防波堤損傷)



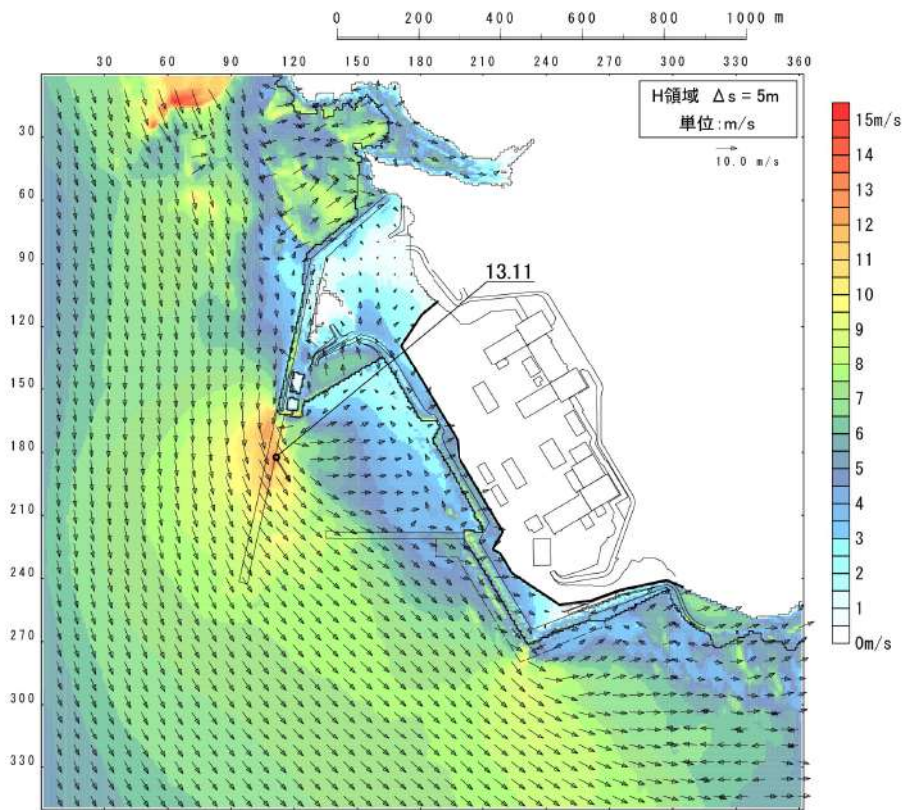
第9図 最大流速分布 (波源D, 北防波堤損傷)



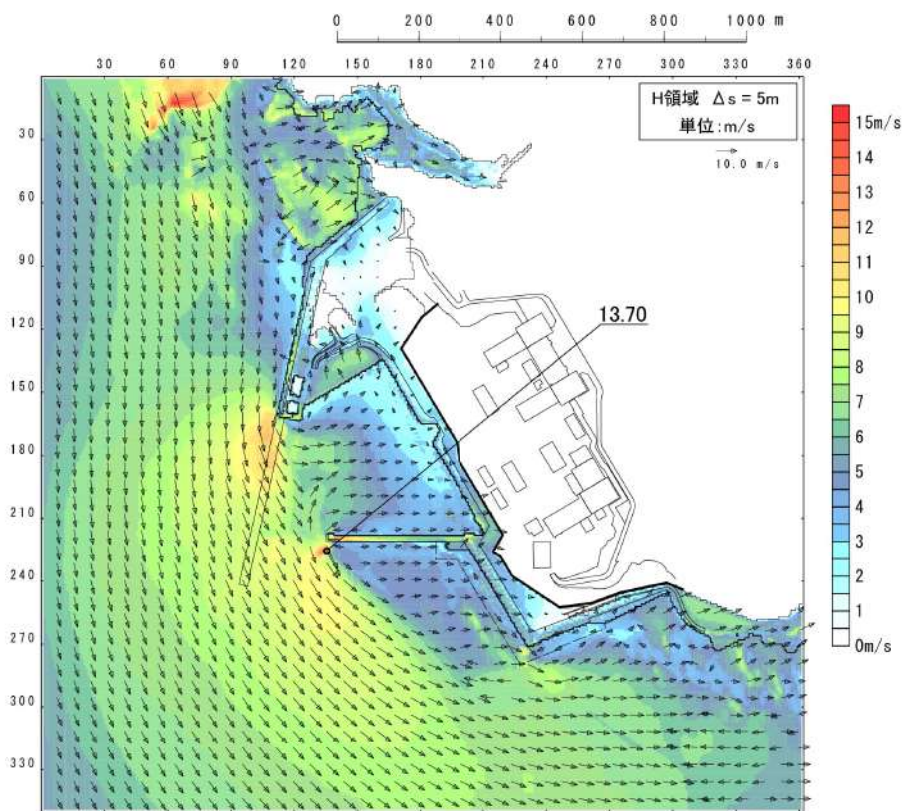
第 10 図 最大流速分布 (波源 E, 北及び南防波堤損傷)



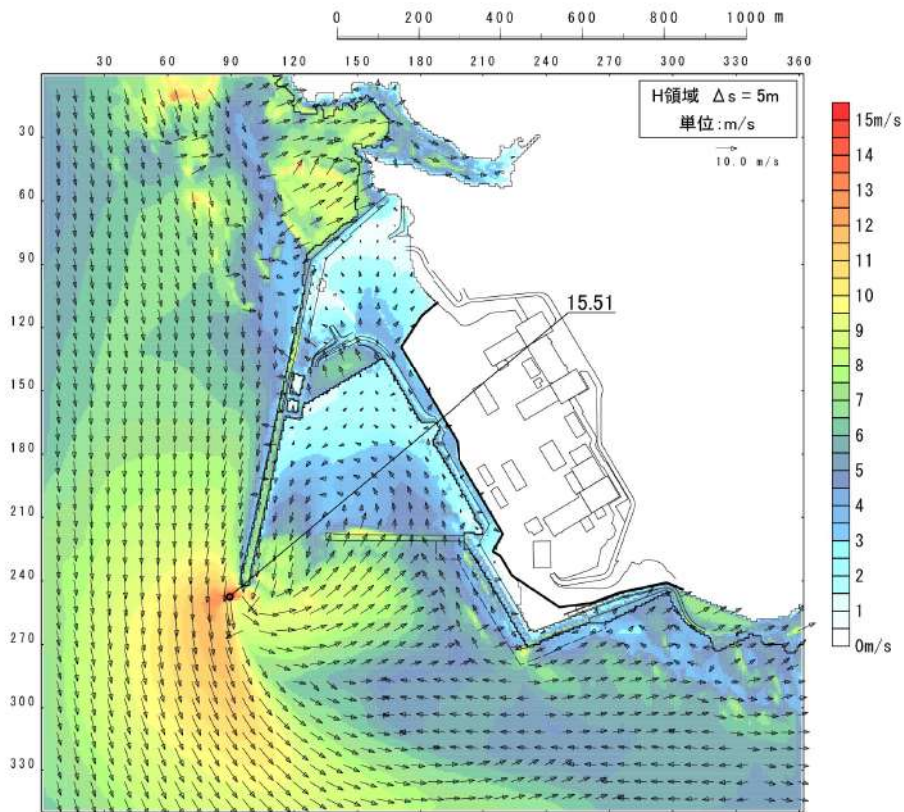
第 11 図 最大流速分布 (波源 E, 南防波堤損傷)



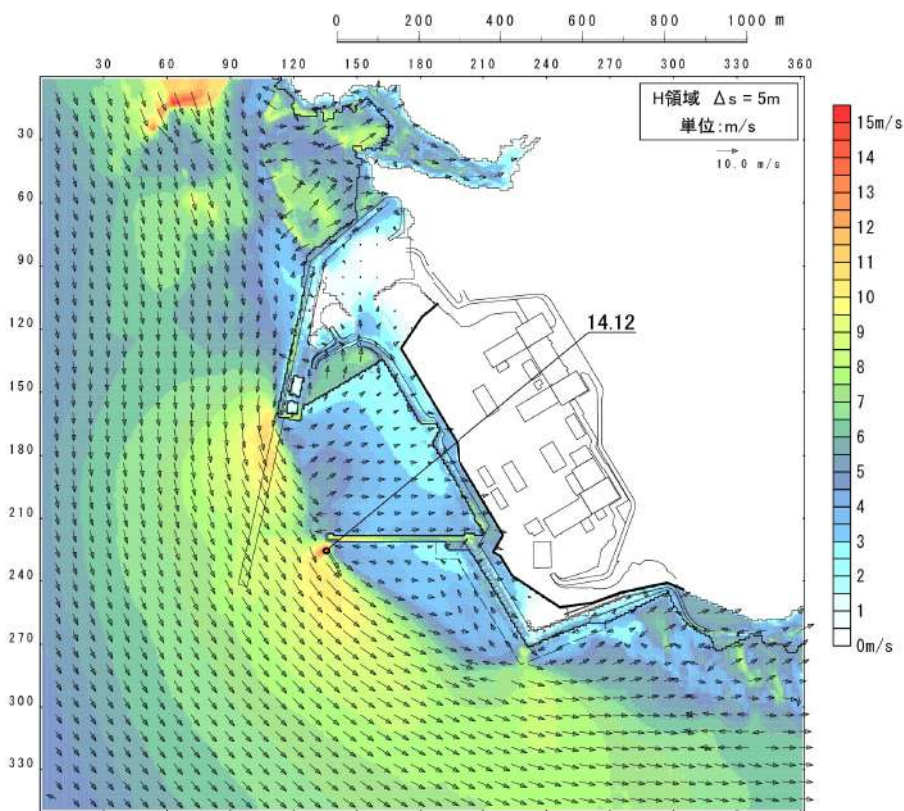
第 12 図 最大流速分布 (波源 F, 北及び南防波堤損傷)



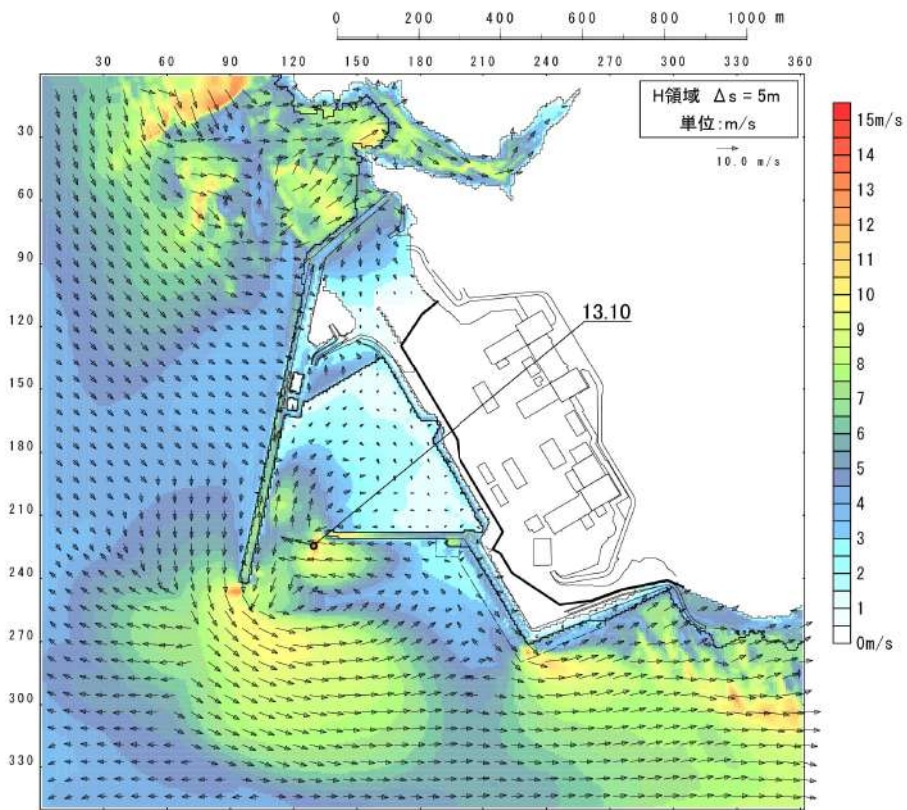
第 13 図 最大流速分布 (波源 F, 北防波堤損傷)



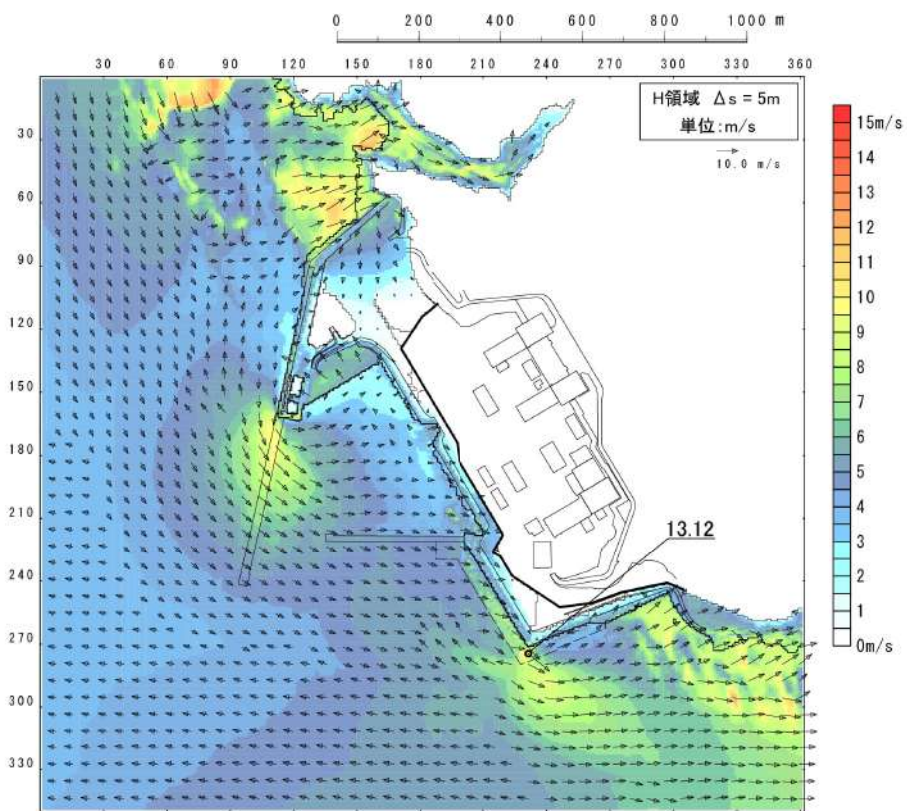
第 14 図 最大流速分布 (波源G, 南防波堤損傷)



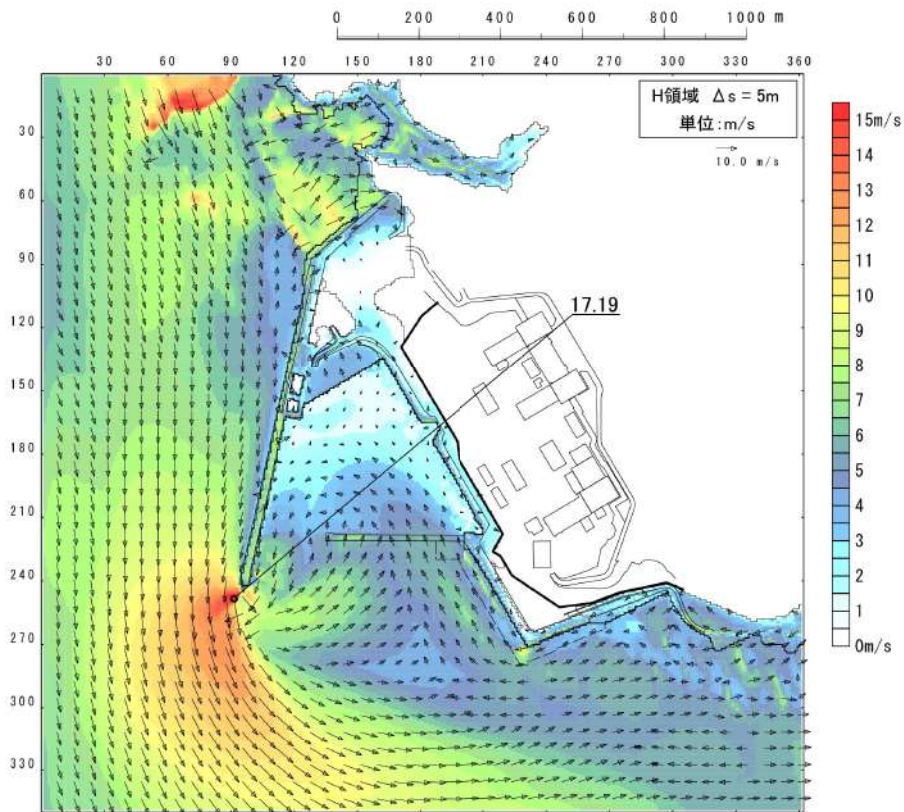
第 15 図 最大流速分布 (波源H, 北防波堤損傷)



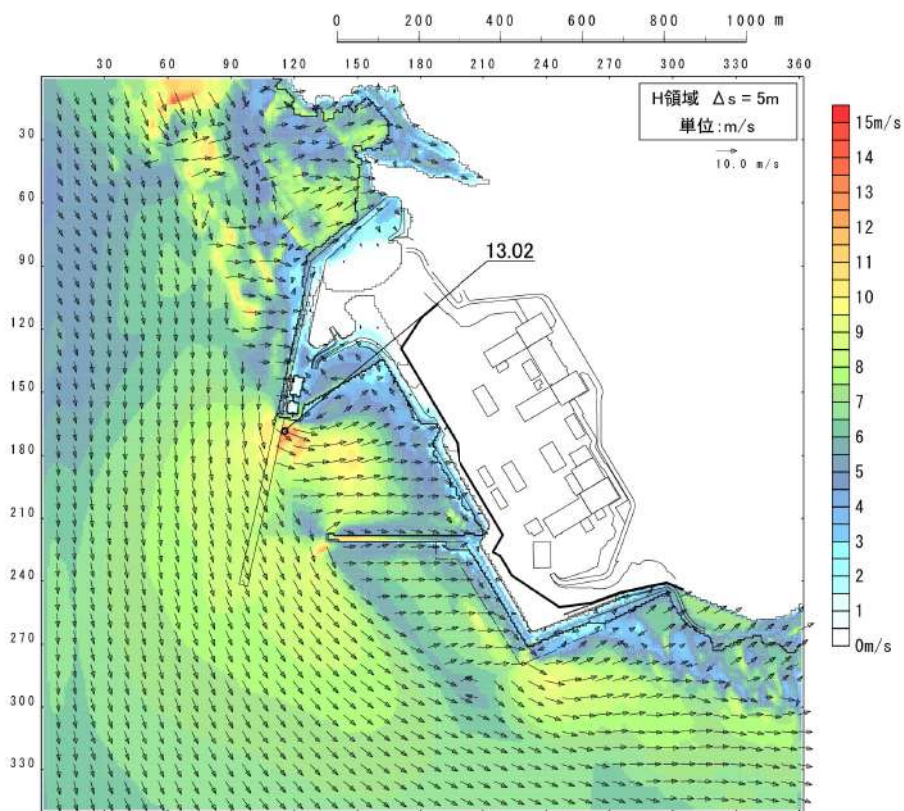
第 16 図 最大流速分布 (波源 I, 防波堤損傷なし)



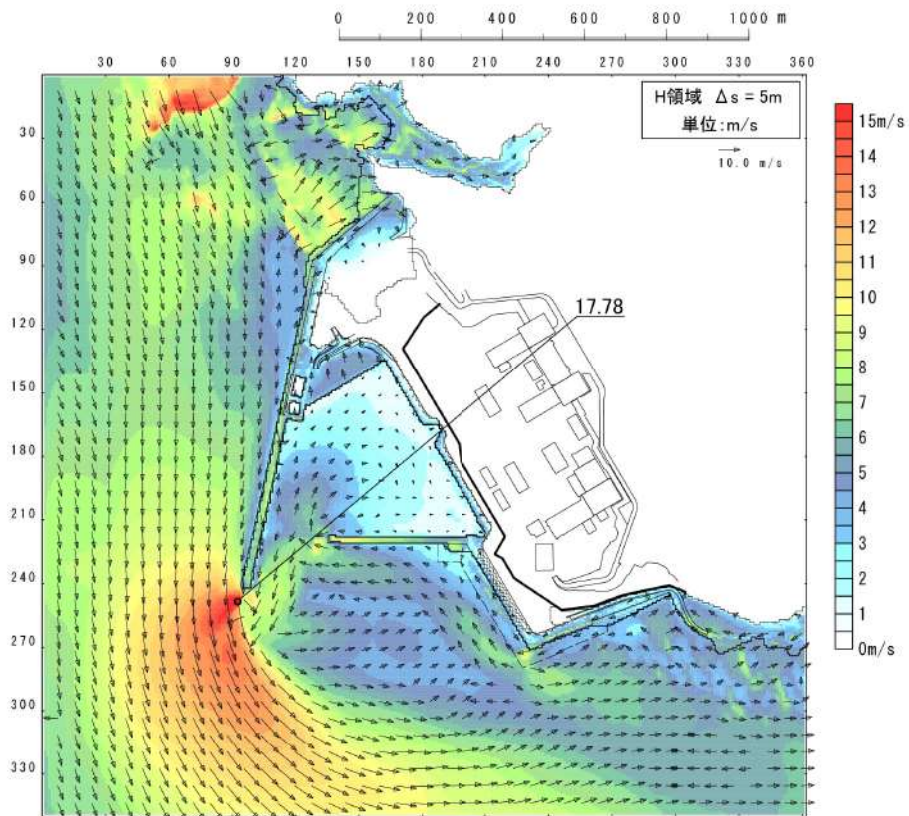
第 17 図 最大流速分布 (波源 J, 北及び南防波堤損傷)



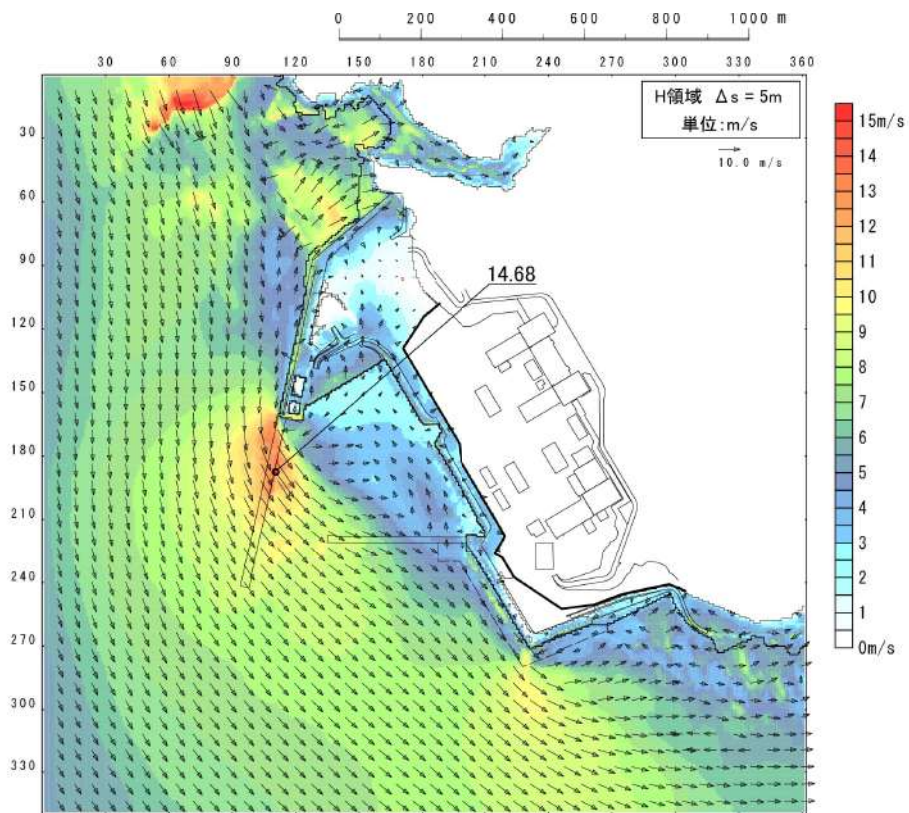
第 18 図 最大流速分布 (波源 K, 南防波堤損傷)



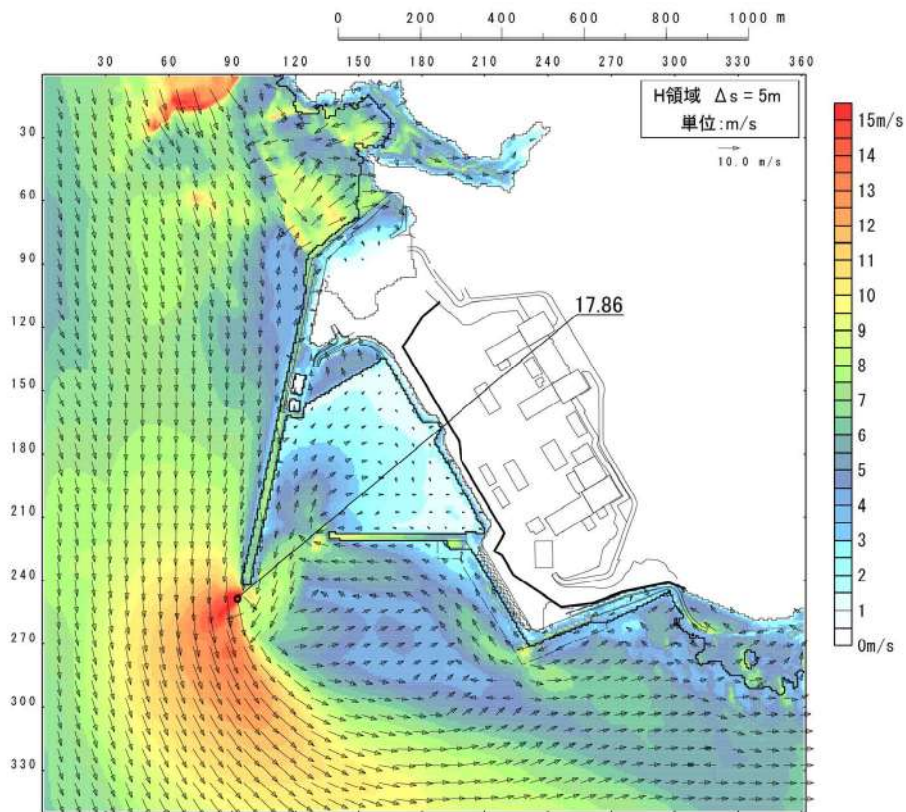
第 19 図 最大流速分布 (波源 L, 北防波堤損傷)



第 20 図 最大流速分布 (波源 K, 防波堤損傷なし)



第 21 図 最大流速分布 (波源 K, 北及び南防波堤損傷)



第 22 図 最大流速分布 (波源 K, 防波堤損傷なし)
 地形変化: 「敷地前面海底地盤 (海域) の 2m 沈下」 + 「地滑り地形①の崩壊」

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

泊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、泊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 e. 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

耐津波設計に係る設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：

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

ここで，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）の場合）

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

$$\text{ここで， } W = W_0 + W' = W_0 + (\pi/4) \times (D^2 L \gamma_w)$$

W：仮想重量（kN）

W₀：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）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（表1）。

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

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

4. 漂流物による衝突力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。

泊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。

上記に、(e) : FEMA (2012) の最新知見であるFEMA (2019) と、FEMA (2019) において引用しているASCE (2016) を加え、評価式 (a) ～ (g) の概要を表 2 に示す。

表2 漂流物による衝突力評価式に関する既往の研究論文（1／3）

既往の評価式	内 容
<p>(a) 松富の評価式</p> <p>[1] 松富英夫：流木衝突力の実用的な評価式と変化特性，土木学会論文集，No. 621，pp.111-127，1999.5</p>	<p>松富[1]は，津波による流木の衝突力を次式のとおり提案している。本式は，円柱形状の流木が縦向きに衝突する場合の衝突力評価式である。</p> $\frac{F_m}{\gamma D^2 L} = 1.6 C_{MA} \left\{ \frac{v_{A0}}{(gD)^{0.5}} \right\}^{1.2} \left(\frac{\sigma_f}{\gamma L} \right)^{0.4}$ <p>ここで，F_m：衝突力 C_{MA}：見かけの質量係数（段波，サージでは1.7，定常流では1.9） v_{A0}：流木の衝突速度 D：流木の直径 L：流木の長さ 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</p> <p>被衝突体を縦スリット型の受圧壁とし，津波の遡上を許容しつつ流木の浸入を防ぐことを想定している。</p>
<p>(b) 池野らの評価式</p> <p>[2] 池野正明・田中寛好：陸上遡上津波と漂流物の衝突力に関する実験的研究，海岸工学論文集，第50巻，pp.721-725，2003</p>	<p>池野ら[2]は，円柱以外にも角柱，球の形状をした木材による衝突力を次式のとおり提案している。</p> $\frac{F_H}{gM} = S \cdot C_{MA} \left\{ \frac{V_H}{(g^{0.5} D^{0.25} L^{0.25})} \right\}^{2.5}$ <p>ここで，F_H：漂流物の衝突力 S：係数（5.0） C_{MA}：付加質量係数（円柱横向き：2.0（2次元），1.5（3次元），角柱横向き：2.0～4.0（2次元），1.5（3次元），円柱縦向き：2.0程度，球：0.8程度） V_H：段波波速 D：漂流物の代表高さ L：漂流物の代表長さ M：漂流物の質量 g：重力加速度</p> <p>各種形状の漂流物（横向きと縦向き配置の円柱と角柱及び球）の衝突について，付加質量係数を変化させて検証しているが，船舶の形状までは検証されていない。</p>
<p>(c) 水谷らの評価式</p> <p>[3] 水谷法美ら：エプロン上のコンテナに作用する津波力と漂流衝突力に関する研究，海岸工学論文集，第52巻pp.741-745，2005</p>	<p>水谷ら[3]は，津波により漂流するコンテナの衝突力を次式のとおり提案している。</p> $F_m = 2\rho_w \eta_m B_c V_x^2 + \frac{WV_x}{gdt}$ <p>ここで，F_m：漂流衝突力 dt：衝突時間 m：最大遡上水位 w：水の密度 B_c：コンテナ幅 V_x：コンテナの漂流速度 W：コンテナ重量 g：重力加速度</p> <p>陸上に設置されたコンテナにより堰き止められる水塊の重量（付加質量）に基づき衝突力を評価している。</p>

表2 漂流物による衝突力評価式に関する既往の研究論文（2／3）

既往の評価式	内 容
<p>(d) 有川らの評価式</p> <p>[4] 有川太郎ら：遡上津波によるコンテナ漂流力に関する大規模実験，海岸工学論文集，第54巻，pp. 846-850，2007</p> <p>[5] 有川太郎ら：津波による漂流木のコンクリート壁面破壊に関する大規模実験，土木学会論文集B2，Vol. 66，No. 1，pp. 781-785，2010</p>	<p>有川ら[4]は，コンクリート構造物に鋼製構造物（コンテナ等）が漂流衝突する際の衝突力を次式のとおり提案している。</p> $F = \gamma_p \chi^{2/5} \left(\frac{5}{4} \tilde{m} \right)^{3/5} v^{6/5}$ $\chi = \frac{4\sqrt{a}}{3\pi} \frac{1}{k_1 + k_2}, \quad k = \frac{1 - \nu^2}{\pi E}, \quad \tilde{m} = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$ <p>ここで，F：衝突力 a：衝突面半径の1/2（コンテナ衝突面の縦横長さの平均の1/4） E：ヤング率（コンクリート版） ν：ポアソン比 m：質量 v：衝突速度 p：塑性によるエネルギー減衰効果（0.25） m やk の添え字は，衝突体と被衝突体を示す。 また，有川ら[5]は，松富[1]にならい，上式において $m = C_{MA} m$（C_{MA}：サージタイプの1.7）とすることで，流木のコンクリート版に対する衝突力を評価できるとしている。</p> <p>塑性によるエネルギー減衰効果を考慮した考え方である。</p>
<p>(e) FEMA2nd (2012) の評価式</p> <p>[6] FEMA：Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis Second Edition, FEMA P-646.</p>	<p>FEMA P646[6]では，漂流物による衝突力を正確に評価するのは困難としながら，以下の式を一例として示している。</p> $F_i = 1.3 u_{max} \sqrt{k m_d (1 + c)}$ <p>ここで，F_i：衝突力 c：付加質量係数 u_{max}：漂流物を運ぶ流体の最大流速 m_d：漂流物の質量 k：漂流物の有効軸剛性</p> <p>流木とコンテナに対して提案されたものである。</p>

表2 漂流物による衝突力評価式に関する既往の研究論文（3／3）

既往の評価式	内 容
<p>(f) FEMA3nd (2019) の評価式</p> <p>[7] FEMA : FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY</p>	<p>FEMA 2nd (2012) からの変更点は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波に関する報告や教訓の追加。 ・ FEMA 2nd (2012) の過剰な保守性を排除するために漂流物衝突式を改訂。 ・ 参考文献を最新バージョンに更新。 <p>漂流物（例：浮遊流木、木材、輸送用コンテナ、自動車、ボート等）による衝撃力は、建物に重大な損傷を与える可能性があり、丸太、自動車、輸送用コンテナ等による衝撃に対する設計荷重について、ASCE (2016) に示されているとしている。</p> <p>なお、FEMA 2nd (2012) で示されていた衝突荷重算定式の記載は削除されている。</p> <p>車両、流木、コンテナに対して提案されたものである。</p>
<p>(g) ASCE (2016) の評価式</p> <p>[8] ASCE : American Society of Civil Engineers</p>	<p>ASCE[8]では、海底を滑動する際の衝突荷重が一例として示している。</p> $F_{ni} = u_{max} \sqrt{k m_d}$ $F_i = I_{tsu} C_0 F_{ni}$ <p>ここで、F_{ni}：最大瞬間漂流物衝突力 k：有効剛性 m_d：漂流物の質量 u_{max}：敷地内における漂流物が十分に浮き上がる水深での最大流速 I_{tsu}：重要度係数 C_0：回転係数</p> <p>車両、流木、コンテナに対して提案されたものである。</p>

5. 入力津波の特性（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、泊発電所の津波防護施設に対して、最大流速波源（波源K，防波堤損傷なし）における流況（流向・流速）を確認した。

ここで、発電所周辺における、最大流速発生時の流況確認結果を表3に示す。

表3 最大流速発生時の流況

対象箇所	基準津波	流向	最大流速	発生時刻
北防波堤 先端部	波源K 防波堤損傷なし	南	17.63m/s	34分54.80秒

表3に示す発電所周辺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に示す。

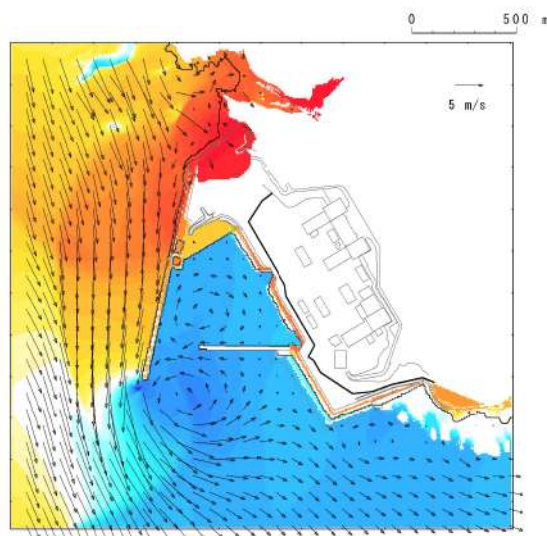


図1-1 水位分布と流向・流速ベクトル（34分24.80秒：最大流速発生時刻－30秒）波源K（防波堤損傷なし）

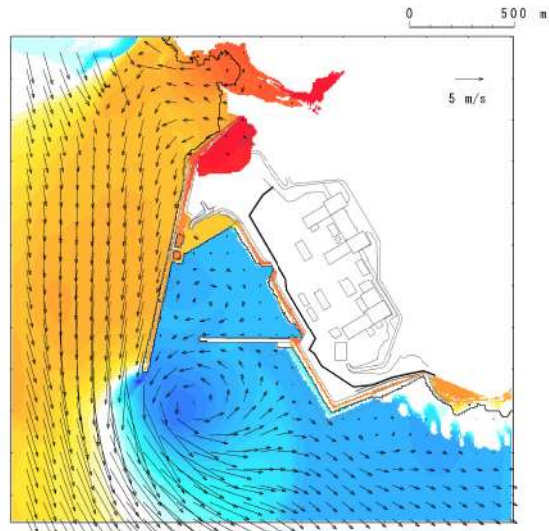


図 1-2 水位分布と流向・流速ベクトル (34 分 54.80 秒 : 最大流速発生時刻)
波源 K (防波堤損傷なし)

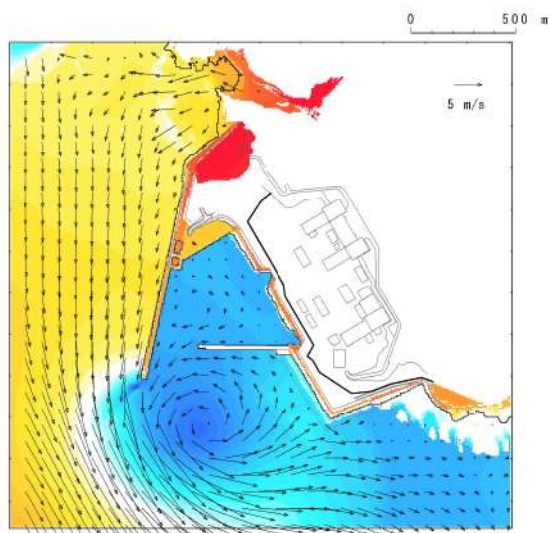


図 1-3 水位分布と流向・流速ベクトル (35 分 24.80 秒 : 最大流速発生時刻+30
秒) 波源 K (防波堤損傷なし)

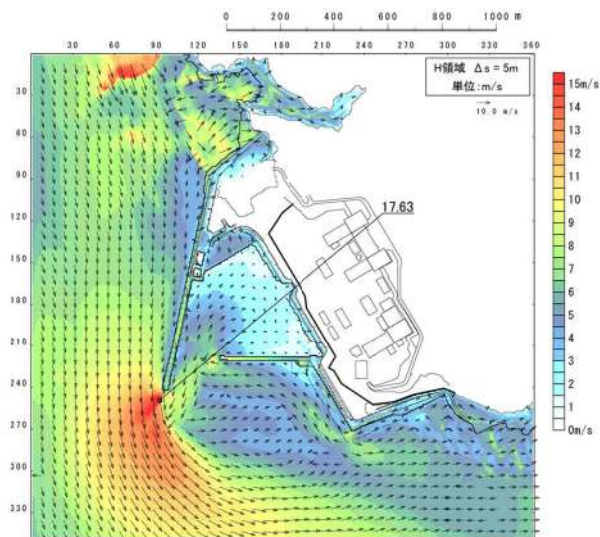


図 1-4 最大流速分布 (波源K (防波堤損傷なし))

6. 対象漂流物の配置位置及び種類等

基準津波の波源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及び図-2に示す。

発電所沿岸で操業する漁船は80隻である。

また、施設護岸から500m以内及び500m以遠で操業及び航行する漁船については、発電所に対する連続的な流れがないことから施設護岸に到達する可能性は十分に小さいが、仮に500m以遠から津波防護施設に衝突する場合の影響について確認する。

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 c. 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

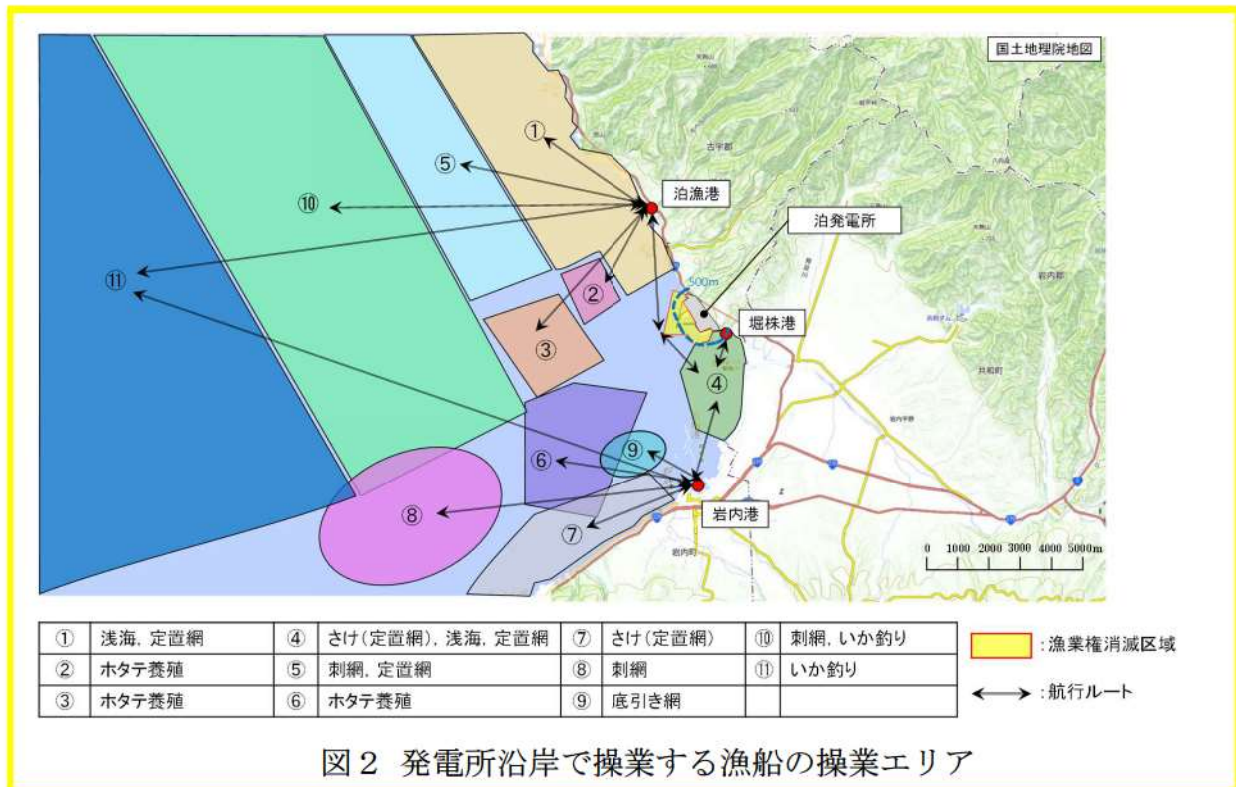
津波防護施設	対象漂流物	
防潮堤 貯留堰	直近海域	敷地内車両 (巡視点検車両等 ^{※1})
	(防潮堤等から 500m 以内)	作業船 (総トン数 4.9 トン) 発電所周辺 500m 以内漁船 ^{※2} (総トン数 4.9 トン)
	前面海域	発電所周辺 500m 以遠漁船 ^{※2} (総トン数 19.81 トン)
	(防潮堤等から 500m 以遠)	

※1：巡視点検車両等で漂流する可能性があるものについては、衝突荷重が船舶の作業船 (総トン数 4.9 トン) の衝突荷重未満となるよう防潮堤区画外での作業を制限する。

※2：漁船については、基準津波の流向・流速による軌跡解析から津波防護施設へ到達する可能性は十分に小さいが、衝突する場合の影響を考慮した。

表5 発電所沿岸で操業する漁船

名称	発電所海岸からの距離	漁場	目的	漁港・港船揚場	総トン数(質量)	漁場での操業船数(隻)	
漁船	500m以内	④	さけ(定置網) 浅海 定置網	泊漁港	最大4.9t (約15t)	2	
				岩内港	最大4.9t (約15t)	2	
				堀株港	最大0.2t (約0.6t)	1	
		①	浅海 定置網	泊漁港	最大9.7t (約29t)	11	
				芋沼船揚場	最大0.54t (約1.6t)	2	
				白別船揚場	最大1.01t (約3t)	4	
	長尾船揚場			最大0.47t (約1.4t)	1		
	照岸船揚場			最大0.57t (約1.7t)	3		
	500m以遠	②	ホタテ養殖	泊漁港	最大14.68t (約45t)	2	
		③	ホタテ養殖		最大14.68t (約45t)	2	
		⑤	刺網 定置網		最大9.88t (約30t)	6	
		⑥	ホタテ養殖		最大4.9t (約15t)	1	
		⑦	さけ(定置網)		最大4.9t (約15t)	12	
		⑧	刺網		岩内港	最大16.0t (約48t)	4
		⑨	底引き網		最大4.9t (約15t)	10	
		⑩	刺網 いか釣り	泊漁港	最大19t (約57t)	5	
				岩内港	最大19.81t (約60t)	5	
		⑪	いか釣り	泊漁港	最大18t (約54t)	2	
岩内港				最大19.81t (約60t)	5		



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に算定式のとまとめ一覧を示す。

表6 漂流物荷重算定式のとまとめ

出典	種類	概要	算定式の根拠（実験条件）
① 松置ほか (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（植生林ではない丸木）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(90cm(現地換算60m)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2.6~6m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20ftと40ft、コンテナ重量0.2N~1.3N程度(海上流速: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。	「接岸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 FEMA3 rd (2019)	車両・流木・コンテナ	漂流物の衝突力についてはASCE(2016)に定められている。	—
⑨ ASCE (2016)	車両・流木・コンテナ	車両や流木等の漂流物に対して、津波のリスク分析に応じた重要度係数を用いた衝突力を提案している。	浮遊する車両の衝突に対して、地面から3ft(0.914m)から最大水深までの高さ位置する船体構造要素への衝突荷重を計算している。

8. 設置変更許可段階における漂流物衝突荷重の設定方針

設置変更許可段階では、「構造物の衝撃挙動と設計法（（社）土木学会，1994）」（以下「土木学会(1994)という。」）の文献等を用いて、船首方向の軸剛性を設定し、「FEMA(2012)」等により衝突荷重を算定する。

防潮堤の構造成立性評価に用いる衝突荷重は、現時点の漂流物評価結果^{※1}を踏まえ、以下を対象として算定し^{※2}、保守性を見込んで設計用衝突荷重として設定する（別紙1参照）。

- ・直近海域（発電所から500m以内で操業・航行）：総トン数5tの小型船舶^{※1}
- ・前面海域（発電所から500m以遠で操業・航行）：総トン数20tの船舶^{※1}

※1：漂流物調査結果では、総トン数4.9tの小型船舶・総トン数19.81tの船舶が確認されているが、衝突荷重の設定では、それぞれ総トン数5tの小型船舶・総トン数20tの船舶として、設定する。

※2：船舶構造について、文献値を用いて衝突荷重を設定するが、設計及び工事計画認可段階では、漂流物評価結果により抽出した対象船舶の諸元を基に衝突荷重を設定する。

なお、漂流物の衝突荷重は、設計及び工事計画認可段階において改めて設定する。

9. 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（標高）、荷重組合せ、衝突形態（漂流物の向き）及び作用面積」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。

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、「直近海域」内において総トン数4.9tを超える漁船が操業又は航行する可能性はないことから、設計条件のとおりとする（添付資料35参照）。
衝突速度	・安全側に敷地における最大津波流速を用いる。
衝突位置 （標高）	・漂流物の衝突荷重が作用する位置は、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。
荷重組合せ	・最大津波高さとは最大津波流速は同地点・同時刻に発生しないものの、安全側に漂流物の衝突荷重（最大津波流速）と津波荷重（最大津波高さ）が同時に作用する組合せを考慮する。
衝突形態 （漂流物の向き）	・非線形構造解析において、衝突形態（漂流物の向き）の影響を検討したうえで、安全側になる条件を考慮する。
作用面積	・非線形構造解析において、作用面積の影響を検討したうえで、安全側になる条件を考慮する。

- ・施設護岸から500m以遠で操業及び航行する漁船については、漂流物となった場合においても施設護岸に到達する可能性は十分に小さいが、仮に500m以遠から津波防護施設に衝突する場合の影響について確認する。
- ・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。

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。

10. 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、巡視点検車両等（衝突荷重が、作業船（総トン数 4.9 トン）の荷重以下となるよう制限する）、作業船及び漁船（総トン数 4.9 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。

基準津波の波源に対して、すべての地形モデル(防波堤の損傷状態)との組合せで最大流速を確認した結果、波源K（防波堤損傷なし）の場合に、北防波堤先端付近で最大流速 17.78m/s 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 18.0m/s を用いる。

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。

また、施設護岸から 500m 以遠で操業及び航行する漁船については、発電所に対する連続的な流れがないことから施設護岸に到達する可能性は十分に小さいが、仮に 500m 以遠から津波防護施設に衝突する場合の影響について確認する。

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／年）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。

防潮堤の構造成立性評価に用いる漂流物の衝突荷重の設定

1. 漂流物による衝突荷重の設定方針

設置変更許可段階における防潮堤の構造成立性評価に用いる衝突荷重は、現時点の漂流物評価結果^{※1}を踏まえ、以下を対象として算定し^{※2}、保守性を見込んで設計用衝突荷重として設定する。

- ・直近海域（発電所から500m以内で操業・航行）：総トン数5tの小型船舶^{※1}
- ・前面海域（発電所から500m以遠で操業・航行）：総トン数20tの船舶^{※1}

※1：漂流物調査結果では、総トン数4.9tの小型船舶・総トン数19.81tの船舶が確認されているが、衝突荷重の設定では、それぞれ総トン数5tの小型船舶・総トン数20tの船舶として、設定する。

※2：船舶構造について、文献値を用いて衝突荷重を設定するが、設計及び工事計画認可段階では、漂流物評価結果により抽出した対象船舶の諸元を基に衝突荷重を設定する。

なお、漂流物の衝突荷重は、設計及び工事計画認可段階において改めて設定する。

衝突荷重として考慮する漂流物による衝突荷重算定条件を表1に示す。

衝突荷重として考慮する浮遊状態の漂流物として選定した船舶について、規格・基準類及び既往の研究論文の衝突荷重算定式の泊発電所での適用性を考慮した上で、「直近海域」の船舶（総トン数5t）は「FEMA(2012)」,「前面海域の船舶（総トン数20t）は道路橋示方書式を適用して衝突荷重を算定した。漂流物の衝突荷重算定フローを図1に示す。

また、「直近海域」の船舶（総トン数5t）の衝突荷重算定時に用いる「FEMA(2012)」では、付加質量係数及び有効軸剛性が必要となる。このうち、付加質量係数Cは保守的に最大値のC=1を適用する。一方、有効軸剛性については、以下のとおり設定した。

表1 衝突荷重として考慮する漂流物による衝突荷重算定条件

対象とした漂流物	重量等	到達形態	流速 (衝突速度)	初期配置 区分	適用式
小型船舶 (FRP)	総トン数：5t (排水トン数：15t ^{※1})	浮遊	18m/s ^{※2}	直近海域	FEMA (2012) ^{※3}
船舶 (FRP)	総トン数：20t (排水トン数：60t ^{※1})	浮遊	18m/s ^{※2}	前面海域	道路橋示方書

※1: 「漁港・漁場の施設の設計参考図書 (水産庁, 2015年)」より, 総トン数の3倍の重量として考慮する。
 ※2: 現時点の最大津波流速である18m/sに設定する。
 ※3: 適用式における付加質量係数Cは, 保守的に最大値のC=1を適用する。

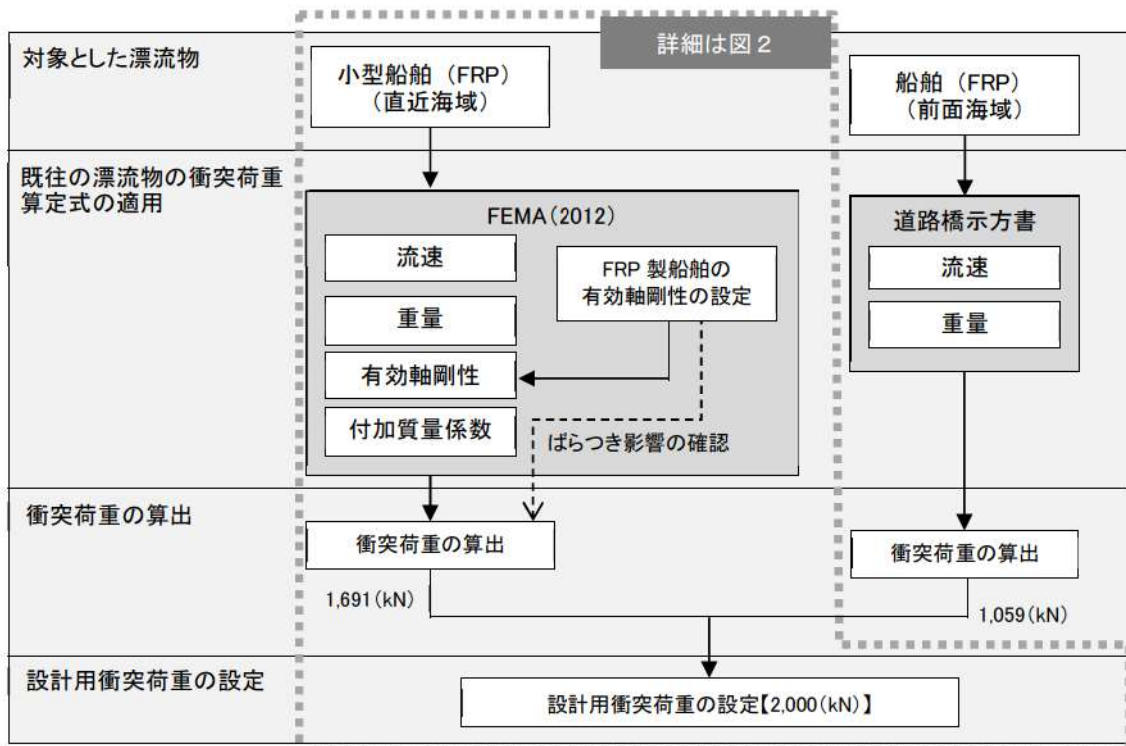


図1 衝突荷重として考慮する漂流物による衝突荷重算定フロー

2. 小型船舶の有効軸剛性の設定（総トン数5t）

船舶の軸剛性としては、「甲斐田・木原（2017）」が既往の文献を整理し、総トン数400～4000tの鋼製の大型船舶の有効軸剛性が示されている。

一方、評価対象としている船舶は泊漁港及び岩内漁港の漁船で、最大の総トン数は約5tであることから、大型船舶から小型船舶へ外挿する方法が考えられるが、泊漁港及び岩内漁港の小型船舶はFRP製の船舶であるため、材質の違いにより外挿する方法は適用が困難であると考えられる。

このような状況を踏まえ、FRP製の材質を考慮できる方法を用い、荷重-変位関係から軸剛性を算出することとした。

軸剛性の算出に当たっては、「FEMA（2012）」で示されている鋼製コンテナの軸剛性が短軸方向よりも長軸方向（船首方向に相当）の剛性が大きいこと、「甲斐田・木原（2017）」で示されている鋼製船舶の軸剛性が船首方向であることから、船首方向の軸剛性とする。

なお、後述のとおり、小型船舶（FRP）の軸剛性については、鋼製船舶を対象とした「土木学会（1994）」の座屈強度をFRP材料に置き換えて算出するため、FRP製船舶と鋼製船舶の類似（同等）性及び用いる知見の適用性（軸剛性の設定方法の妥当性）を示した上で、軸剛性の算出における各パラメータのばらつきを考慮し、設計への適用性（軸剛性の設定の保守性）を確認することとする。

小型船舶（FRP）の衝突荷重算出の詳細フローを図2に示す。

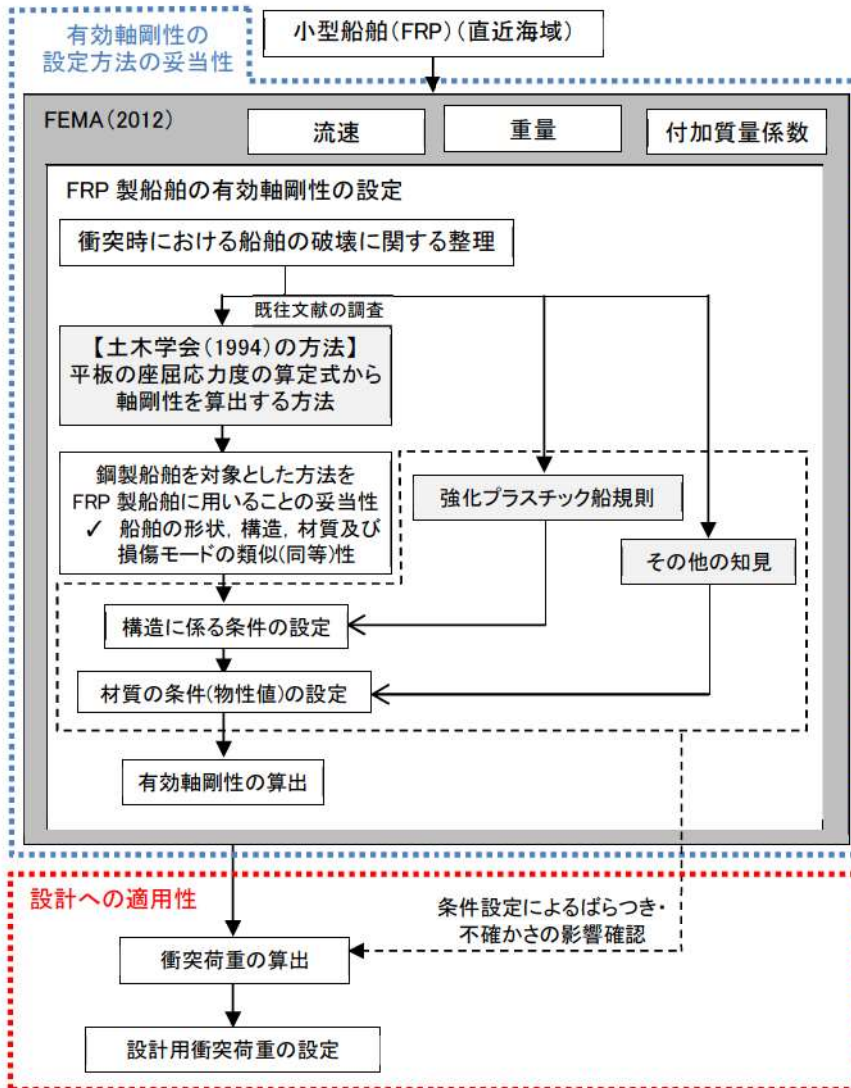


図2 小型漁船 (FRP) の衝突荷重算出の詳細フロー

(1) 衝突時における船舶の破壊に関する整理

剛性及び強度が大きい津波防護施設（防潮堤）に対して、小型船舶（FRP）の座屈強度は小さいと考えられることから、「土木学会（1994）」で示されている破壊進展と同様に、FRP製船舶が圧壊していくこととなり、圧壊が進むにつれて衝突エネルギーが減少しつつ圧壊荷重が上限となって圧壊は終了する。これと同時に、被衝突側である津波防護施設にその圧壊荷重（最大荷重）が作用する。

「土木学会（1994）」によれば、図3に示すように、剛性及び強度が大きい海洋構造物に対する船舶の圧壊荷重と変形量との関係が示されており、以下のような破壊進展となる。

- ✓ 船舶の衝突初期は、船首が傾斜しているため接触面が小さく、圧壊が進むに従って荷重（反力）はほぼ直線的に増加する。
- ✓ 船舶の破壊が進み、船首の傾斜部が全部破壊し、船体の全面が海洋構造物に接触すると、その後の荷重はほぼ一定値に達する。この時の荷重は、船首側からの圧壊による座屈荷重とほぼ同等とみることができるとされている。

以上を踏まえ、FRP製船舶の圧壊荷重を求めた上で、軸剛性を算出することとする。

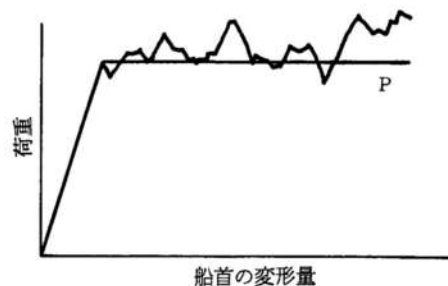


図3 荷重と船首の変形量（「土木学会（1994）」）（1/2）

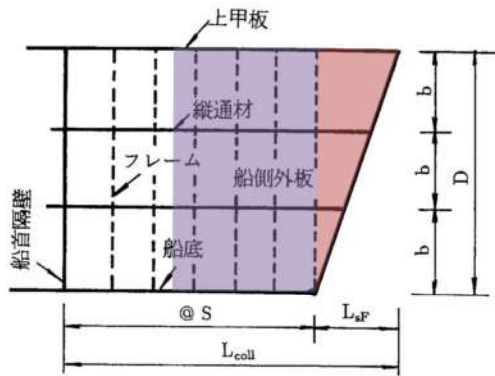


図 3.3 船首部の標準型

土木学会(1994)

「船が海洋構造物に船首衝突し、船首から圧壊が起こり食い込んで行くときは、まず船首前端から船首傾斜部が圧壊する。そして、さらに圧壊が進むと深さが一樣となる船首部の圧壊へと食い込みが拡大していく。」

「衝突船が海洋構造物に衝突し、船体が圧壊するときは、その衝突エネルギーは船首の圧壊によって吸収される。この船首の圧壊による吸収エネルギーは、図 3.6 の点線で囲まれる面積で求められる。」

【解釈】

図 3.3 の船首傾斜部(赤色部)が壊れる際には、図 3.6 及び図 3.7 の赤色部で示すように圧壊荷重及び船側の吸収エネルギーが増加する。一方、船首傾斜部が完全に壊れ、図 3.3 の船首傾斜部よりも船体側(青色部)が壊れ始めると、構造が長手方向に一樣であることから、図 3.6 のように圧壊荷重は一定となり、吸収エネルギーは図 3.7 のように線形に増加することとなる。

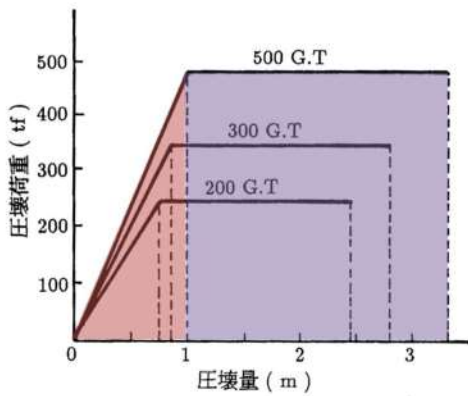


図 3.6 圧壊荷重と圧縮量

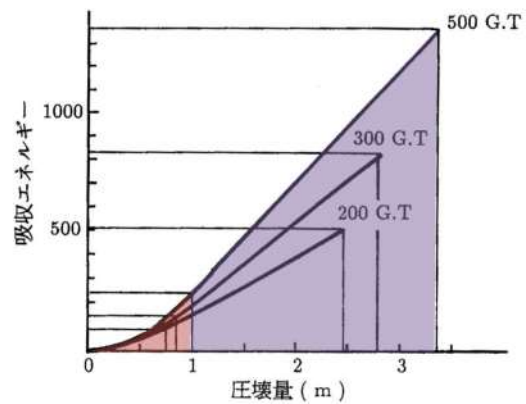


図 3.7 船側強度の算定

図 3 荷重と船首の変形量 (「土木学会 (1994) 」に一部加筆) (2/2)

(2) 土木学会 (1994) の方法

「土木学会 (1994)」では、船舶の圧壊荷重 (船首強度) P_c について、図 4 に示す平板の座屈応力度の算定式から座屈強度 (σ_c) を算出し、船首形状寸法等を乗じることによって求められるとしている。「土木学会 (1994)」で検討対象としている船舶は、大型の鋼製船舶ではあるが、座屈強度 (σ_c) の算定式は一般的な平板の座屈応力度の算定式であることから、ヤング率とポアソン比で適切に考慮することで、鋼製以外の船舶にも適用可能である。

また、「土木学会 (1994)」によれば、船舶の破壊が進み、船首傾斜部がすべて破壊した際に圧壊荷重 P_c に達し、その後圧壊荷重 P_c が一定値として作用することとなる (図 5 参照)。

そのため、圧壊荷重 P_c を船首傾斜部の長さ L_{sf} で除した値が船舶の軸剛性 k_c となる (大型の鋼製船舶を対象に、「甲斐田・木原 (2017)」で示されている軸剛性と土木学会 (1994) により算出した軸剛性の比較を参考資料 1 に示す)。

ここで算出される軸剛性は、船首傾斜部のみに適用され、圧壊荷重に達した後は衝突荷重は一定値となることが想定されるが、本評価では一定となる圧壊荷重をそのまま衝突荷重とは考えずに、保守的に衝突速度に応じて荷重が増大することを仮定し、衝突荷重を算出することとする。

なお、「基礎からわかるFRP (強化プラスチック協会編, 2016)」によれば、「圧縮荷重が作用する場合には、圧縮強度を基準に構造設計するのではなく、座屈強度を基準に構造設計する必要がある。」とされていることから、FRP製船舶の圧壊荷重に座屈強度を用いることは妥当である。

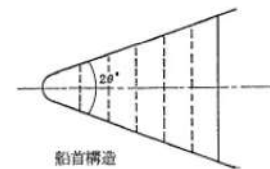
以上を踏まえ、「土木学会 (1994)」に示された圧壊荷重の算出方法を用いて、軸剛性を算出する。

$$\sigma_c = k \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{b} \right)^2$$

$$P_c = 2Dt (\cos \theta) \sigma_c$$

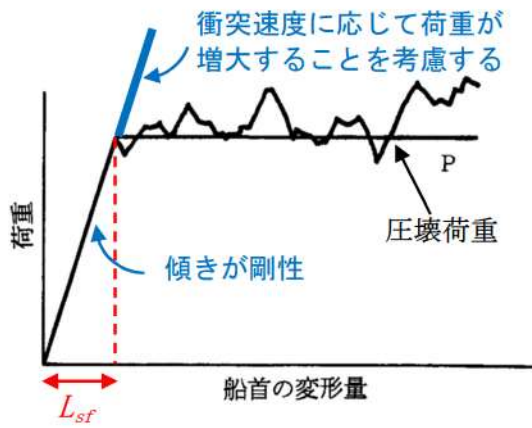
$$k_c = \frac{P_c}{L_{sf}}$$

σ_c : 座屈強度 (tf/m ²)	P_c : 圧壊荷重 (船首強度) (tf)
k_c : 軸剛性 (tf/m)	E : ヤング率 (tf/m ²)
ν : ポアソン比	a : 横肋骨心距 (mm)
k : 座屈係数 $((b/a+a/b)^2)$	b : 縦肋骨心距 (mm)
t : 船側外板厚 (mm)	D : 船の深さ (m)
L_{sf} : 船首傾斜の長さ (m)	2θ : 船首角度 (°) (35° ~ 70°)

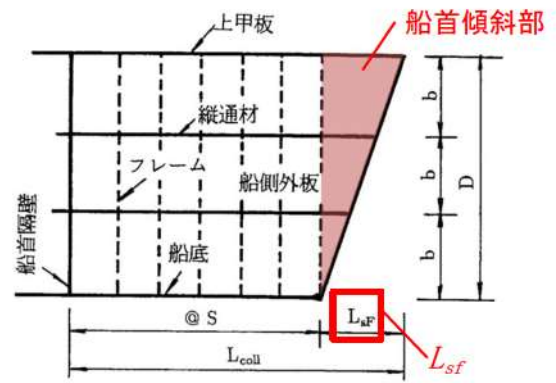


船首角度 (「土木学会 (1994)」)

図 4 土木学会 (1994) を用いた軸剛性の算定方法



荷重と船首の変形量
 (「土木学会(1994)」に一部加筆)



船首部の標準型
 (「土木学会(1994)」に一部加筆)

図5 土木学会(1994)を用いた軸剛性の考え方

(3) 鋼製船舶を対象とした方法をFRP製船舶に用いることの妥当性

「土木学会(1994)」で示されている座屈強度(σ_c)の算定式は一般的な平板の座屈応力度の算定式であるため、ヤング率とポアソン比を適切に考慮することで、FRP製船舶に適用することが可能であると考えられるが、「土木学会(1994)」で検討対象としている船舶が鋼製船舶であることを踏まえ、FRP製船舶と鋼製船舶の形状、構造、材質及び損傷モードに関する類似(同等)性について確認を行った。

a. 船舶の形状に関する類似(同等)性

「小型漁船のインベントリ分析に関する研究-A:モデル船の建造・運航状況調査-(海上技術安全研究所報告 第3巻 第5号(平成15年))」(以下「海技研報告(平成15年)」という。)に、ほたての養殖に使用する総トン数14tのアルミ合金漁船とFRP漁船の図面が示されている(図6)。

これらの図面から、FRP漁船とアルミ合金漁船の寸法、外形及び断面形状はほぼ同じであることが確認できる。なお、評価対象である泊漁港及び岩内漁港の小型漁船はさけ定置網を営んでおり用途が異なるものの、これらの図面で示されているFRP漁船と概ね同様の形状である。

以上から、FRP製船舶と鋼製船舶の形状は類似性を有する。

表-2.1 アルミ合金漁船の主要目表

全長	21.66m
全幅	4.78m
型深さ	1.21m
登録長	17.60m
登録幅	4.38m
登録深さ	1.20m
測定長	19.20m
測定幅	3.90m
測定深さ	1.20m
計画総トン数	14トン
主機関	YANMAR 6LX-ET (定格出力) 650PS
定員	6人
用途	小型機船底びき網漁業
燃料油の種類	A重油
燃料油の消費量	160g/(ps・hr)
発電機動力	主機駆動



写真-2.1 アルミ合金漁船

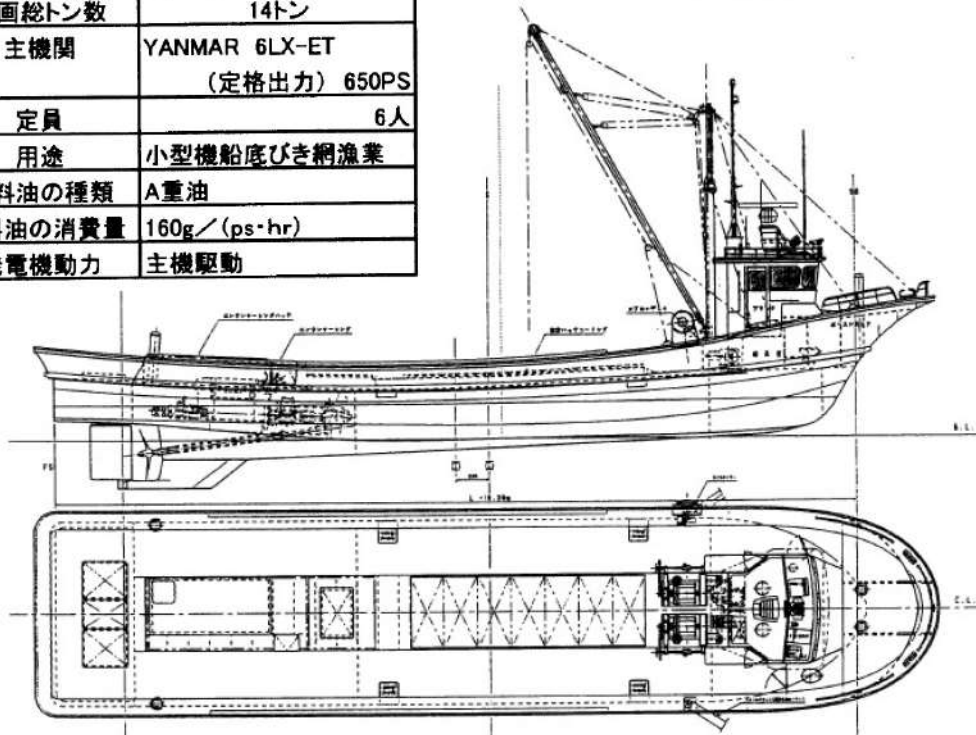


図-2.1 アルミ合金漁船の一般配置図

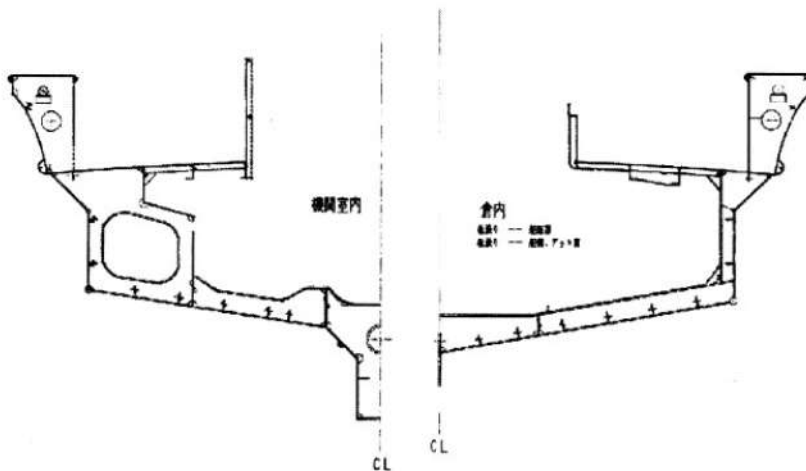


図-2.2 アルミ合金漁船の中央断面図

図6 アルミ合金漁船（「海技研報告（平成15年）」）（1/2）

表-2.6 FRP漁船の主要目表

全長	21.66m
全幅	4.78m
型深さ(D')	1.21m
登録長	17.60m
登録幅	4.18m
登録深さ	1.38m
測定長	19.20m
測定幅	3.90m
型深さ(Dm)	1.20m
計画総トン数	14トン
主機関	YANMAR 6LAH-ST (定格出力)550PS
定員	5人
用途	小型機船底びき網漁場
燃料油の種類	A重油
燃料油の消費量	162g/(ps.hr)
発電機動力	主機駆動

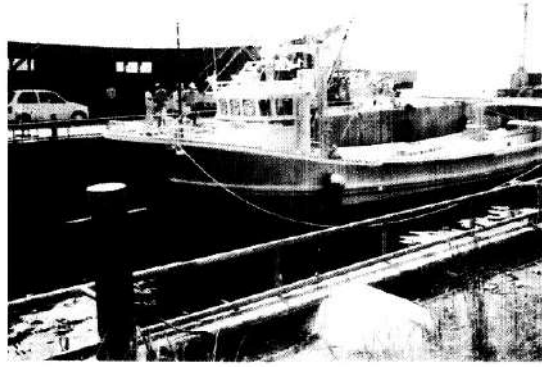


写真-2.2 FRP漁船

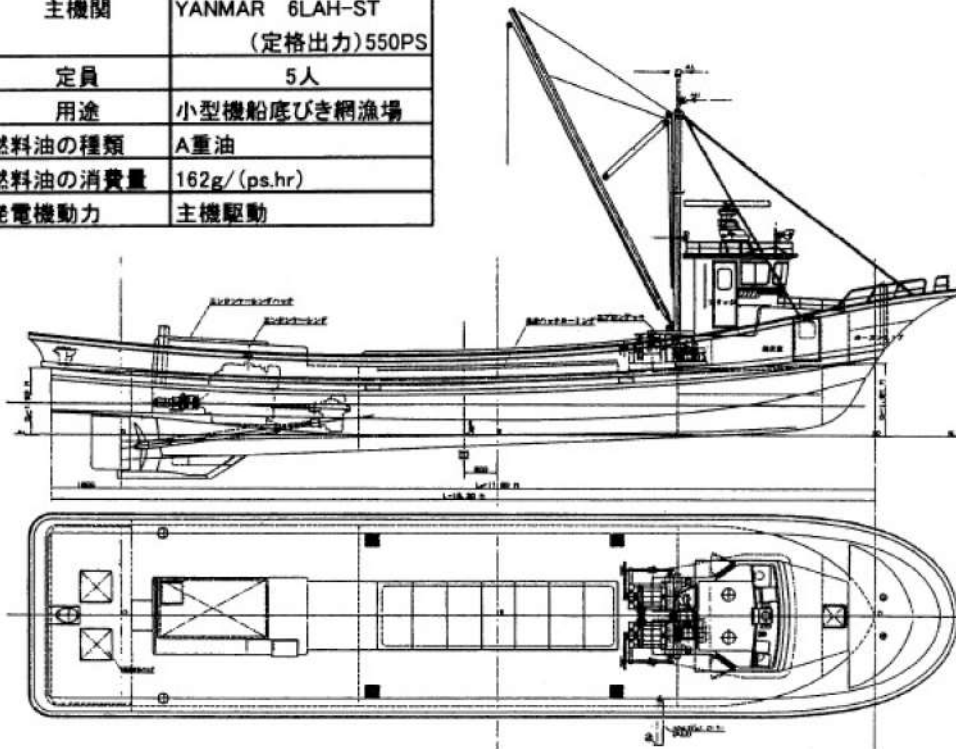


図-2.4 FRP漁船の一般配置図

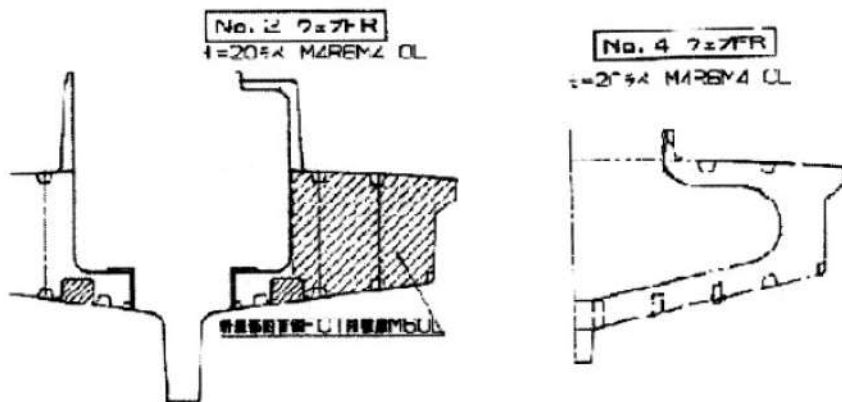


図-2.5 FRP漁船の横断面図

図6 FRP漁船（「海技研報告（平成15年）」）（2/2）

b. 船舶の構造に関する類似（同等）性

座屈強度を算出する際に必要となる船側外板厚等について、FRP製船舶と鋼製船舶の算出方法を比較し、両者に類似性があることを確認した（表2）。

- ✓ 「強化プラスチック船規則（日本海事協会，2018）」によれば，中央部の船側外板厚は $15S\sqrt{d+0.026L}$ （ S ：肋骨の心距， d ：計画最大満載喫水， L ：船の長さ）とされている。この算定式に関しては，「強化プラスチック船規則解説（日本海事協会会誌，1978）」では，「波浪中を航行する船が受ける外力は，船の大きさ，形状等によって異なるが，特別な場合を除き，船体の材質によって変わらないと考えられる。したがって船底や船側の波浪外力，水密隔壁や深水タンク隔壁に作用する外力は，すべて鋼船規則に定められている外力を用いた。」とされており，外板の厚さを算出するために用いる外圧（水頭）について「荷重を鋼船規則に合わせ，波浪変動圧を考慮に入れた $(d+0.026L)$ とした。」とあることから，FRP製船舶の船側外板厚算定式は，鋼製船舶を基本にしていることから，両者は類似性を有する。
- ✓ また，縦強度，甲板，肋骨，船底等の主要構造について，「鋼船規則（日本海事協会）」，「小型鋼製漁船（（社）漁船協会，昭和46年）」及び「小型鋼船構造規則（詳細不明）」の鋼製船舶を基に「強化プラスチック船規則（日本海事協会，2018）」で規定されていることから，FRP製船舶と鋼製船舶の構造は類似性を有する。

c. 船舶の材質の力学特性の類似（同等）性

「土木学会（1994）」で検討対象としている船舶が鋼製船舶であることを踏まえ，それぞれの材料である鋼材とFRP材の材質の力学特性について整理を行い，両者に類似性があることを確認した（表2）。

- ✓ 船舶に用いられるFRP（Fiber Reinforced Plastics；繊維強化プラスチック）の主材料は，ガラス繊維基材と樹脂液（液状不飽和ポリエステル樹脂）である（「強化プラスチック船規則（日本海事協会，2018）」を参考）。
- ✓ 「FRP成形入門講座（日本プラスチック加工技術協会）」では，FRPの材料力学的特性の記載があり，「FRP材料はガラス繊維，マトリックスの種類，組成，形体によってその特性が広範囲に変化する。例えば，無方向性のランダムイッドガラスマットを用いると，ほぼ等方性材料として扱うことができる。」とされている。また，船舶にはあらゆる方向からの波が外力として作用することから，異方性材料とならないようガラス繊維基材を組み合わせで成形される。
- ✓ 「基礎からわかるFRP（強化プラスチック協会編，2016）」によれば，「FRPは微視的には不均質材料であるが，巨視的には等方性または直交異方性の力学特性を持つ均質材料として取り扱うことができる。このような場合には，等方性または直交異方性の座屈理論をそのまま利用できる。」としている（図

7)。上記と同様，船舶にはあらゆる方向からの波が外力として作用することから，異方性材料とならないようガラス繊維基材を組み合わせ成形されるため，等方性の力学特性を持つ鋼材と FRP は類似した力学特性を有する。

- ✓ 「FRP 成形入門講座（日本プラスチック加工技術協会）」によれば，「FRP 材料は金属材料と異なり，はっきりとした降伏点を示さず，破壊寸前まではほぼ弾性変形を示し，その応力-ひずみ曲線は図のようになり，弾性吸収エネルギーが非常に大きいことが特徴で，外力の吸収が金属材料に比較して大きいため，FRP 材料で作られた構造物は与えられるショックが小さい。」ことが示されている（図 8）。「基礎からわかる FRP（強化プラスチック協会編，2016）」及び「土木構造用 FRP 部材の設計基礎データ（土木学会，2014）」でも同様の特性を有することが記載されている。これらのことから，FRP は破壊寸前までは鋼材の降伏強度以内と同様に弾性変形するという点で類似している。

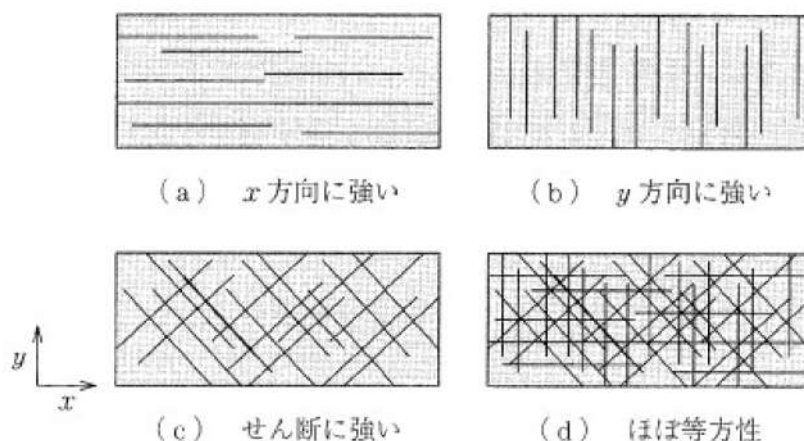


図 7 FRP の材料異方性（「基礎からわかる FRP（強化プラスチック協会編，2016）」）

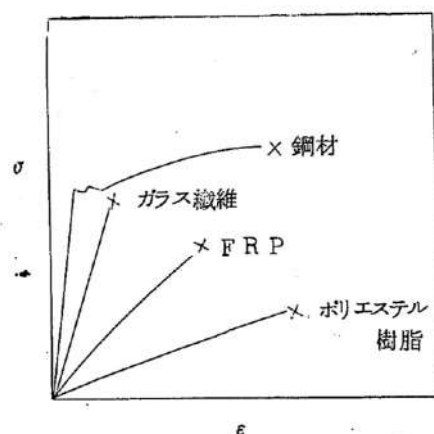


図 8 FRP の応力-ひずみ関係（「FRP 成形入門講座（日本プラスチック加工技術協会）」）

d. 船舶の損傷モードの類似（同等）性

「土木学会(1994)」で検討対象としている船舶が鋼製船舶であることを踏まえ、それぞれの材料である鋼材とFRP材の損傷モードについて整理を行い、両者に類似性があることを確認した（表2）。

- ✓ 「FRP 構造設計便覧（強化プラスチック協会，1994）」によれば、「FRP 構造は薄肉シェルのことが多いが、もし外圧が作用して面内に発生する圧縮応力が大きくなると、構造は不安定となり、いわゆる座屈現象をおこして大変形を生じ、破損する恐れがあり、座屈限界応力が問題となる。また構造物の固有振動数が、外力からの加振振動数に近い場合には、いわゆる共振現象をおこし、機能を阻害したり、過大振幅になって材料が疲労破壊する恐れがあり、固有振動数が問題となる。」とされており、主に座屈と共振による損傷モードが考えられるが、評価対象事象は衝突であるため、座屈による損傷モードが想定される。これは、鋼製の圧縮材と同様の損傷モードである。
- ✓ 評価対象としている小型船舶の構造は半円筒形のような構造をしているが、甲板は船舶の全体の構造強度には寄与しておらず、船底と船側が主に竜骨と隔壁で構造が区切られており、さらに縦断及び横断方向に肋骨が配置されている。そのため、FRP 製船舶と鋼製船舶は、それぞれ構成している部位の材質は異なるものの、どちらも主として薄板を組み合わせた構造である。
- ✓ また、船舶は 18m/s という高速度で被衝突体に衝突するため、非常に大きな力が一方向（圧縮方向）に作用するため、FRP 製船舶も鋼製船舶も薄板構造であり、圧縮系の座屈を引き起こしやすいという点で類似性を有する。
- ✓ なお、FRP 材は、局所的にトランスバースクラックや層間はく離等の損傷モードが考えられるが、衝突速度が 18m/s と高速度で、船舶の重量が 15t であるため、このような局所的かつ初期的な損傷モードは支配的とはならない。また、上述のとおり、船舶に一方向から極端に大きな力が作用するため、せん断座屈やねじれ座屈のような事象も生じず、圧縮座屈が支配的となる。

表2 FRP製船舶と鋼製船舶の類似（同等）性に関する整理

項目	引用文献	確認内容	類似（同等）性
全体形状	「海技研報告（平成15年）」	文献に示されているFRP漁船とアルミ合金漁船の寸法、外形及び断面がほぼ同じであることを確認した。	○
船側外板厚	「強化プラスチック船規則（日本海事協会，2018）」 「強化プラスチック船規則解説（日本海事協会誌，1978）」	FRP製船舶と鋼製船舶に作用する外力が同じであり，FRP製船舶の船側外板厚算定式が鋼製船舶を基にしていることを確認した。	○
その他の 主要構造	「強化プラスチック船規則（日本海事協会，2018）」 「強化プラスチック船規則解説（日本海事協会誌，1978）」 「鋼船規則（日本海事協会）」 「小型鋼製漁船（（社）漁船協会，昭和46年）」 「小型鋼船構造規則（詳細不明）」	FRP製船舶の縦強度、甲板、肋骨、船底等の主要構造が鋼製船舶の構造を参考にしたり、同様の考えを採用していることを確認した。	○
材質の力学特性	「基礎からわかるFRP（強化プラスチック協会編，2016）」 「強化プラスチック船規則（日本海事協会，2018）」 「FRP成形入門講座（日本プラスチック加工技術協会）」	FRP製船舶の材料であるFRPは等方性又は直交異方性の力学特性を持ち、鋼製船舶の材料である鋼材と同様に均質材料であることを確認した。また、FRPは破壊直前まで鋼材（降伏強度以内）と同様に弾性変形することを確認した。	○
損傷モード	「FRP構造設計便覧（強化プラスチック協会，1994）」	FRP製船舶と鋼製船舶は、どちらも薄板を組み合わせた構造であるため圧縮方向の力が作用した場合に座屈しやすいことを確認した。	○

e. 鋼製船舶を対象とした方法をFRP製船舶に用いることの妥当性

a. ～d. の検討より、FRP製船舶と鋼製船舶は形状、構造、材質及び損傷モードに関して類似（同等）性を有することから、FRP製船舶の圧壊荷重算出にあたり「土木学会（1994）」の方法を用いることは妥当であると判断した。

(4) FRP製船舶の構造及び材質に係る条件の設定

a. 妥当性確認ケース

FRP製船舶の座屈強度を算出する際に必要となる船舶の構造条件、材料物性（ヤング率及びポアソン比）については、用いる文献の適用性を確認した上で、それぞれ表3及び表4のとおりとする。

これら表3及び表4に示した条件を「軸剛性の設定にあたり妥当性を確認したケース」とし、軸剛性を算出すると、 0.47×10^5 (N/m) となり、この軸剛性を用いてFEMA（2012）から衝突荷重を算出すると、879 (kN) となる（表5）。

表 3 船舶の構造に関する引用文献の適用性及び設定値

項目	引用文献	適用性	評価	引用文献の値	採用値
船舶の長さ L	「漁港・漁場の施設の設計参考図書（水産庁，2015年）」の総トン数5tの諸元（船の長さ）	本図書は、「漁港漁場整備法」に基づき「漁港・漁場の施設の設計」において参考となる技術的な知見を記載したものである。」とされており、全漁業種類の漁船の平均値が示されていることから、適用可能と判断した。	○	11.0 (m)	11.0 (m)
	船舶の深さ ^{※1} D	「漁港・漁場の施設の設計参考図書（水産庁，2015年）」の総トン数5tの最大喫水	×	1.8 (m)	1.22 (m)
船舶側外板厚 t	「小型漁船のインベントリ分析に関する研究-A：モデル船の建造・運航状況調査－（海上技術安全研究所報告 第3巻 第5号（平成15年）」）から案分	本図書は、実際に漁業で使用されていた総トン数約14tのFRP製漁船の形状が示されていることから、総トン数5tに案分することで適用可能と判断した。	○	1.22 (m) ^{※2}	
	「強化プラスチック船規則（日本海事協会，2018年）」の前後部の外板の厚さ	本規則は、法定検査と同等（本規則に従った船級検査に合格すること、法定検査を省略することが可能）であり、船舶の長さが35m未満のFRP製船舶に適用される規則であることから適用可能と判断した。	○	5.89 (mm)	5.89 (mm)
横肋骨心距 a	「強化プラスチック船規則（日本海事協会，2018年）」の肋骨心距	本規則は、法定検査と同等（本規則に従った船級検査に合格すること、法定検査を省略することが可能）であり、船舶の長さが35m未満のFRP製船舶に適用される規則であることから適用可能と判断した。	○	500 (mm)	500 (mm)
縦肋骨心距 b	「強化プラスチック船規則（日本海事協会，2018年）」の肋骨心距	本規則は、法定検査と同等（本規則に従った船級検査に合格すること、法定検査を省略することが可能）であり、船舶の長さが35m未満のFRP製船舶に適用される規則であることから適用可能と判断した。	○	500 (mm)	500 (mm)
船首角度 2θ	「小型漁船のインベントリ分析に関する研究-A：モデル船の建造・運航状況調査－（海上技術安全研究所報告 第3巻 第5号（平成15年）」）から案分	本図書は、実際に漁業で使用されていた総トン数約14tのFRP製漁船の形状が示されていることから適用可能と判断した。	○	70° ^{※2}	70°
船首傾斜部の長さ L _{st}	「小型漁船のインベントリ分析に関する研究-A：モデル船の建造・運航状況調査－（海上技術安全研究所報告 第3巻 第5号（平成15年）」）から案分	本図書は、実際に漁業で使用されていた総トン数約14tのFRP製漁船の形状が示されていることから、総トン数5tに案分することで適用可能と判断した。	○	1.52 (m) ^{※2}	1.52 (m)

※1: 「強化プラスチック船規則（日本海事協会，2018年）」によれば、「船の長さ(D)とは、船の長さの中央で測った船底外板の下面、又は船体中心線と船底外板下面の延長線との交点から船側における上甲板の上面までの垂直距離をいい、単位はメートル(m)とする。」とされている。

※2: 算出方法を図9に示す。

※3: 船舶構造について、設計及び工事計画認可段階では、漂流物評価結果により抽出した対象船舶の諸元を基に適切な設定を行う。

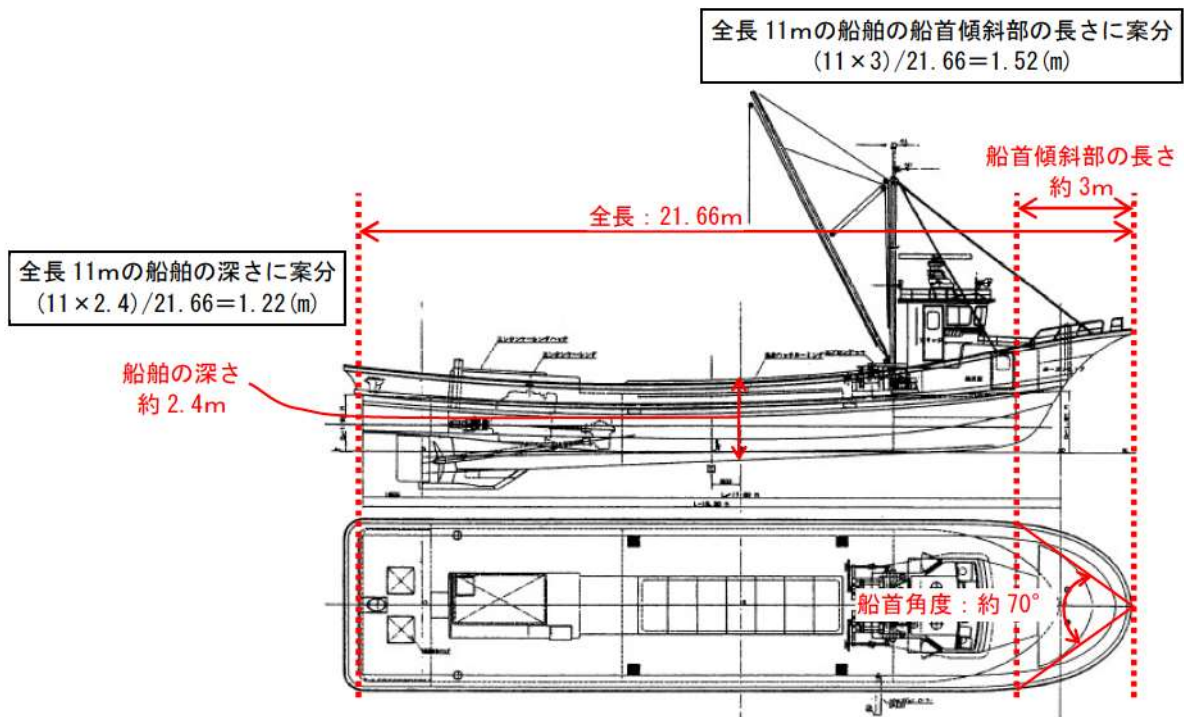


図-2.4 FRP漁船の一般配置図

図9 FRP 漁船の深さ，船首傾斜部の長さ及び船首角度
 (「海技研報告 (平成 15 年)」に一部加筆)

表 4 船舶の材料物性 (ヤング率及びポアソン比) に関する引用文献の適用性及び設定値

項目	引用文献	適用性	評価	引用文献の値*1	採用値**2
ヤング率 (曲げ弾性率)	「強化プラスチック船規則 (日本海事協会, 2018 年)」の曲げ弾性係数	本規則は、「長さが 35m 未満の普通の形状の FRP 船 (油タンカーを除く。) で、普通の主要寸法比を有するものに適用する。」とされており、平均的な曲げ弾性係数を示しているが、最低値を規定している可能性があるため、適用不可と判断した。	×	6.86×10 ⁸ (N/mm ²) 【0.7×10 ⁶ (tf/m ²)】	
	「強化プラスチック船規則検査要領 (日本海事協会, 2018 年)」の曲げ弾性係数の判定基準	上記規則に対する検査要領であり、船体材料 (ガラス繊維基材) の判定基準を示したものであることから、適用可能と判断した。	○	11.78×10 ⁸ (N/mm ²) 【1.2×10 ⁶ (tf/m ²)】	
	「漁港・漁場の施設の設計参考図書 (水産庁, 2015 年)」のハンドレイアウト成形法**3 の曲げ弾性率	本図書は、「漁港漁場整備法」に基づき「漁港・漁場の施設の設計において参考となる技術的な知見を記載したものである。」とされており、漁船の成形法であるハンドレイアウト成形法による曲げ弾性率を示したものであることから、適用可能と判断した。	○	9~12 (GPa) 【1.08×10 ⁶ (tf/m ²)】	1.2×10 ⁶ (tf/m ²)
材料物性	「船舶海洋工学シリーズ⑥船体構造 構造編 (藤久保昌彦・吉川孝男・深沢塔一・大沢直樹・鈴木英之, 2012 年)」	本文献は、船体構造が詳細に示されているが、FRP 船舶については紹介されている程度であり、示されているヤング率も典型的な値として紹介されているのみで、値の根拠が示されていないことから、適用不可と判断した。	×	10.7 (kN/mm ²) 【1.09×10 ⁶ (tf/m ²)】	
	「非金属材料データベース」プラスチック・FRP・ゴム・接着剤・塗料・木材及び木質材料・セラミックス [改訂 2 版] (日本規格協会, 1985 年) のハンドレイアウト用ガラス繊維基材の GRP としての力学的特性 (標準) の曲げ弾性率	本文献は、非金属材料の物性値を幅広く掲載しており、漁船の成形法であるハンドレイアウト成形法による曲げ弾性率を示したものであることから、適用可能と判断した。	○	1050~1140 (kgf/mm ²) 【1.10×10 ⁶ (tf/m ²)】	
	「3 相森・田中平均化手法のハイブリッド FRP 梁への応用 (土木学会, 2014)」	FRP 材料の巨視的材料係数としてポアソン比が示されているが、I 型断面の梁構造の値であり、船舶とは使用目的が異なるため、適用不可と判断した。	×	0.1, 0.29, 0.308, 0.32	
ポアソン比	「非金属材料データベース」プラスチック・FRP・ゴム・接着剤・塗料・木材及び木質材料・セラミックス [改訂 2 版] (日本規格協会, 1985 年) のハンドレイアウト用ガラス繊維基材の GRP としての力学的特性 (標準)	本文献は、非金属材料の物性値を幅広く掲載しており、漁船の成形法であるハンドレイアウト成形法によるポアソン比を示したものであることから、適用可能と判断した。	○	0.336 (0.320~0.358)	0.336

※1: 文献に記載されている値が範囲を示している場合は平均値とし、【】内に示す。また、各項目で適用性ありと評価されたものの最大値を下線で示す。

※2: 各項目で適用性ありと評価された中から最大値を採用する。

※3: ERP の成形法に用いられる成形法である。他の漁船の成形法としてはスプレイアップ成形法があるが、ヤング率は 7~9 (GPa) であり、ハンドレイアップ成形法の方が高い。

表5 各条件の妥当性を確認したケースでの軸剛性

項目		軸剛性の設定にあたり 妥当性を確認したケース
船舶構造	船舶の長さ L	11.0 (m)
	船の深さ D	1.22 (m)
	船側外板厚 t	5.89 (mm)
	横肋骨心居 a	500 (mm)
	縦肋骨心居 b	500 (mm)
	船首角度 2θ	70 (°)
	船首傾斜部の長さ L_{sf}	1.52 (m)
材料物性	ヤング率 E (曲げ弾性率)	1.2×10^6 (tf/m ²)
	ポアソン比 ν	0.336
圧壊荷重 P_c		71.3 (kN)
有効軸剛性 k_c		0.47×10^5 (N/m)
衝突荷重 (FEMA (2012))		879 (kN)

b. 保守性確認ケース

「a. 妥当性確認ケース」で示した軸剛性は、軸剛性の設定に当たり各条件（構造及び材料物性）の妥当性は確認しているものの、設計へ適用するためには保守性を考慮する必要がある。そのため、以下の方針で保守性の考慮について整理した。

材料物性であるヤング率及びポアソン比について、妥当性を確認したケースにおいては適用性を確認した文献に示されている値又は範囲で示されている場合は平均値を用いたが、これらの物性は不確かさ及びばらつきがある条件であるため、それぞれ文献で確認した値の最大値（範囲を示している場合も最大値）を採用することで、保守性を考慮する（表6）。

「土木学会（1994）」では、船首角度以外の条件は船舶の長さLの関数として記載されている。そのため、妥当性を確認したケースの船舶の長さ11mとした場合の軸剛性を算出する。さらに、船舶の長さをより長くした場合の検討も行い、軸剛性の保守性を考慮する。

上記方針に従い保守性を考慮した軸剛性算出の各条件を表7に示す。

その結果、保守性確認ケース1（船舶の長さ11m）では、 1.56×10^5 (N/m) ，保守性確認ケース2（船舶の長さ12.8m）では 1.74×10^5 (N/m) となり、保守性確認ケース2（船舶の長さ12.8m）の方が大きく、「a. 妥当性確認ケース」の軸剛性（ 0.47×10^5 (N/m) ）よりも3倍以上の値であることから、保守性確認ケース2（船舶の長さ12.8m）の軸剛性（ 1.74×10^5 (N/m) ）を採用する。

表 6 材料物性（ヤング率及びポアソン比）の妥当性確認と保守性確認ケースでの比較

項目	引用文献	引用文献の値①	妥当性確認 (①の平均値)	保守性確認 (①の最大値)
材料物性	「強化プラスチック船規則検査要領（日本海事協会，2018年）」の曲げ弾性係数の判定基準	11.78×10 ³ (N/mm ²) 【1.2×10 ⁶ (tf/m ²)】	1.2×10 ⁶ (tf/m ²) ^{※1}	1.2×10 ⁶ (tf/m ²)
	「漁港・漁場の施設の設計参考図書（水産庁，2015年）」のハンドレイアウト形成法の曲げ弾性率	9～12 (GPa) 【0.91×10 ⁶ ～1.22×10 ⁶ (tf/m ²)】	1.08×10 ⁶ (tf/m ²)	1.22×10 ⁶ (tf/m ²) ^{※2}
材料物性	「非金属材料データブック プラスチック・FRP・ゴム・接着剤・塗料・木材及び木質材料・セラミックス」[改訂2版]（日本規格協会，1985年）」のハンドレイアウト用ガラス繊維基材のGRPとしての力学的特性（標準）の曲げ弾性率	1050～1140 (kgf/mm ²) 【1.05×10 ⁶ ～1.14×10 ⁶ (tf/m ²)】	1.10×10 ⁶ (tf/m ²)	1.14×10 ⁶ (tf/m ²)
	「非金属材料データブック プラスチック・FRP・ゴム・接着剤・塗料・木材及び木質材料・セラミックス」[改訂2版]（日本規格協会，1985年）」のハンドレイアウト用ガラス繊維基材のGRPとしての力学的特性（標準）	0.336 (0.320～0.358)	0.336 ^{※1}	0.358 ^{※2}

※1:妥当性確認の際に採用した物性値を示す。

※2:保守性確認の際に採用した物性値を示す。

表7 船舶の構造及び材料物性（ヤング率及びポアソン比）に関する保守性を確認したケースの軸剛性

項目	設定・算出方法	保守性確認ケース1	保守性確認ケース2
船舶の長さ L	「漁港・漁場の施設設計参考図書（水産庁，2015年）」の総トン数5tの諸元（船の長さ）に加えて，その長さを超える場合も考慮	「漁港・漁場の施設設計参考図書（水産庁，2015年）」の総トン数5tの諸元（船の長さ）：11.0 (m)	「強化プラスチック船規則解説（日本海事協会誌，1978年）」から総トン数5tに最も近い船の長さ：12.8 (m) ※1
船の深さ D	「土木学会（1994）」より $0.08 \times L$ にて算出	$0.08 \times 11.0 = 0.88$ (m)	$0.08 \times 12.8 = 1.02$ (m)
船側外板厚 t	「土木学会（1994）」より $0.82\sqrt{L+2.5}$ にて算出 「土木学会（1994）」の中で示されている計算例（参考資料2）では船側外板厚はほぼ \sqrt{L} であり，上式の0.85倍に近い数値となっているが，保守的に上式をそのまま採用	$0.82 \times 11.0^{0.5} + 2.5 = 5.22$ (mm)	$0.82 \times 12.8^{0.5} + 2.5 = 5.434$ (mm)
横肋骨心距 a	「土木学会（1994）」より $450 + 2L$ にて算出	$450 + 2 \times 11.0 = 472$ (mm)	$450 + 2 \times 12.8 = 475.6$ (mm)
縦肋骨心距 b	「土木学会（1994）」より $550 + 2L$ にて算出	$550 + 2 \times 11.0 = 572$ (mm)	$550 + 2 \times 12.8 = 575.6$ (mm)
船首角度 2θ	「土木学会（1994）」より $2\theta = 35 \sim 70^\circ$ とされていることを踏まえ，保守的になるよう 35° を採用	35°	
船首傾斜部の長さ L_{ef}	「土木学会（1994）」より $0.25 \times D$ にて算出	$0.25 \times (0.08 \times 11) = 0.22$ (m)	$0.25 \times (0.08 \times 12.8) = 0.256$ (m)
ヤング率E (曲げ弾性率)	以下の3つの文献で示されている値の最大 ・「強化プラスチック船規則検査要領（日本海事協会，2018年）」の曲げ弾性係数の判定基準 ・「漁港・漁場の施設設計参考図書（水産庁，2015年）」のハンドレイアウト ・「成形法の曲げ弾性率 ・「非金属材料データブック プラスチック・FRP・ゴム・接着剤・塗料・木材及び木質材料・セラミックス」[改訂2版]（日本規格協会，1985年）」のハンドレイアウト用ガラス繊維基材のGRPとしての力学的特性（標準）の曲げ弾性率 「非金属材料データブック プラスチック・FRP・ゴム・接着剤・塗料・木材及び木質材料・セラミックス」[改訂2版]（日本規格協会，1985年）」のハンドレイアウト用ガラス繊維基材のGRPとしての力学的特性（標準）で示されている値の最大	1.22×10^6 (tf/m ²)	
ポアソン比ν			0.358
圧壊荷重P _c	圧壊荷重P _c	34.3 (kN)	44.5 (kN)
有効軸剛性k _c	有効軸剛性k _c	1.56×10^5 (N/m)	1.74×10^5 (N/m)
衝突荷重(FEMA (2012))	衝突荷重 (FEMA (2012))	1,601 (kN)	1,691 (kN)

※1:総トン数5tの船舶に12.8mの長さを用いることの保守性については参考資料3に示す。

※2:船舶構造について，設計及び工事計画認可段階では，漂流物評価結果により抽出した対象船舶の諸元を基に適切な設定を行う。

3. 漂流物の衝突荷重の算定

各漂流物による衝突荷重を表8に示す。

算出の結果、漂流物による最大衝突荷重は、小型船舶（総トン数5t）の1,691kNであった。

そのため、防潮堤の構造成立性評価に用いる設計用衝突荷重は保守的に2,000kNに設定する。

表 8 各漂流物による衝突荷重一覧

対象漂流物	重量等	到達形態	流速 (衝突速度)	初期配置区分	適用式	有効軸剛性 (N/m)	衝突荷重 (kN)
小型船舶 (FRP)	総トン数：5t (排水トン数：15t)	浮遊	18m/s	直近海域	FEMA (2012)	1.74×10^5	1,691 【1.18】
船舶 (FRP)	総トン数：20t (排水トン数：60t)	浮遊	18m/s	前面海域	道路橋示方書	—	1,059 【1.89】
設計用衝突荷重							2,000

※【】内は衝突荷重に対する設計用衝突荷重の割合を示す。

既往文献の鋼製船舶の軸剛性と土木学会（1994）の方法を用いた場合の比較

「甲斐田・木原（2017）」では既往の文献（有田（1988））を整理し、総トン数400～4000tの鋼製の大型船舶の船首方向の軸剛性を示している。ここでは、これらの鋼製の大型船舶の軸剛性を土木学会（1994）の方法を用いて算出し、「甲斐田・木原（2017）」の軸剛性と比較する。

その結果を参考表1に示す。

土木学会（1994）の方法から算出した軸剛性と「甲斐田・木原（2017）」の軸剛性とは、概ね同じような値であることを確認した。また、土木学会（1994）の方法から算出した軸剛性の方が大きくなる傾向があることを確認した。

参考表 1 「甲斐田・木原 (2017)」と土木学会 (1994) の方法を用いた場合の軸剛性 (鋼製船舶) の比較

項目	500G. T. 船		1000G. T. 船		2000G. T. 船		4000G. T. 船	
総トン数	500 (t)		1000 (t)		2000 (t)		4000 (t)	
船舶の長さ L	50 (m)		63 (m)		80 (m)		100 (m)	
船の深さ D	$0.08 \times 50 = 4.0$ (m)		$0.08 \times 63 = 5.04$ (m)		$0.08 \times 80 = 6.4$ (m)		$0.08 \times 100 = 8$ (m)	
船側外板厚 t	$0.82 \times 50^{0.5} + 2.5 = 8.3$ (mm)		$0.82 \times 63^{0.5} + 2.5 = 9.009$ (mm)		$0.82 \times 80^{0.5} + 2.5 = 9.834$ (mm)		$0.82 \times 100^{0.5} + 2.5 = 10.7$ (mm)	
横肋骨心距 a	450 + 2 × 50 = 550 (mm)		450 + 2 × 63 = 576 (mm)		450 + 2 × 80 = 610 (mm)		450 + 2 × 100 = 650 (mm)	
縦肋骨心距 b	550 + 2 × 50 = 650 (mm)		550 + 2 × 63 = 676 (mm)		550 + 2 × 80 = 710 (mm)		550 + 2 × 100 = 750 (mm)	
船首角度 ^{**1} 2θ	70°	35°	70°	35°	70°	35°	70°	35°
船首傾斜部の長さ L_{sf}	$0.25 \times (0.08 \times 50) = 1.0$ (m)		$0.25 \times (0.08 \times 63) = 1.26$ (m)		$0.25 \times (0.08 \times 80) = 1.6$ (m)		$0.25 \times (0.08 \times 100) = 2.0$ (m)	
ヤング率 E (曲げ弾性率)	2.1×10^7 (tf/m ²)		2.1×10^7 (tf/m ²)		2.1×10^7 (tf/m ²)		2.1×10^7 (tf/m ²)	
ポアソン比 ν	0.3		0.3		0.3		0.3	
圧縮荷重 P_c	6785 (kN)	7900 (kN)	10090 (kN)	11747 (kN)	15071 (kN)	17547 (kN)	21690 (kN)	25253 (kN)
効軸剛性 k_c	6.79×10^6 (N/m)	7.9×10^6 (N/m)	8.01×10^6 (N/m)	9.33×10^6 (N/m)	9.42×10^6 (N/m)	1.1×10^7 (N/m)	1.09×10^7 (N/m)	1.27×10^7 (N/m)
甲斐田・木原 (2017) で示されている有効軸剛性	5.1×10^6 (N/m)		6.4×10^6 (N/m)		8.2×10^6 (N/m)		1.1×10^7 (N/m)	

※1: 船首角度は不明であったため、土木学会 (1994) で示されている最大と最小の値を用いてそれぞれの軸剛性を算出した。

「土木学会 (1994)」で示されている計算例

「土木学会 (1994)」で示されている船首強度 (圧壊荷重) の計算例を参考図 1 に示す。

(2) 船首強度の計算

船首強度は船首の座屈強度から求める。船首部側板の座屈強度は、板厚や側板各辺長さなどの関係式として次式のように表わせる。

$$\sigma_c = k \frac{\pi^2 E}{12 (1 - \nu^2)} \left(\frac{t}{b}\right)^2 \leq \sigma_y \quad (3.2)$$

船首の形状寸法など諸値を乗じると、船首強度すなわち圧壊荷重は次式で表わせる。

$$P_c = 2 D t \cos \theta \sigma_c \quad (3.3)$$

ここで式の記号は以下のとおりである。

- k : 座屈係数 $= \left(\frac{b}{a} + \frac{a}{b}\right)^2$
- E : ヤング率 $= 2.1 \times 10^7 \text{ tf/m}^2$
- ν : ポアソン比 $= 0.3$
- σ_y : 鋼材の降伏点応力 $2,400 \text{ kgf/cm}^2$

上2式をもとに、船首部側板の座屈強度を算出する。200 G.T, 300 G.T および 500 G.T の船舶の船首部諸元を表 3.2 のように設定する。

ここで横肋骨心距 a は、

$$a = 450 + 2L \quad (3.4a)$$

縦肋骨心距 b は、

$$b = 550 + 2L \quad (3.4b)$$

また、図 3.5 に示す船首角度を $2\theta = 35^\circ$ 、船首傾斜部の長さを $L_{sf} = 0.25D$ とする。船首強度の計算結果を表 3.3 に示す。

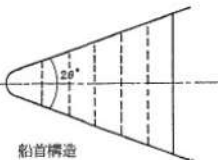


図 3.5 船首角度

表 3.2 船首部諸元

ゲート	G.T	L (m)	L _{coll} (m)	D (m)	a (mm)	b (mm)	L _{sf} (m)
A	200	36.84	3.68	2.95	520	620	0.74
B	300	42.17	4.22	3.37	530	630	0.84
C	500	50.00	5.00	4.40	550	650	1.00

表 3.3 船首圧壊強度

L (m)	a (mm)	b (mm)	t (mm)	k	σ_{cr} (kgf/cm ²)	D (m)	P _c (tf)
36.84	520	620	6	4.08	725	2.95	245
42.17	530	630	6.5	4.12	832	3.37	348
50.00	550	650	7	4.12	907	4.00	484

表 3.1 船首部の標準寸法値

構造寸法	記号	標準寸法	単位
船の深さ	D	0.08 L	m
船側外板厚	t	0.82√L + 2.5	mm
フレーム間隔	S	610	mm
船首隔壁位置	L _{coll}	0.1 L	m
縦通材間隔	b	3S	mm
船首部傾斜幅	L _{sf}	0.25 D	m
船首部先端角度	2θ	35 ~ 70	度
船体幅	B	L/10 + 3.81	m

表 3.3 から a 及び b を算出する際に用いる L はメートル単位での数値を用いている。また、板厚 t は表 3.1 で示されている式から算出される値よりも小さい (\sqrt{L} で算出されていると考えられる)。

参考図 1 「土木学会 (1994)」で示されている計算例 (「土木学会 (1994)」に一部加筆)

総トン数5tの漁船の長さに関する保守性について

「漁港・漁場の施設の設計参考図書（水産庁，2015年）」では，総トン数5tの漁船の長さは11.0mとの記載がある（参考図2の赤実線）。

総トン数5tの漁船の長さを示す他の文献が確認できなかったため，「強化プラスチック船規則解説（日本海事協会会誌，1978年）」の供試船一覧表で記載されている船舶の中から11.0mに最も近い12.8mの長さを，保守性を考慮する際に用いることとする（参考図3の赤実線）。

船舶の長さ12.8mは「漁港・漁場の施設の設計参考図書（水産庁，2015年）」では，総トン数10tの漁船の長さ（13.0m）にほぼ等しい長さ（参考図2の赤点線）であり，総トン数5tの船舶に対して12.8mの長さを用いることは保守的になっている。

船型 (G.T.)	船の長さ (L)	船の幅 (B)	喫水	
			最大 (dmax)	最小 (dmin)
1	7.0m	1.8m	1.0m	—m
2	8.0	2.2	1.2	—
3	9.0	2.4	1.4	—
4	10.0	2.6	1.6	—
5	11.0	2.8	1.8	—
10	13.0	3.5	2.0	1.9

参考図2 漁船の諸元（「漁港・漁場の施設の設計参考図書（水産庁，2015年）」に一部加筆）

船名	L (m)	B (m)	D (m)	d (m)	C _b	V (kt)
A	23.8	4.35	2.20	1.87	0.70	10.5
B	26.0	5.60	2.30	1.96	0.71	10.5
C	16.3	3.60	1.40	1.30	0.61	10.0
D	21.5	5.10	2.10	2.05	0.66	11.0
E	26.4	5.46	2.48	2.40	0.67	11.0
F	24.4	5.43	2.34	2.02	0.69	11.0
G	26.5	5.53	2.50	2.17	0.77	11.0
H	22.2	5.23	2.14	1.87	0.64	11.0
I	17.0	3.70	1.40	1.01	0.65	11.5
J	12.8	3.30	1.01	0.52	0.55	17.5
K	24.0	5.35	2.30	2.00	0.66	10.0
L	15.4	3.90	1.55	0.74	0.63	27.0
M	20.1	5.30	2.30	1.08	0.40	24.0
N	14.5	4.03	1.45	1.08	0.53	13.5
O	13.5	3.00	1.08	0.81	0.69	11.0
P	16.0	3.95	1.57	1.30	0.70	11.0

参考図3 供試船一覧表

（「強化プラスチック船規則解説（日本海事協会会誌，1978年）」に一部加筆）

【参考文献】

- 1) 道路橋示方書 (2002) : 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
- 2) 津波漂流物対策施設設計ガイドライン (2009) : 津波漂流物対策施設設計ガイドライン (案), (財) 沿岸技術研究センター, (社) 寒地港湾技術研究センター
- 3) 全国漁港漁場協会 (2003) : 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)
- 4) 安藤ら (2006) : 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)
- 5) 東京大学生産技術研究所 (2011) : 平成 23 年度 建築基準整備促進事業 40. 津波危険地域における建築基準等の整備に資する検討 中間報告 その 2, 平成 23 年 10 月
- 6) 松富 (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, No. 621, pp. 111-127, 1999. 5
- 7) 池野・田中 (2003) : 陸上遡上津波と漂流物の衝突力に関する実験的研究, 海岸工学論文集, 第 50 巻, pp. 721-725, 2003
- 8) 水谷ら (2005) : エプロン上のコンテナに作用する津波力と漂流衝突力に関する研究, 海岸工学論文集, 第 52 巻 pp. 741-745, 2005
- 9) 有川ら (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, 2007
- 1 0) 有川ら (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, 2010
- 1 1) FEMA (2012) : Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis Second Edition, FEMA P-646, Federal Emergency Management Agency, 2012
- 1 2) FEMA (2019) : Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis Third Edition, FEMA P-646, Federal Emergency Management Agency, 2019
- 1 3) ASCE (2016) : Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures, ASCE/SEI Standard 7-16, American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia
- 1 4) 漁港・漁場の施設の設計参考図書 (水産庁, 2015 年版)
- 1 5) 甲斐田・木原 (2017) : 原子力発電所における津波漂流物の影響評価技術—現状調査とその適用に関する考察—, 電力中央研究所研究報告 (2017)
- 1 6) 土木学会 (1994) : 構造物の衝撃挙動と設計法 ((社) 土木学会, 1994)
- 1 7) 基礎からわかる FRP (強化プラスチック協会編, 2016)
- 1 8) 小型漁船のインベントリ分析に関する研究—A: モデル船の建造・運行状況調査—, 海上技術安全研究所報告 第 3 巻 第 5 号 (平成 15 年)
- 1 9) 強化プラスチック船規則 (日本海事協会, 2018)

- 20) 強化プラスチック船規則解説 (日本海事協会会誌, 1978)
- 21) 鋼船規則 (日本海事協会)
- 22) 小型鋼製漁船 ((社) 漁船協会, 昭和 46 年)
- 23) 小型鋼船構造規則 (詳細不明)
- 24) FRP 成形入門講座 (日本プラスチック加工技術協会)
- 25) 土木構造用 FRP 部材の設計基礎データ (土木学会, 2014)
- 26) FRP 構造設計便覧 (強化プラスチック協会, 1994)
- 27) 船舶海洋工学シリーズ⑥船体構造 構造編 (藤久保昌彦・吉川孝男・深沢塔一・大沢直樹・鈴木英之, 2012)
- 28) 非金属材料データブック プラスチック・FRP・ゴム・接着剤・塗料・木材及び木質材料・セラミックス [改訂 2 版] (日本規格協会, 1985)
- 29) 3 相森・田中平均化手法のハイブリッド FRP 梁への応用 (土木学会, 2014)

発電所敷地外の車両について

1. はじめに

「2. 5 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止」では、「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）」の第五条の要求に対する適合性を示すにあたり実施した「基準津波により漂流物となる可能性がある施設・設備等」の調査結果を示している。

調査分類B（漁港・市街地における人工構造物）の調査で確認した発電所敷地外の車両については、他の人工構造物とは異なり確認対象が抽出範囲内外を移動するため、対象の特定が難しいことから、目視による調査に加え、定点撮影による調査を実施した。調査で確認した車両について、車種や使用用途で分類し、整理を行う。

本書は、敷地外車両の調査要領、調査結果、車両の分類、整理結果を示すものである。

2. 調査要領

(1) 調査範囲

敷地外車両の抽出範囲については、調査分類B（漁港・市街地における人工構造物）の調査範囲とする。調査分類Bの調査範囲を図1に示す。

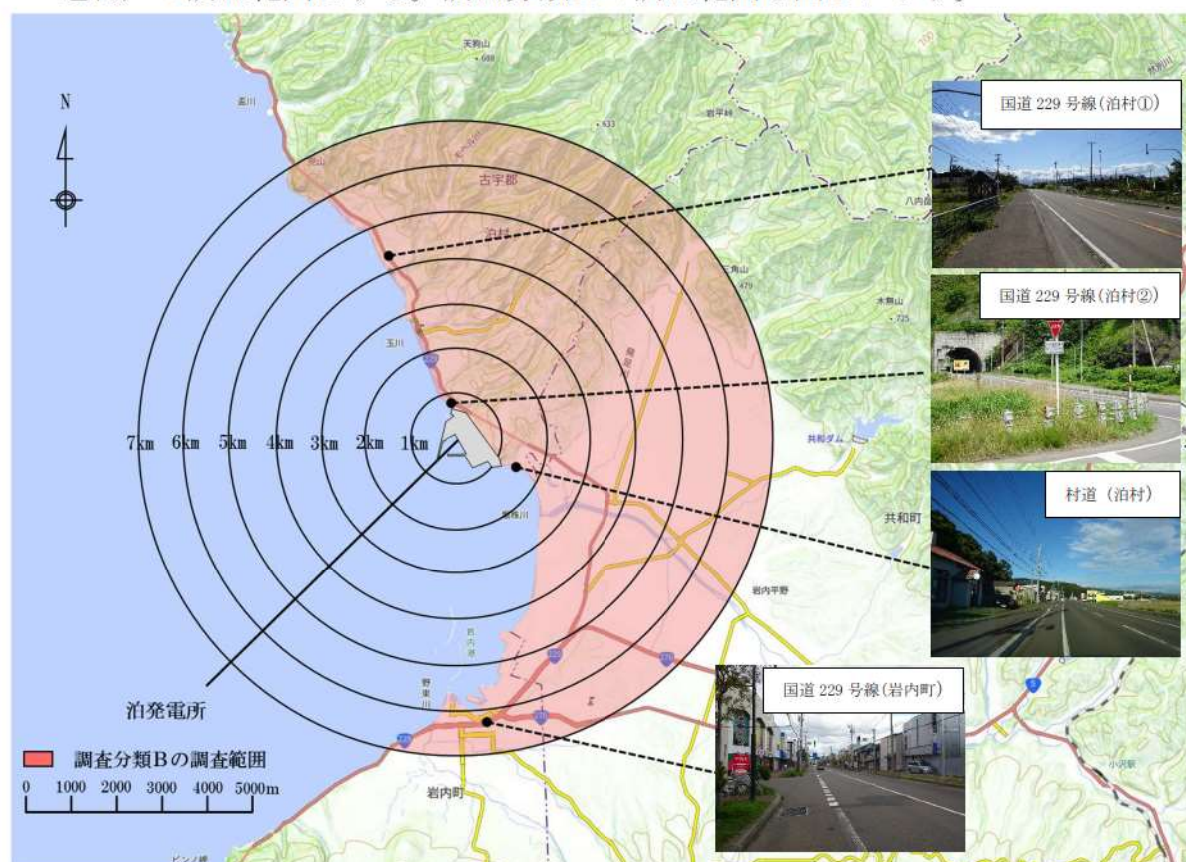


図1 調査分類B（漁港・市街地における人工構造物）調査範囲

(2) 調査方法

泊発電所の特徴として、発電所の周辺500m範囲内に国道229号線が通っている。発電所周辺500mの範囲及び国道229号線の位置を図2に示す。

泊発電所周辺500m範囲内の国道229号線を走行する車両は、取水性の評価や津波防護施設の設計において考慮する衝突荷重の算出への影響が大きいことから、詳細な調査を実施した。

詳細な調査として、発電所周辺500m範囲内の国道229号線においてビデオカメラによる定点撮影を行い^{*}、走行する車両を記録した。

※：国道229号線を定点撮影の代表地点に選定した妥当性は、(3)項に示す。

また、泊発電所の地域特性として、冬季期間における降雪・積雪があり、冬季期間のみ除雪作業を実施する車両が走行することから、冬季期間以外(3月下旬～12月上旬)と冬季期間(3月下旬～12月上旬)の両期間における調査を実施した。

〈調査期間〉

冬季期間以外(降雪・積雪なしの期間：3月下旬～12月上旬)の調査：
2022年11月12日(土)～2022年11月19日(金)

冬季期間(降雪・積雪ありの期間：12月下旬～3月上旬)の調査：
2023年1月14日(土)～2023年1月22日(日)

定点撮影の時間帯は、冬季期間以外については、車種を明確に確認することができる日中の時間帯(9～17時)で撮影を行ったが、冬季期間については深夜～早朝にかけて除雪作業を実施する車両が走行することから、24時間撮影を行った。

調査分類B(漁港・市街地における人工構造物)の調査範囲内にある漁港や市街地の車両については、目視にて確認を行い、写真で記録した。

敷地外の車両に関する調査の考え方を図3の調査フローに示す。

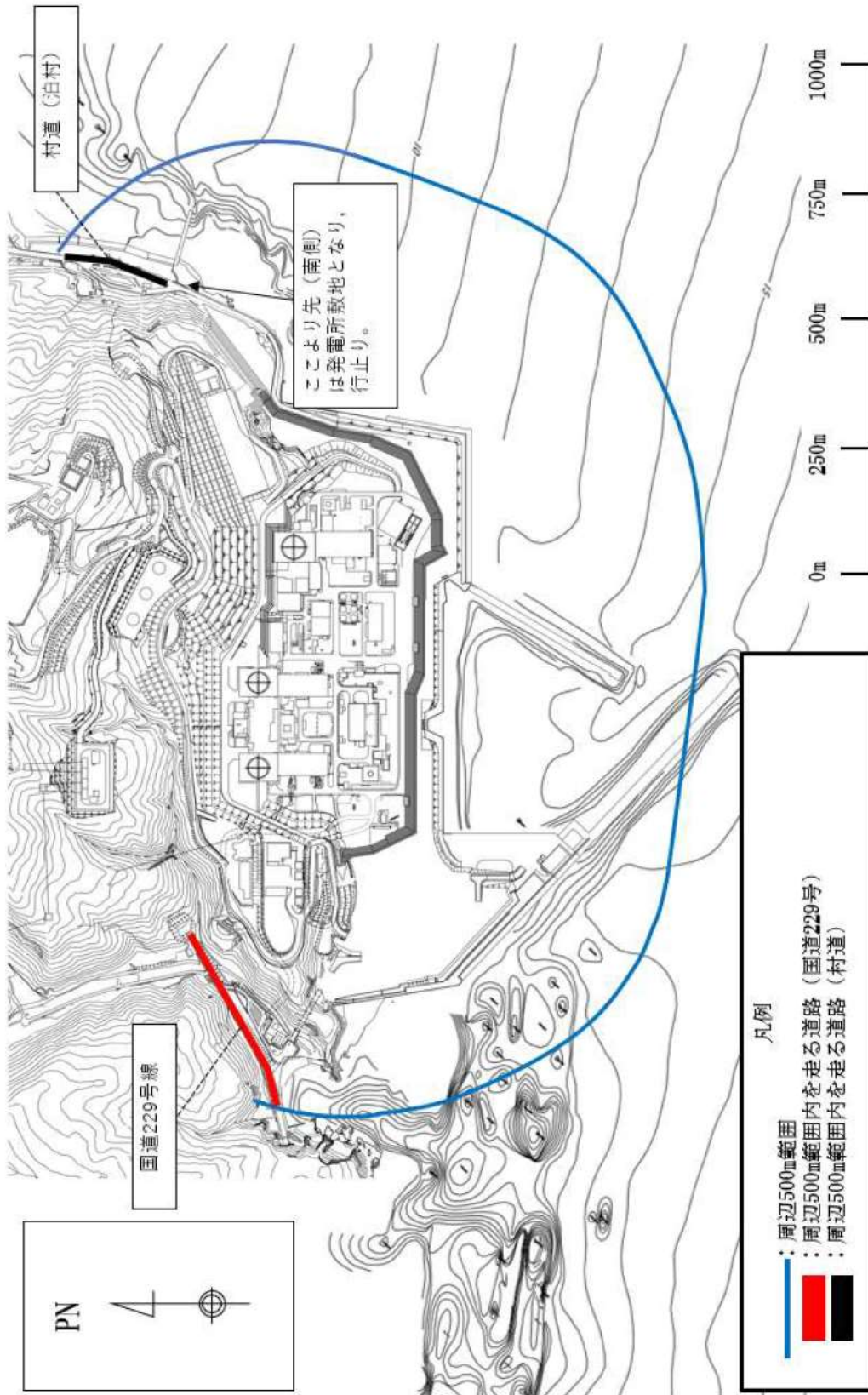
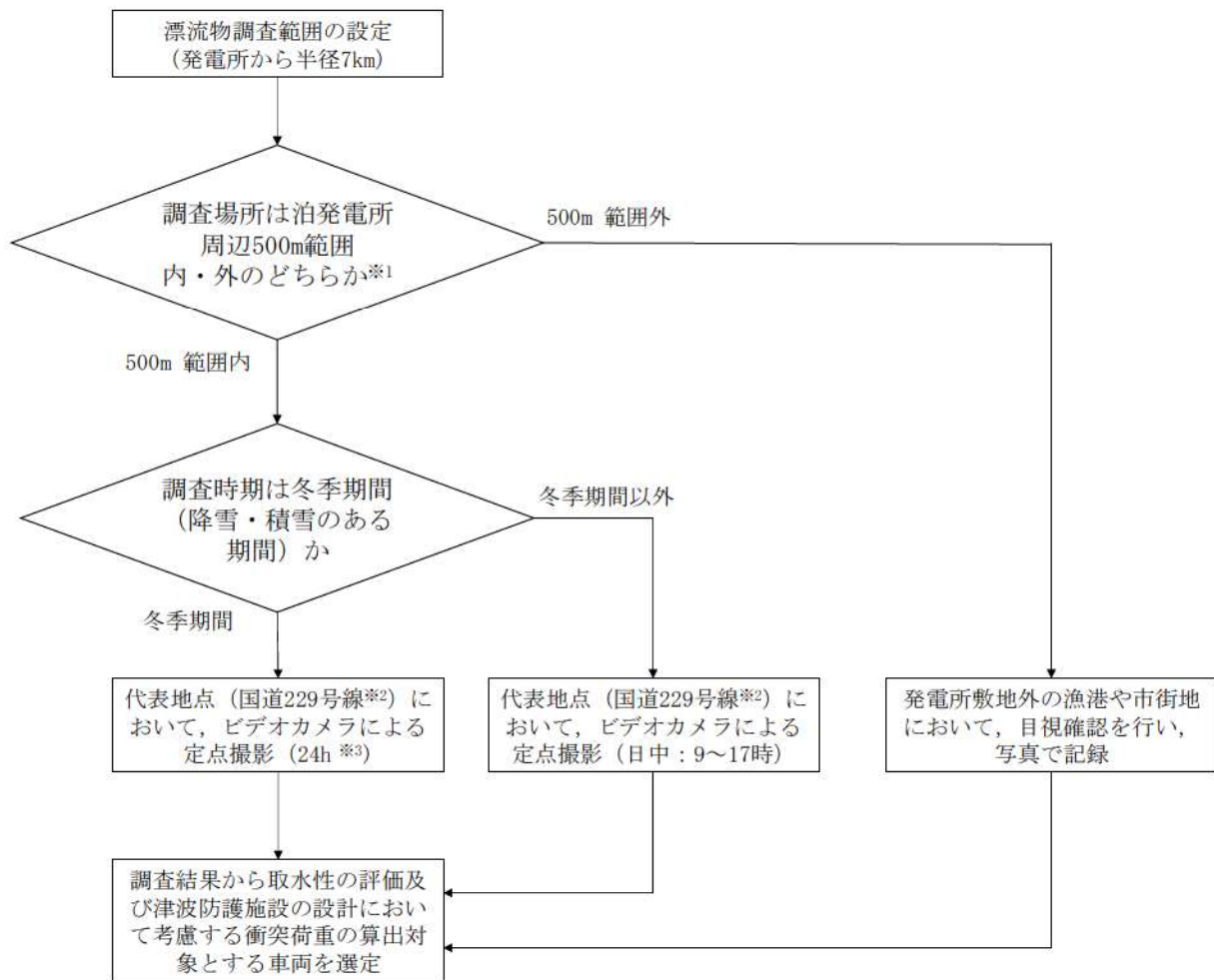


図2 発電所周辺500m範囲と国道229号線の位置



※1：取水性の評価や津波防護施設の設計において考慮する衝突荷重の算出への影響が大きいことから、詳細な調査を実施する。

※2：国道229号線を定点撮影の代表地点に選定した妥当性を(3)頁に示す。

※3：除雪作業が深夜～早朝に行われるため、24h撮影する。

図3 敷地外車両の調査フロー

(3) 国道 229 号線を定点撮影の代表地点に選定した妥当性

- 積丹半島周辺の道路を図 4 に示す。
- 泊発電所周辺 500m 範囲～小樽・札幌方面を結ぶルートは複数あるが、泊発電所周辺 500m 範囲内に到達するためには、国道 229 号線を走行する必要がある。

《小樽・札幌方面を結ぶルート》

- ①：国道 229 号線を通り、積丹半島の海側を走行するルート
 - ②：国道 229 号線から道道 998 号線へ入り、再度国道 229 号線に合流するルート
 - ③：国道 5 号線から国道 227 号線又は道道 269 号線＋道道 818 号線に入り、国道 229 号線を走行するルート
- 泊発電所周辺 500m 範囲～寿都方面を結ぶルートは、国道 229 号線を走行するルートのみであるため、泊発電所周辺 500m 範囲内に到達するためには、国道 229 号線を走行する必要がある。

【発電所周辺 500m 範囲内にある村道の扱い】

- 発電所周辺 500m 範囲内にある村道（泊村）については、泊発電所（堀株守衛所）へ入構する車両及び村道周辺の民家や堀株海水浴場へ向かう自動車（普通・軽自動車）の走行が主である。また、村道の南側は行止り（行止りの先は、泊発電所の敷地）となっていることから、重機や輸送車両等が目的なく駐車・走行する可能性はない。
- 村道の車両については、国道 229 号線における定点撮影による調査で確認された車両に包絡されると考え、ビデオカメラによる定点撮影は実施せず、走行中、作業中の車両を目視にて確認を行い、写真で記録した。

【漂流物調査範囲外の市街地にある施設等を利用する車両の網羅性】

- 積丹半島の周辺に位置する漂流物調査範囲外の市街地（神恵内、積丹、仁木、余市、寿都等）と泊発電所周辺 500m 範囲を結ぶルートは、上記に示したルートのいずれかとなるため、国道 229 号線の定点撮影を実施することで、漂流物調査範囲外の市街地にある施設を利用する車両を網羅的に確認することが可能である。
- 積丹半島周辺の市街地（神恵内、積丹、仁木、余市、寿都等）にある主な施設は、民家・漁港・公共施設・商業施設（小規模なスーパーマーケットや個人商店、ガソリンスタンド等）であり、大規模な港（国際拠点港湾、重要港湾）・コンビニート・火力発電所・製鉄所等の工場・物流拠点・郊外型の大型ショッピングモールといった常に車両の往来がある大型施設はない。

- 上記より、国道 229 号線の定点撮影を行うことで、泊発電所周辺 500m 範囲を走行する車両を網羅的に確認することが可能である。国道 229 号線におけるビデオカメラの定点撮影位置を図 5 に示す。



図 4 積丹半島周辺の道路図

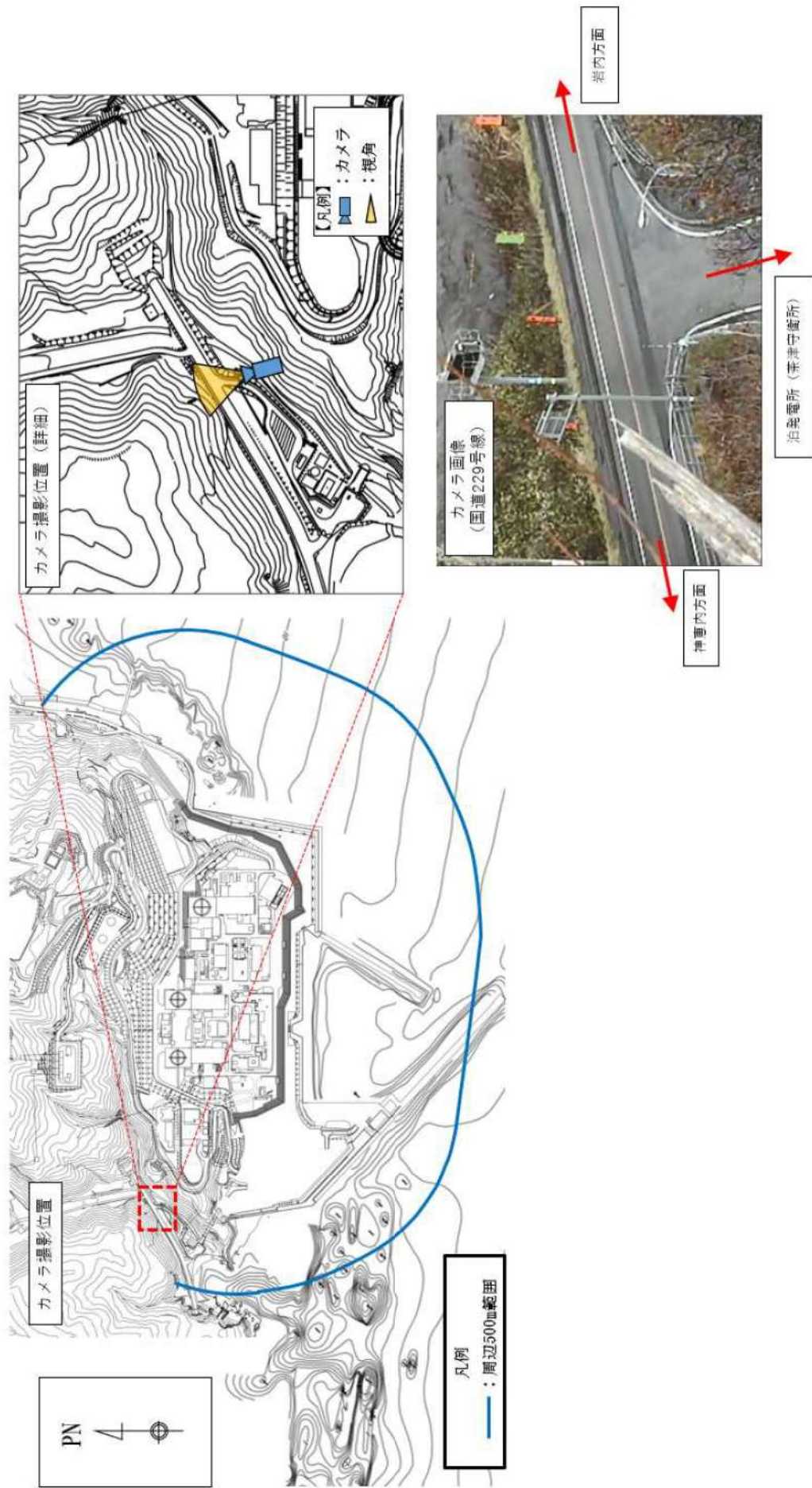


図5 国道229号線における定点撮影位置

3. 調査結果

- 国道 229 号線の定点撮影による冬季期間以外（道路に降雪・積雪なし）の調査結果を図 6 に示す。
- 冬季期間（道路に降雪・積雪あり）における調査で確認した車両は、冬季期間以外で確認された車両に大部分が包絡されるが、冬季期間以外の期間では確認されなかった複数種の除雪車を確認した。冬季期間のみで確認された車両を図 7 に示す。
- 漁港・市街地における調査で確認した車両は、大部分が国道 229 号線を走行する車両に包絡されるが、一部、国道 229 号線での走行は確認されなかったものの、漁港・市街地における調査では確認された車両があることから、対象の車両を図 8 に示す。
- 国道 229 号線の定点撮影（冬季期間以外、冬季期間）により、漂流物の調査範囲内・外の市街地や市街地にある施設（民家・漁港・公共施設・商業施設等）を往来する普通自動車、タンクローリー、荷物運搬用のウイング車やトラック、工事用の重機車両を確認した。国道 229 号線が通っている積丹半島周辺には、大型施設（大規模な港（国際拠点港湾、重要港湾）・コンビナート・火力発電所・製鉄所等の工場・大型ショッピングモール等）がないことから、定点撮影の調査結果で泊発電所周辺 500m 範囲を走行する車両を網羅的に確認することが出来たと考えている。
- 夜間～早朝にかけては、発電所周辺地域において作業・営業の時間外であるため、工事用重機やタンクローリーの走行は確認されず、走行の主は普通自動車であった。ウイング車やトラック等の荷物運搬用の車両は、日中に比べ数は少ないが走行を確認した。
- 日中（11：00～12：00）と夜間（23：00～24：00）の代表 1 時間で走行車両の台数を比較すると、日中は約 400 台程度、夜間は約 20 台程度の車両が走行している。
- 定点撮影調査時に同種の車両を複数台確認したことから、調査結果として示す車両の写真については、代表的な車両とする。

			
普通・軽自動車			
			
普通・軽自動車 (パトカー)	普通・軽自動車 (タクシー)	普通・軽自動車 (パトロールカー)	普通・軽自動車 (キャンピングカー)
			
路線バス	通勤バス	自動二輪車	緊急車両 (消防車)

図6 (1) 国道 229 号線の定点撮影による調査結果

			
大型タンクローリー	小型タンクローリー	ごみ収集車	バキュームカー
			
トレーラー車	ウイング車*	ダンプカー	大型トラック
			
ミニトラック	小型トラック	高所作業車	ミキサー車

図6(2) 国道229号線の定点撮影による調査結果

※：車両後方に設置された荷室の側壁を跳ね上げ、側面を大きく開放することで荷役作業を容易に行えるようにした車両





			
ショベルカー	ラフタークレーン車	コンクリートポンプ車	ブルドーザー (トレーラー積載)

図6 (3) 国道 229 号線の定点撮影による調査結果



図7 国道229号線の定点撮影による調査結果（冬季期間のみで確認された車両）




			
散水車	フォークリフト	コンバイン	トラクタ

図8 漁港・市街地のみで確認された車両

4. 車両の分類

3. 調査結果で確認した車両を車種や使用用途で分類し、整理した結果を表1に示す。

表1 車両の分類と調査結果の整理

車両分類	調査結果
	() は冬季期間のみで確認された車両 《 》は漁港・市街地のみで確認された車両
一般車両	普通・軽自動車（パトカー，タクシー，パトロールカー，キャンピングカーを含む）
車両系重機	ダンプカー，大型トラック，ユニック車，小型トラック，高所作業車，ショベルカー，ラフタークレーン車，コンクリートポンプ車，ブルドーザー，（除雪車），《フォークリフト》
緊急車両	消防車，救急車※ ¹
バス	路線バス，通勤バス
農耕作業用車両	《コンバイン，トラクタ》
貨物自動車	大型タンクローリー，小型タンクローリー，ごみ収集車，バキュームカー，トレーラー車，ウイング車，ミキサー車，《散水車》
自動二輪車※ ²	原付，普通，大型

※1：現場調査時に救急車は確認出来なかったが，周辺地域の消防に配備されていることから，抽出する。

※2：現場調査時に排気量の確認が出来なかったことから，原付，普通，大型の全種類の自動二輪車を抽出する。

取水性への影響評価及び衝突荷重の設定に用いる対象漁船について

1. はじめに

調査分類D（船舶）の調査で確認した発電所敷地外の漁船については、取水性に影響を及ぼさないことを確認するための対象漁船及び津波防護施設の設計において漂流物の衝突荷重を適切に設定するため、津波防護施設に考慮する対象漁船を適切に選定する必要がある。本書では、漂流物調査結果及び泊発電所周辺海域の地形、漁業権の範囲等を踏まえ対象の漁船を設定する。

2. 漁船の初期位置

発電所周辺の漁船は、津波により漂流物化すると想定され、取水性の確保及び津波防護施設の設計において考慮する衝突荷重の算出への影響が大きいと考えられる。

発電所周辺 500m範囲内の海域を「直近海域」、「直近海域」よりも沖側を「前面海域」として設定し、それぞれの海域における漁船の整理を行う。

「直近海域」と「前面海域」を図1に示す。

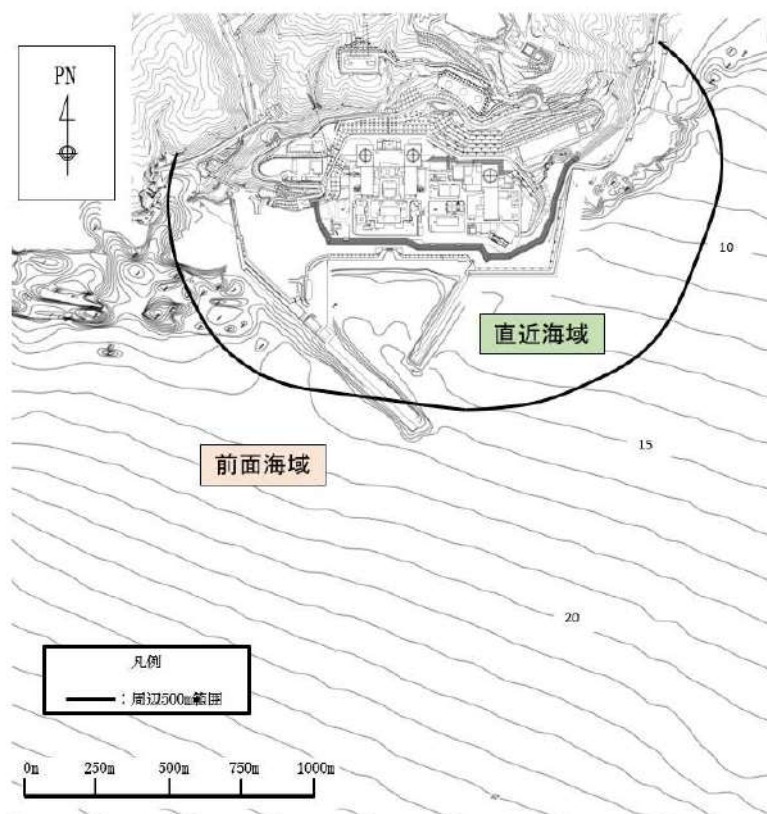


図1 「直近海域」と「前面海域」の区分

3. 「直近海域」における検討

「直近海域」については、図2に示す通り、大部分が漁業権消滅区域に設定されており、この範囲で漁は行われていないが、「直近海域」の東の堀株側と西の茶津側、発電所港湾入口近傍に漁業権消滅区域ではない範囲がある。(以下「直近海域(堀株側)」、「直近海域(茶津側)」、「直近海域(港湾入口近傍)」)

このような状況を踏まえ、初期位置が「直近海域」となる漂流物(漁船)について検討を行った。なお、発電所敷地内に入港する船舶は、退避又は漂流物とならない対策を講じることから検討対象外とした。

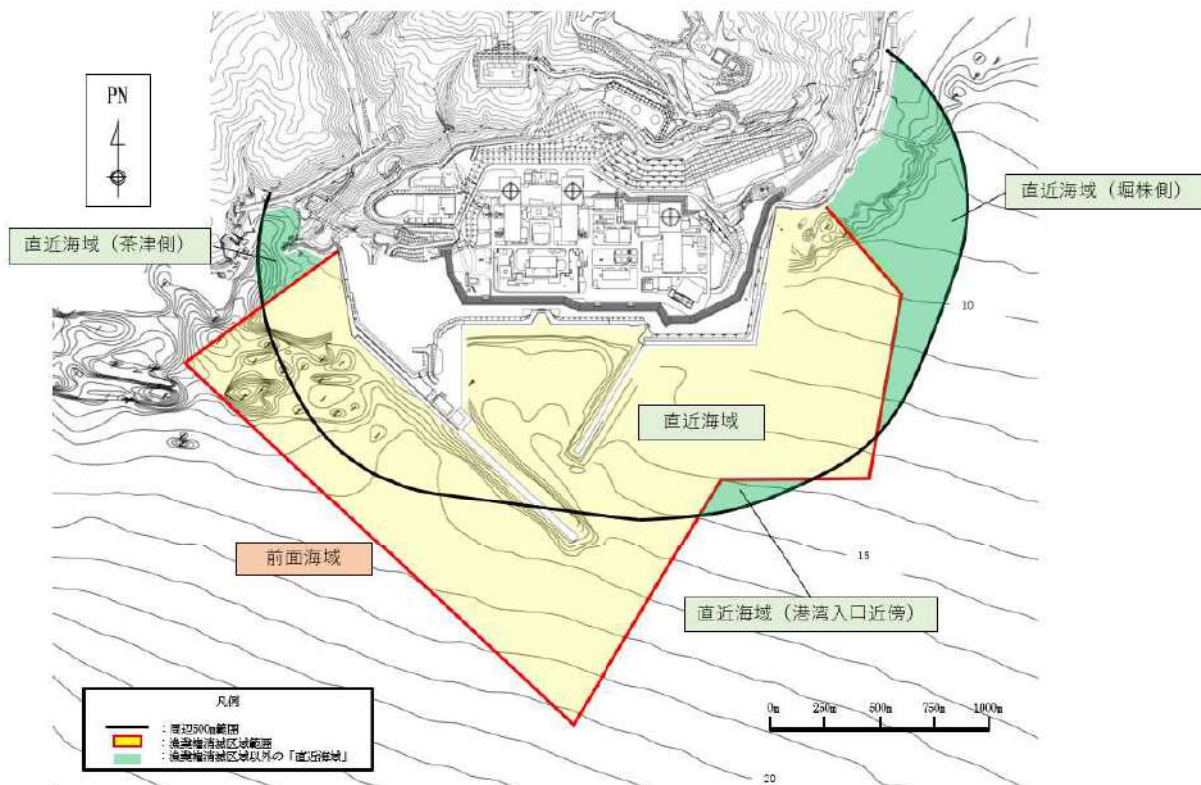


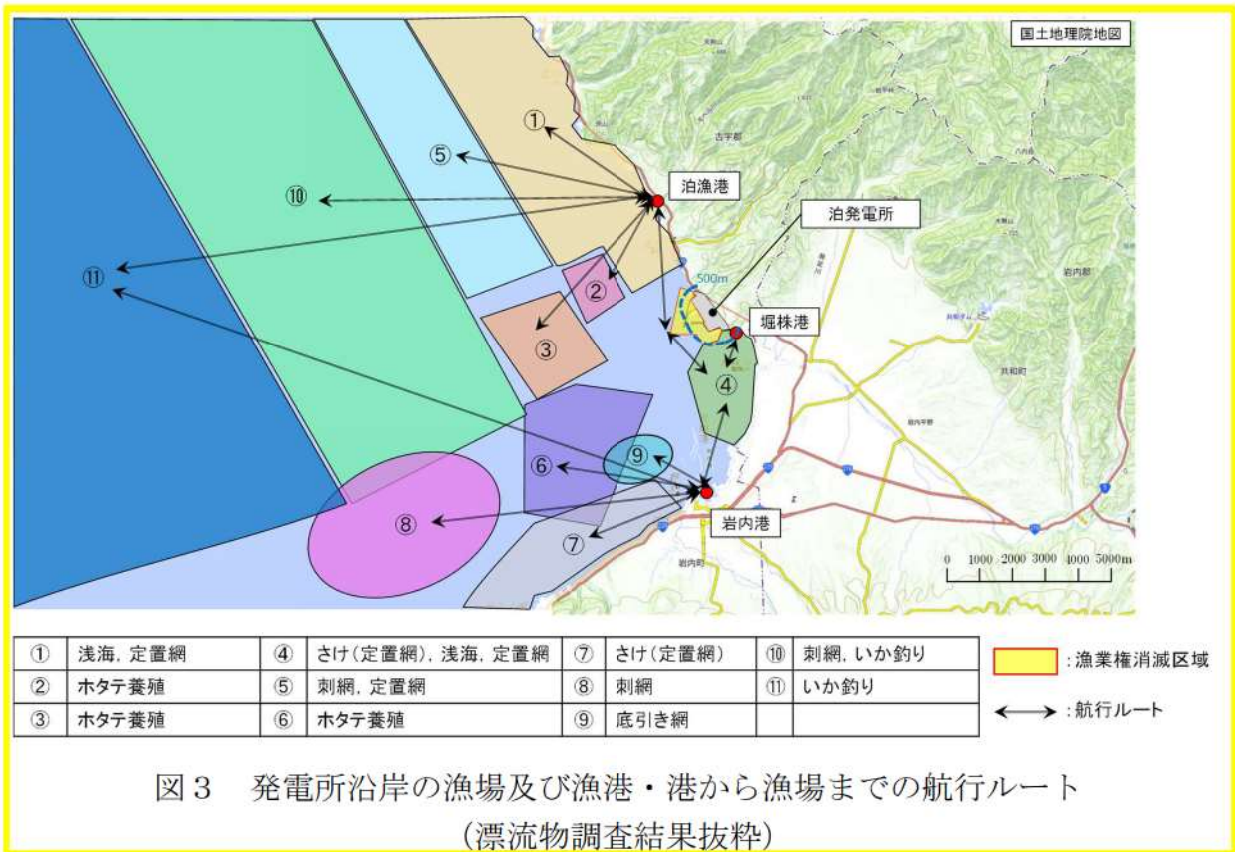
図2 「直近海域」と漁業権消滅区域の関係

① 漁の操業又は航行している漁船

- 漂流物調査の結果から、「直近海域」内で操業している漁船は、「直近海域（堀株側）」の範囲に設定された定置漁業権の範囲内で操業する漁船（最大総トン数：4.9t）のみである。漂流物調査の結果（抜粋）を表1と図3に示す。
- しかし、泊発電所周辺に設定された共同漁業権（後海共第4号，18号，19号）における漁業権行使規則では，共同漁業権範囲の総トン数の最大制限が20tとなっているため，総トン数20t未満の漁船であれば操業することが可能である。泊発電所周辺に設定された共同漁業権の範囲を図4に示す。
- 「直近海域」内において漁業権行使規則による制限以外に，船舶の総トン数制限が掛けられているものはない。
- 上記の調査結果より，発電所の周辺海域の地形を踏まえ，「直近海域」内において総トン数4.9tを超える漁船が操業又は航行する可能性について検討する。

表1 発電所沿岸で操業する漁船（漂流物調査結果抜粋）

名称	発電所護岸からの距離	漁場	目的	漁港・港船揚場	総トン数（質量）	漁場での操業船数（隻）
漁船	500m 以内	④	さけ（定置網） 浅海 定置網	泊漁港	最大 4.9 t （約 15 t）	2
				岩内港	最大 4.9 t （約 15 t）	2
				堀株港	最大 0.2 t （約 0.6 t）	1
	500m 以遠	①	浅海 定置網	泊漁港	最大 9.7 t （約 29 t）	11
				茅沼船揚場	最大 0.54 t （約 1.6 t）	2
				白別船揚場	最大 1.01 t （約 3 t）	4
				長尾船揚場	最大 0.47 t （約 1.4 t）	1
				照岸船揚場	最大 0.57 t （約 1.7 t）	3
		②	ホタテ養殖	泊漁港	最大 14.68 t （約 45 t）	2
		③	ホタテ養殖		最大 14.68 t （約 45 t）	2
		⑤	刺網 定置網		最大 9.88 t （約 30 t）	6
		⑥	ホタテ養殖	最大 4.9 t （約 15 t）	1	
		⑦	さけ（定置網）	岩内港	最大 4.9 t （約 15 t）	12
		⑧	刺網		最大 16.0 t （約 48 t）	4
		⑨	底引き網		最大 4.9 t （約 15 t）	10
		⑩	刺網 いか釣り	泊漁港	最大 19 t （約 57 t）	5
				岩内港	最大 19.81 t （約 60 t）	5
⑪	いか釣り	泊漁港	最大 18 t （約 54 t）	2		
		岩内港	最大 19.81 t （約 60 t）	5		



【直近海域（堀株側）での操業・航行の可能性】

図5に定置漁業権範囲及び岩礁地帯と浅瀬の範囲，図6に「直近海域（堀株側）」の拡大図，図7に当該範囲の岩礁地帯の写真を示す。

〈定置漁業権範囲〉

- 「直近海域（堀株側）」には，定置漁業権が設定されており，定置漁業権範囲で操業する漁船（漂流物調査で確認した最大で総トン数：4.9tの漁船）以外がこの範囲で操業することはない。
- 「直近海域（堀株側）」には堀株港があるが，堀株港に登録されている漁船は最大で総トン数約0.2tの小型漁船であり，この漁船は，定置漁業権範囲で操業する漁船である。
- 定置漁業権範囲に設置された定置網等の漁具との接触を避けるため^{※1}，定置漁業権範囲で操業する漁船以外の漁船がこの範囲を航行することはない。

※1：定置網等の漁具と船舶の接触により，漁具の破損や漁具の破損に伴う補償が生じること及び船舶に定置網等が絡まり船舶自体を損傷させる可能性がある。

〈岩礁地帯＋浅瀬の範囲〉

- 定置漁業権が設定されている範囲以外においては，大部分が岩礁地帯や浅瀬（水深1～3m程度）となっており，座礁する可能性があるため，総トン数4.9tを超える漁船が航行することはない^{※2}。

※2：総トン数：4.9tを超える漁船では，より座礁のリスクが高くなるため，船舶保護の観点から岩礁地帯や浅瀬及びその周辺を航行することはない。漁船の総トン数と喫水の関係を表2に示す。

表2 漁船の総トン数と喫水の関係
(水産庁発行「漁港・漁場の施設の設計参考図書」抜粋)

漁船の総トン数	喫水	
	(最大)	(最小)
4t	1.6m	—
5t	1.8m	—
10t	2.0m	1.9m
20t	2.2m	2.1m

〈定置漁業権範囲及び岩礁地帯＋浅瀬以外の範囲〉

- 表1及び図3に示すとおり「直近海域（堀株側）」にある漁場は、操業する漁船の最大総トン数が4.9tである「④（さけ（定置網），浅海，定置網）」のみであり，周辺の港・漁港（岩内港，泊漁港）から，総トン数：4.9tを超える漁船が操業する漁場（①，②，③，⑤，⑧，⑩，⑪）への航路にもなっていない。
- 「直近海域（堀株側）」の定置漁業権範囲及び岩礁地帯や浅瀬以外の範囲を総トン数：4.9tを超える漁船が航行する目的（漁港から漁場までの航路となっている）や利点（漁港から漁場への最短ルートとなる）がないことから，この範囲を航行することはない。

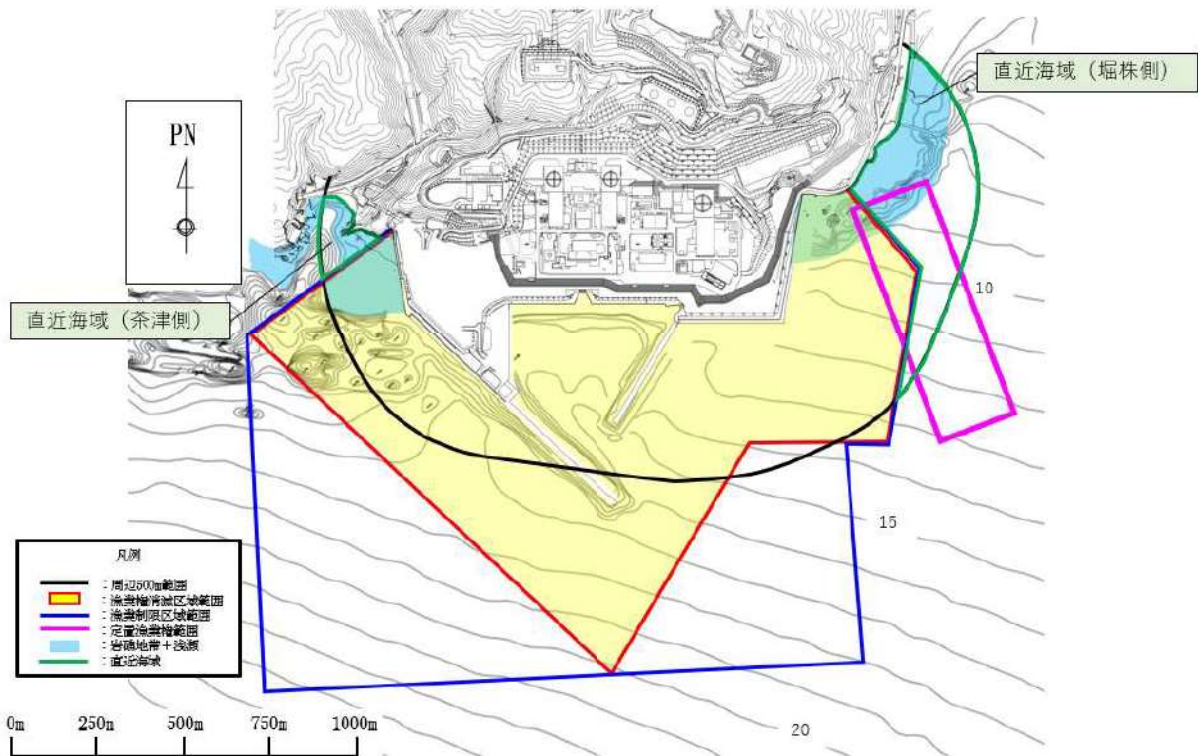


図5 定置漁業権範囲及び岩礁地帯と浅瀬の範囲

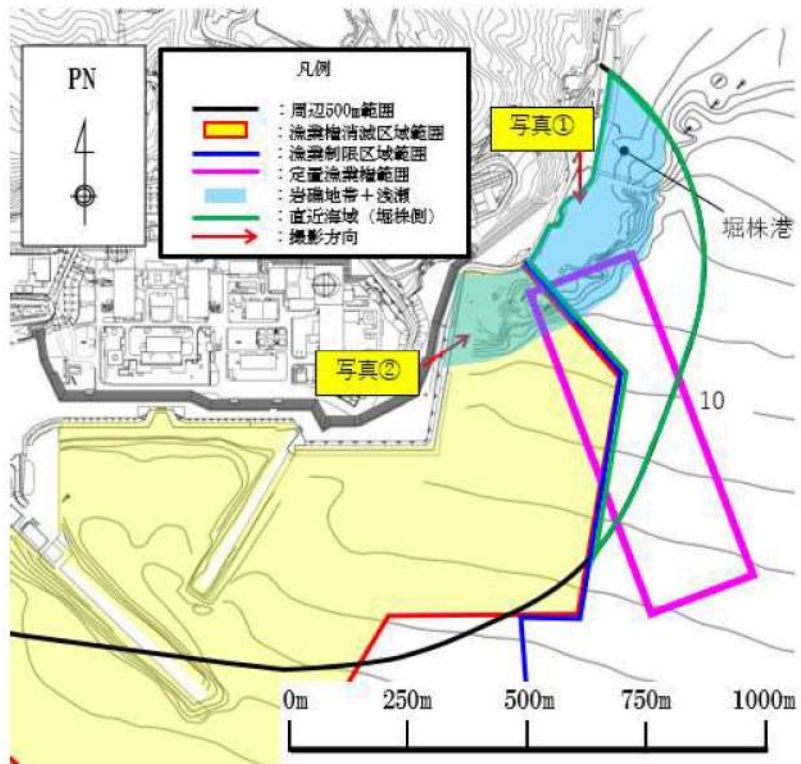



図6 直近海域（掘株側）拡大図



図7 直近海域（掘株側）の岩礁地帯写真

 : 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

【直近海域（茶津側）での操業・航行の可能性】

図8に「直近海域（茶津側）」の拡大図，図9に当該範囲の岩礁地帯の写真を示す。

〈岩礁地帯＋浅瀬の範囲〉

- 「直近海域（茶津側）」についても，大部分が岩礁地帯や浅瀬（水深 1～3 m程度）となっており座礁する可能性があるため，「直近海域（堀株側）」と同様の理由から，総トン数 4.9t を超える漁船が航行することはない。
- 「直近海域（茶津側）」の近傍にある茶津漁港については，船籍港として登録された船舶はなく，船舶の停泊及び陸上保管がされていないことを確認した。また，茶津漁港の水深は約 1～2m程度であることから，大型の漁船が入港することはできない。

〈岩礁地帯＋浅瀬以外の範囲〉

- 表1及び図3に示すとおり，「直近海域（茶津側）」において漁が行われてることは確認されなかった。
- 「直近海域（茶津側）」は，周辺の港・漁港（岩内港，泊漁港）から，総トン数：4.9t を超える漁船が操業する漁場への航路になっていない。また，岩礁地帯＋浅瀬に挟まれた奥まった場所に位置している。
- 総トン数：4.9t を超える漁船が目的（漁港から漁場までの航路となっている）や利点（漁港から漁場への最短ルートとなる）がなく，座礁のリスクを冒してまでこの範囲を航行することはない。

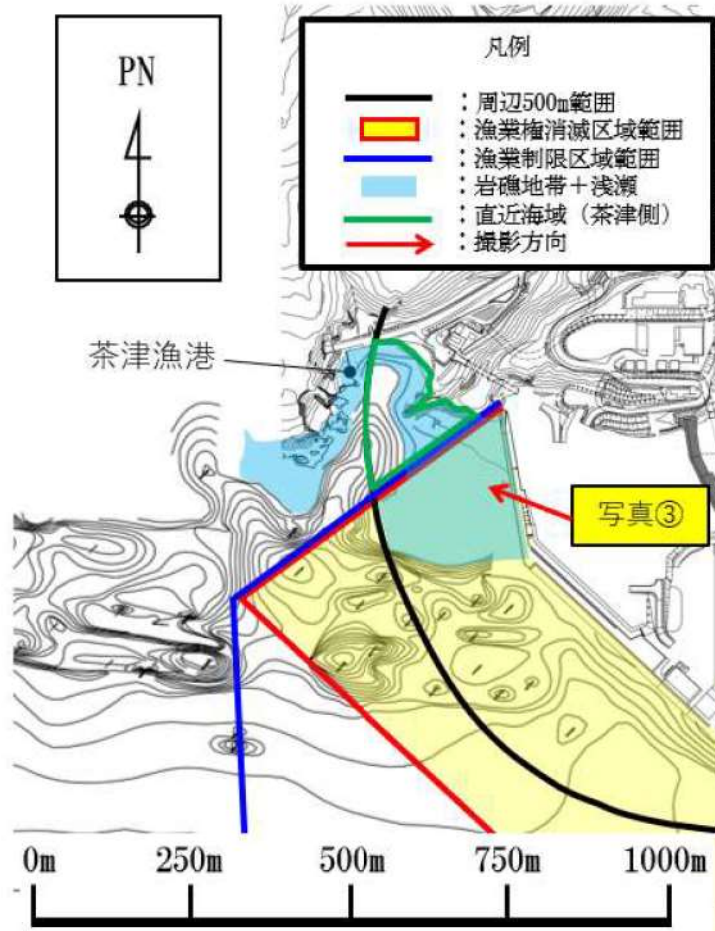


図8 直近海域（茶津側）拡大図



図9 直近海域（茶津側）の岩礁地帯写真

【直近海域（港湾入口近傍）での操業・航行の可能性】

- 「直近海域（港湾入口近傍）」の近傍には、定置漁業権範囲、泊発電所への入港航路及び漁業権消滅区域が設定されており、安全面の観点（船舶同士、漁具、漁業権消滅区域表示ブイとの接触防止）からこの範囲で操業・航行することはない。泊発電所への入港航路を図10に示す。

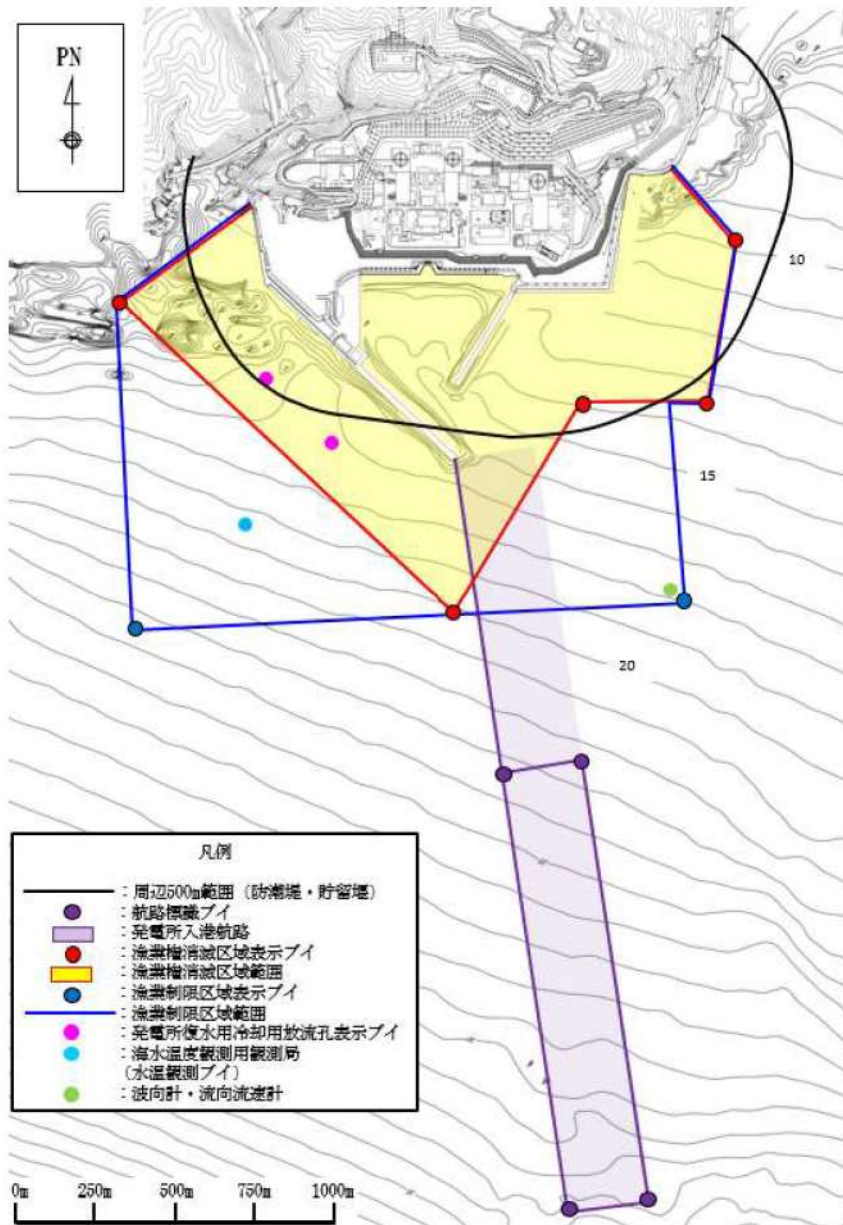


図10 定置漁業権範囲及び発電所への入港航路と「直近海域（港湾入口近傍）」との位置関係

② 漁船の退避

- 「直近海域」には堀株港がある。堀株港には係留された漁船はなく、すべて陸上保管となっているが、万一、漁船が海上にいた場合には、退避する際に「直近海域」を航行する可能性がある。堀株港に保管されている漁船は小型漁船（最大総トン数：0.2t）のみであることから、定置漁業権範囲内で操業する総トン数4.9tの漁船に包絡される。
- 「直近海域（茶津側）」の近傍には茶津漁港があるが、前述した通り、船籍港として登録された船舶はなく、船舶の停泊及び陸上保管がされていないことから、退避する漁船は考慮しない。
- 泊発電所の半径7km以内にあるその他の漁港や港（泊漁港、岩内港）に係留された漁船については、津波来襲時に「直近海域」を航行して退避することは大幅な時間ロスとなるため、「直近海域」を航行せず、最短ルートで沖へ退避する。泊発電所周辺7km以内にある漁港・港（泊漁港、岩内港）の位置と退避の最短ルートを図11に示す。

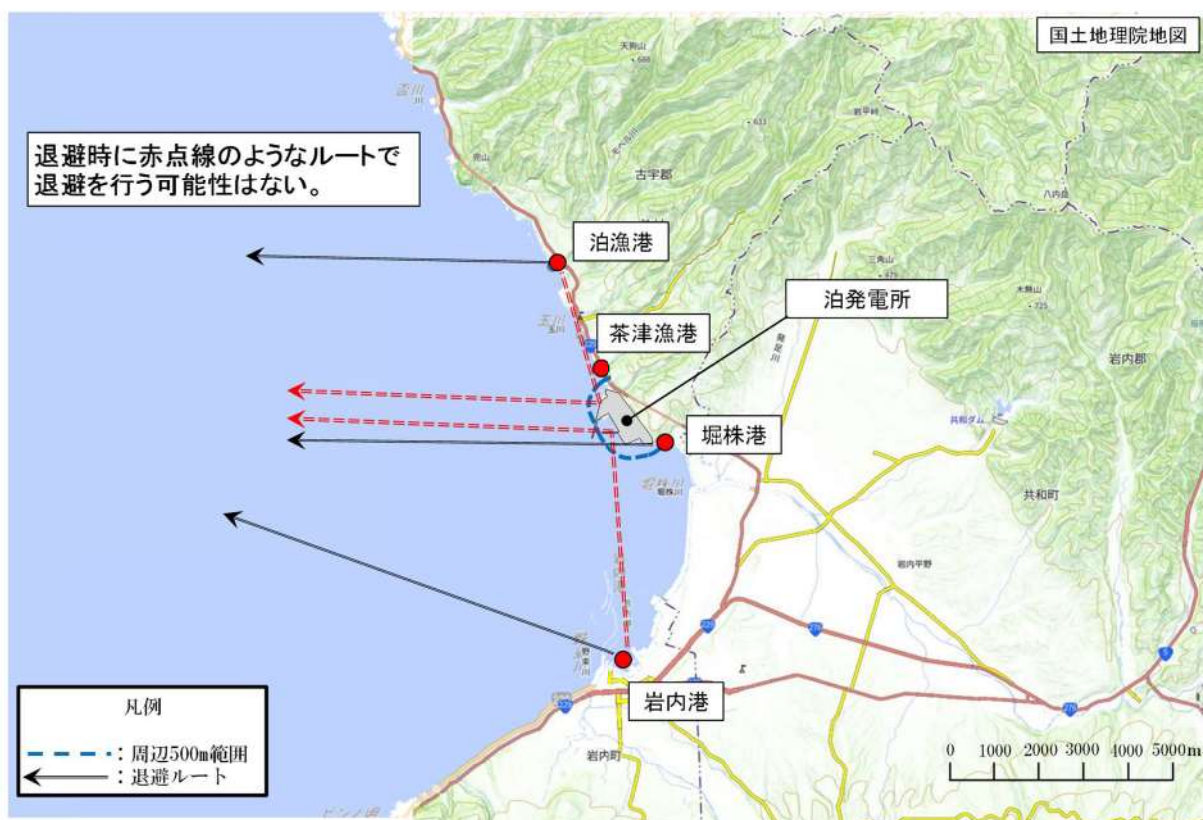


図11 漁港・港からの退避ルート

以上より「直近海域」で操業・航行する漁船は最大で総トン数4.9tの漁船であることから、取水性影響評価及び衝突荷重算出の対象船は総トン数4.9tの漁船とする。

4. 「前面海域」における検討

漂流物調査の結果、「前面海域」で操業・航行する漁船は最大で総トン数 19.81t のいか釣り漁船があるが、漂流物になった場合においても沖合の流速は小さいことから、第一波を受けた後も敷地に近づかない。第二波以降も第一波同様に沖合の流速が小さく発電所に対する連続的な流れが無いことから取水口及び防潮堤等に到達する可能性はないと評価する。到達する可能性はないが、仮に到達したとして当該漁船を取水性影響評価及び衝突荷重算出の評価対象とする。

発電所から約 2.5km 以上以遠に、総トン数約 500t の漁船が航行していることを確認したが、約 2.5km 以上離れた沖合を航行しているため、津波来襲への対応が可能であること及び総トン数 20 トン以上の船舶については、国土交通省による検査が義務付けられていることから、航行中に故障等により操船できなくなることは考えにくく、漂流物とならない。

5. まとめ

「直近海域」、「前面海域」において操業・航行する漁船の検討結果を表 2 に示す。

表 2 「直近海域」、「前面海域」において操業・航行する漁船の検討結果

直近海域	「直近海域」で操業・航行する漁船は最大で総トン数 4.9t の漁船であることから、 <u>取水性の影響評価及び衝突荷重算出の対象船は総トン数 4.9t の漁船とする。</u>
前面海域	「前面海域」で操業・航行する漁船は最大で総トン数 19.81t の漁船であることから、 <u>取水性の影響評価及び衝突荷重算出の対象船は総トン数 19.81t の漁船とする。</u>

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、第 2.5-23 図に示す漂流物の選定・影響確認フローに基づき、基準津波等*の流況を踏まえて評価する。

※基準津波（全 18 ケース）に加え最大流速に着目したケース（全 2 ケース）を対象とする（詳細は添付資料 3，参考資料 3 参照）。

2. 津波流況の考察

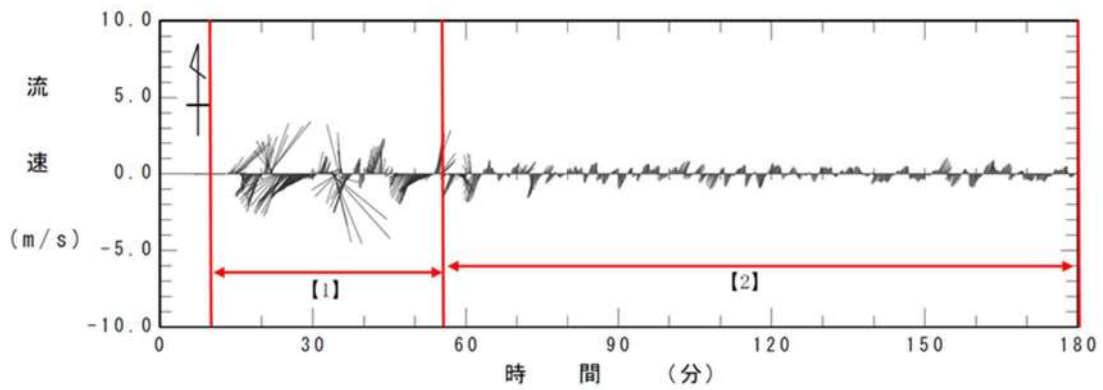
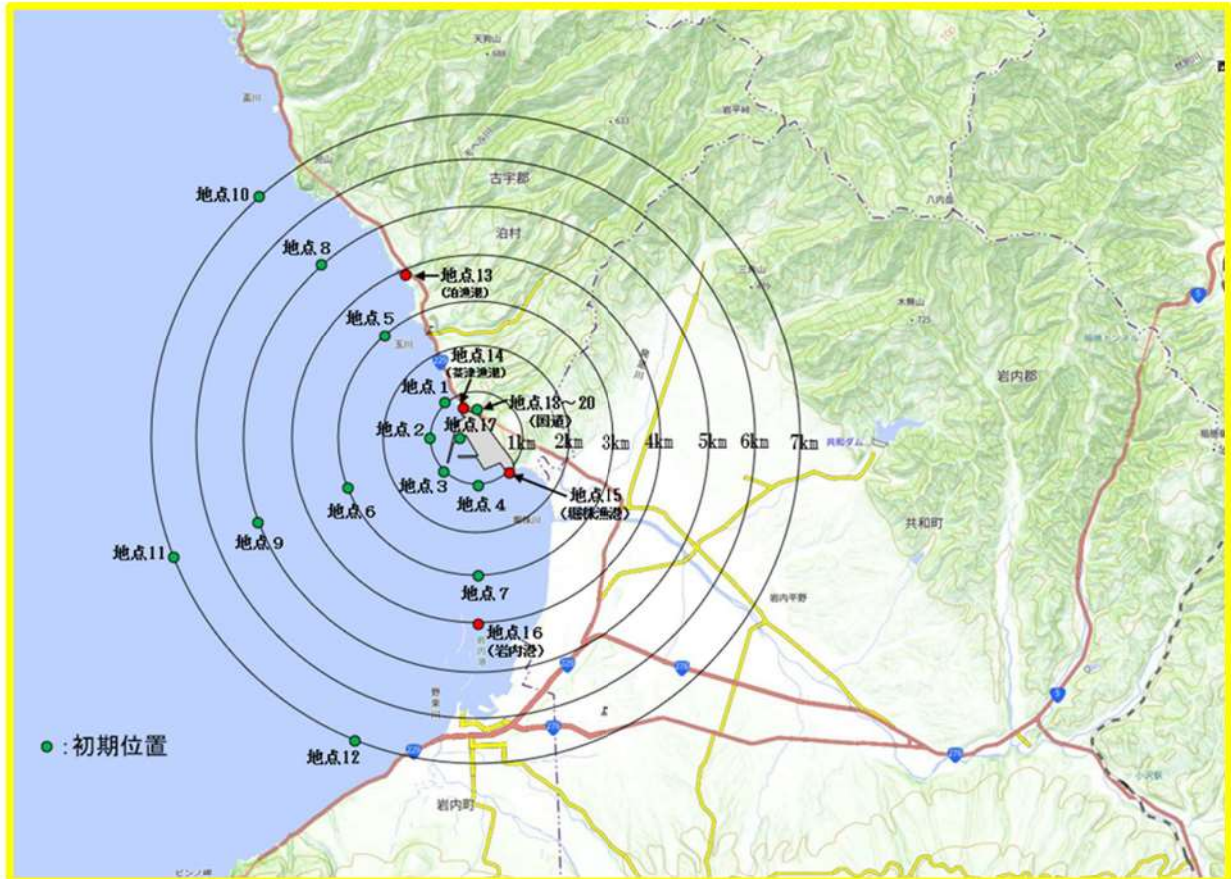
(1) 流況考察時間の分類

泊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後の 2 区分に分類する。

基準津波の波源による津波（波源K，防波堤損傷なし）は、最大水位・流速を示す時間帯が地震発生後約 9 分～55 分であるため、以下のとおり分類した。第 1 図に流況考察時間の分類例を示す。

波源K（防波堤損傷なし）

- 【1】津波来襲～最大水位・流速を示す時間帯（地震発生後約 9 分～55 分）
- 【2】最大水位・流速を示す時間帯以降（地震発生後約 55 分～180 分）



第1図 流況考察時間の分類例 (波源K (防波堤損傷なし) における地点①)

(2) 波源K (防波堤損傷なし) の流況の考察

波源K (防波堤損傷なし) の水位変動・流向ベクトルを、添付資料37 の第19図に示す。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37 の図番号を示す。

(a) 津波来襲～最大水位・流速を示す時間帯（地震発生後約9分～55分）〔第19-2～48図〕

i) 発電所周辺海域

約9分では、地震に伴う津波の第1波が敷地の西側から来襲する〔第19-2図〕。発電所周辺海域（E領域）において流速は小さい。約14分以降では、陸上地すべり（川白）による津波が敷地の西側から来襲する。その後、約18分以降では、地震に伴う津波の第1波が岩内側で反射され、その反射波が発電所方向に来襲する。〔第19-11～14図〕。約22分以降では、襲来する津波の水位が最大で10m程度となる。〔第19-15図〕約34分～40分では、北西方向から海岸線を伝播してきた津波及び岩内側で反射した津波の影響で、最大8m程度水位が上昇する。

ii) 発電所港湾部

約14分では、地震に伴う津波の第1波が発電所構内に来襲し、流速約5m/s程度の北防波堤を回り込む流れが発生する〔第19-7図〕。約14分～19分では、約2分程度継続する押し波により港内で最大6m程度の水位上昇となる〔第19-7～12図〕。約19分～22分では、岩内側で反射された地震に伴う津波の第1波及び陸上地すべり（川白）による津波が発電所構内に来襲し、港内で最大8m程度の水位上昇となる〔第19-12～15図〕。約33分～36分では、敷地の北西側から襲来する波の影響で、北防波堤先端付近の引き波時で最大流速（17.63 m/s）が確認される最大流速が発生する時間帯である〔第19-26～29図〕。約40分～55分では、岩内側で反射した津波が来襲し港湾内で最大7m程度の水位上昇となる。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、流速が他の地点に比べて比較的速い。

(b) 最大水位・流速を示す時間帯以降（地震発生後約55分～180分）〔第19-48～53図〕

i) 発電所周辺海域

敷地北西側からの津波及び岩内湾からの反射波による影響を受け、水位上昇と下降を繰り返す。水位変動は最大4m程度である。

ii) 発電所港湾部

港湾部では水位変動が最大で3m程度の押し波、引き波を繰り返す。

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

波源K（防波堤損傷なし）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、発電所周辺海域で操業・航行す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。

※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第2図に示す。発電所周辺では、施設護岸から北西及び南側海域で定置網漁、南側3km付近で底引き網漁、西側3～5kmでホタテ養殖業、5km以遠の海域で刺網漁、西側5～10km以遠でイカ釣り漁の漁船が操業する。

軌跡解析の初期位置としては、定置網漁の操業区域内に3点（地点A, B, C）、ホタテ養殖業の操業区域内に3点（地点D, E, F）敷地南側付近の定置網漁等の操業区域内に1点（地点G）、イカ釣り漁の操業区域内に2点（地点H, I）、計9地点を設定した。軌跡解析結果を第3図に示す。

また、流向・流速ベクトル及び軌跡解析の考察結果を第4図に示す。流向・流速ベクトル及び軌跡解析の考察結果より、発電所周辺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
- ・いずれの時間帯も東西方向の移動を繰り返す傾向がある（地点Aでは地形の影響を受け北西-南東方向となる）

基準津波等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、以下に示す。

基準津波等の第1波は、発電所到達まで14分程度と短い、沖合等への退避が可能であると考えられる。ただし、航行不能となること（船舶の故障等）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。

基準津波等について、添付資料37第19図に示す波源K（防波堤損傷なし）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37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、施設護岸から西約 5 km においていか釣り漁船、北西約 2.5km 定置網漁の漁船がある。これらの漁船に対し、施設護岸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（地震発生後約 9 分～55 分）〔第 19-2～48 図〕

北側防波堤の先端部を回り込むような流れが生じ、10m/s を超える流速が見られるが、流向は短い間隔で主に東西方向（敷地北西部では北西-南東方向）に変化しており、漂流物は主に東西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・流速を示す時間帯以降（地震発生後約 55 分～180 分）〔第 19-49～53 図〕

約 55 分以降は、全体的に流速が小さい。また、流向は主に東西方向に変化しており、漂流物は東西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に到達しないと考えられる。

(a)、(b) 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東西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、施設護岸に到達しないと考えられる。また、いか釣り漁及び定置網漁の操業区域の近傍である地点 D、E、F における軌跡解析の結果からも、軌跡は東西方向に移動し、発電所に対し連続的な移動もないことから、施設護岸に到達しないと考えられる（第 3 図）。

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、発電所南側において定置網漁の漁船がある。これらの漁船に対し、施設護岸への到達可能性を評価した。

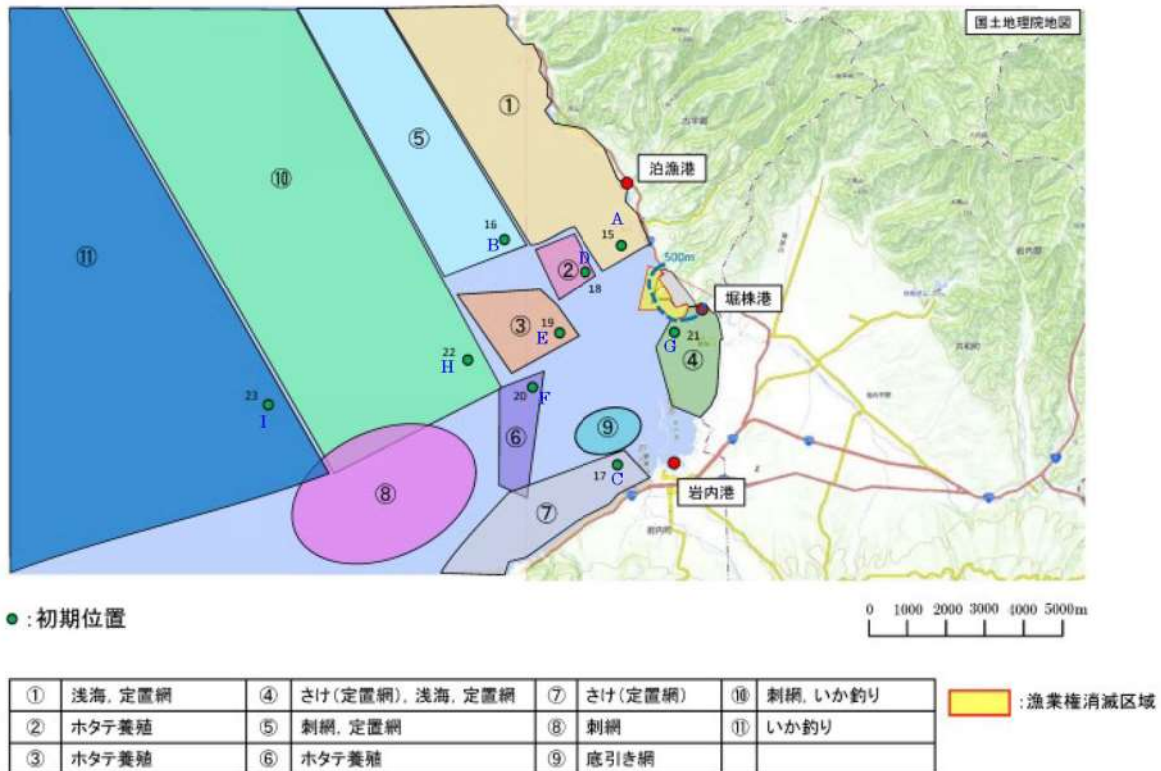
(a) 最大水位・流速を示す時間帯（地震発生後約 9 分～55 分）〔第 19-2～48 図〕

流向は短い間隔で主に東西方向に変化しており、漂流物は主に東西方向に移動すると考えられる。流速は 8m/s 程度〔第 19-29 図〕であるが、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。

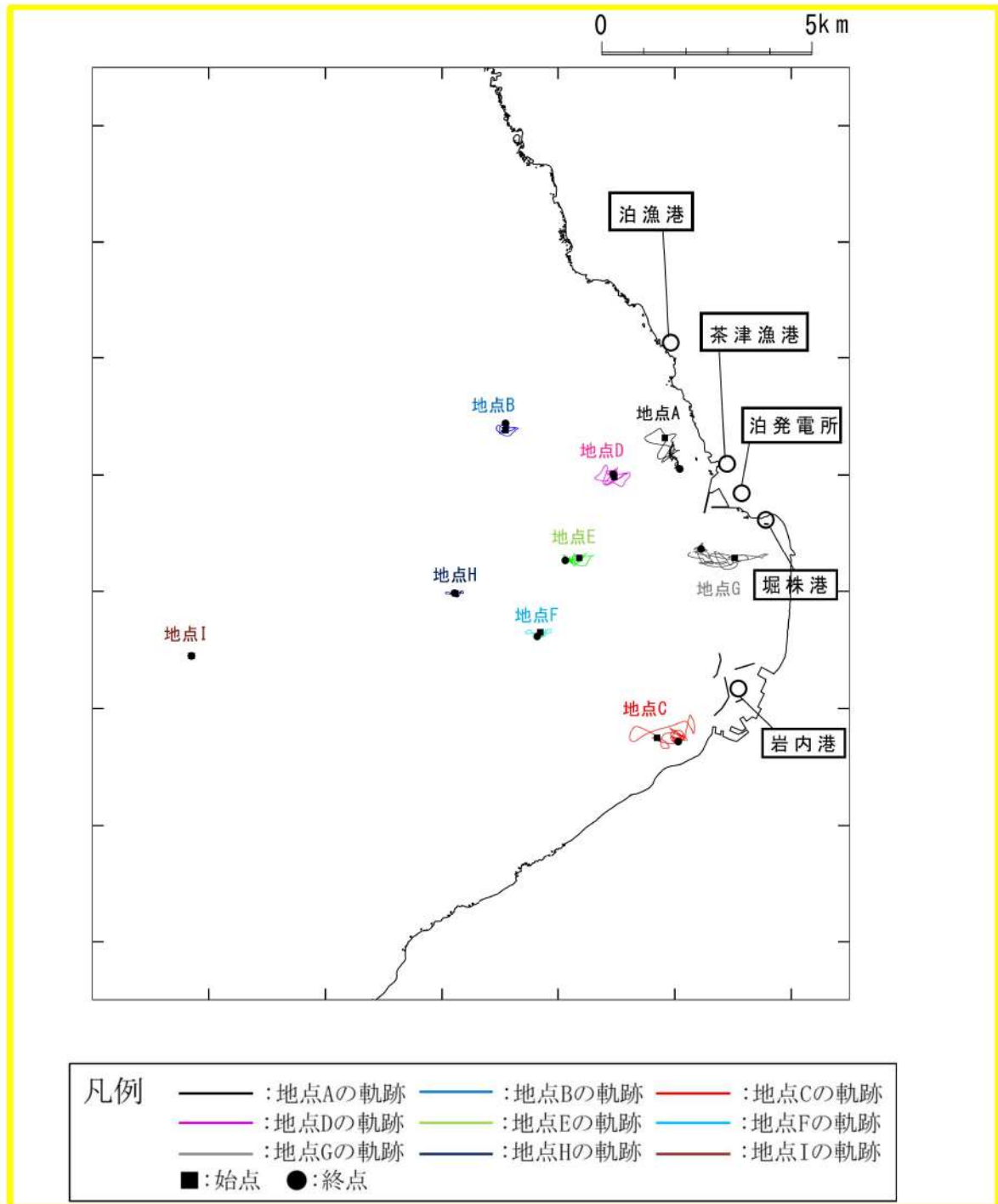
(b) 最大水位・流速を示す時間帯以降（地震発生後約 55 分～180 分）〔第 19-49～53 図〕

約 55 分以降は、全体的に流速が小さい。また、流向は主に東西方向に変化しており、漂流物は東西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に到達しないと考えられる。

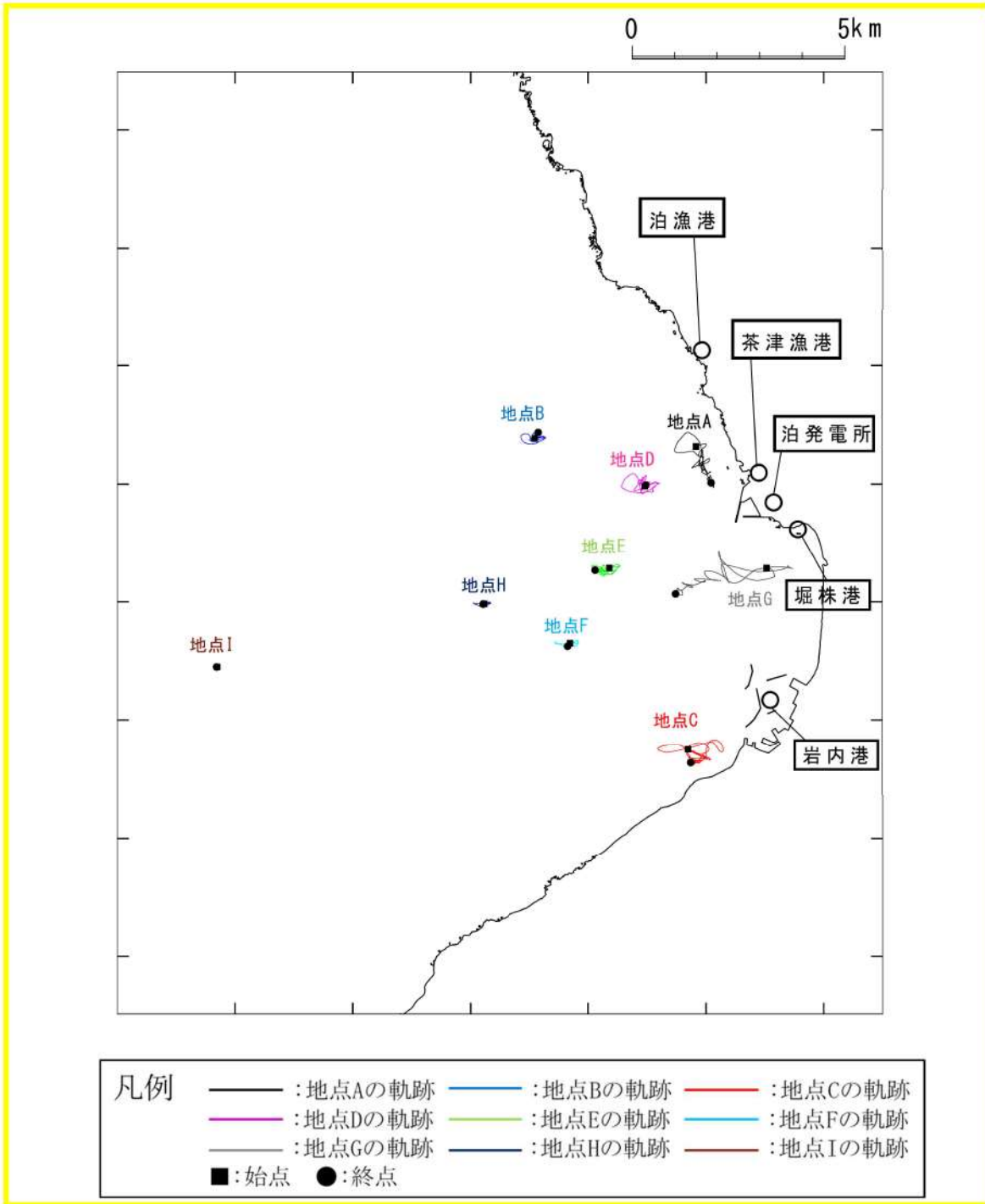
(a), (b) より、施設護岸から 500m 以内を操業する漁船については、流向が短い間隔で主に東西方向に変化しており、発電所に対する連続的な流れもないため、施設護岸に到達しないと考えられる。（第 4 図）。



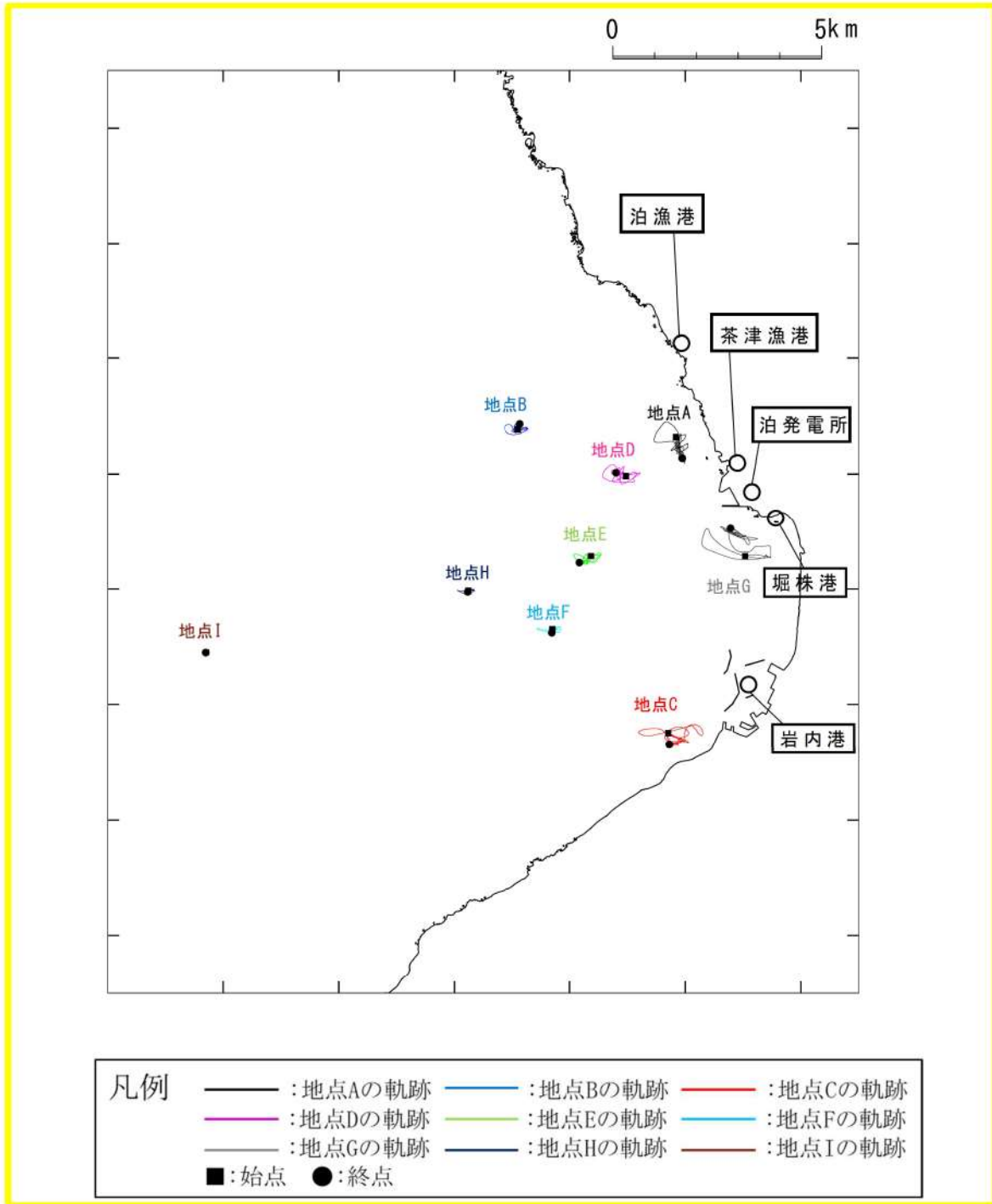
第 2 図 発電所沿岸の漁港、漁船の操業区域及び軌跡解析の初期位置



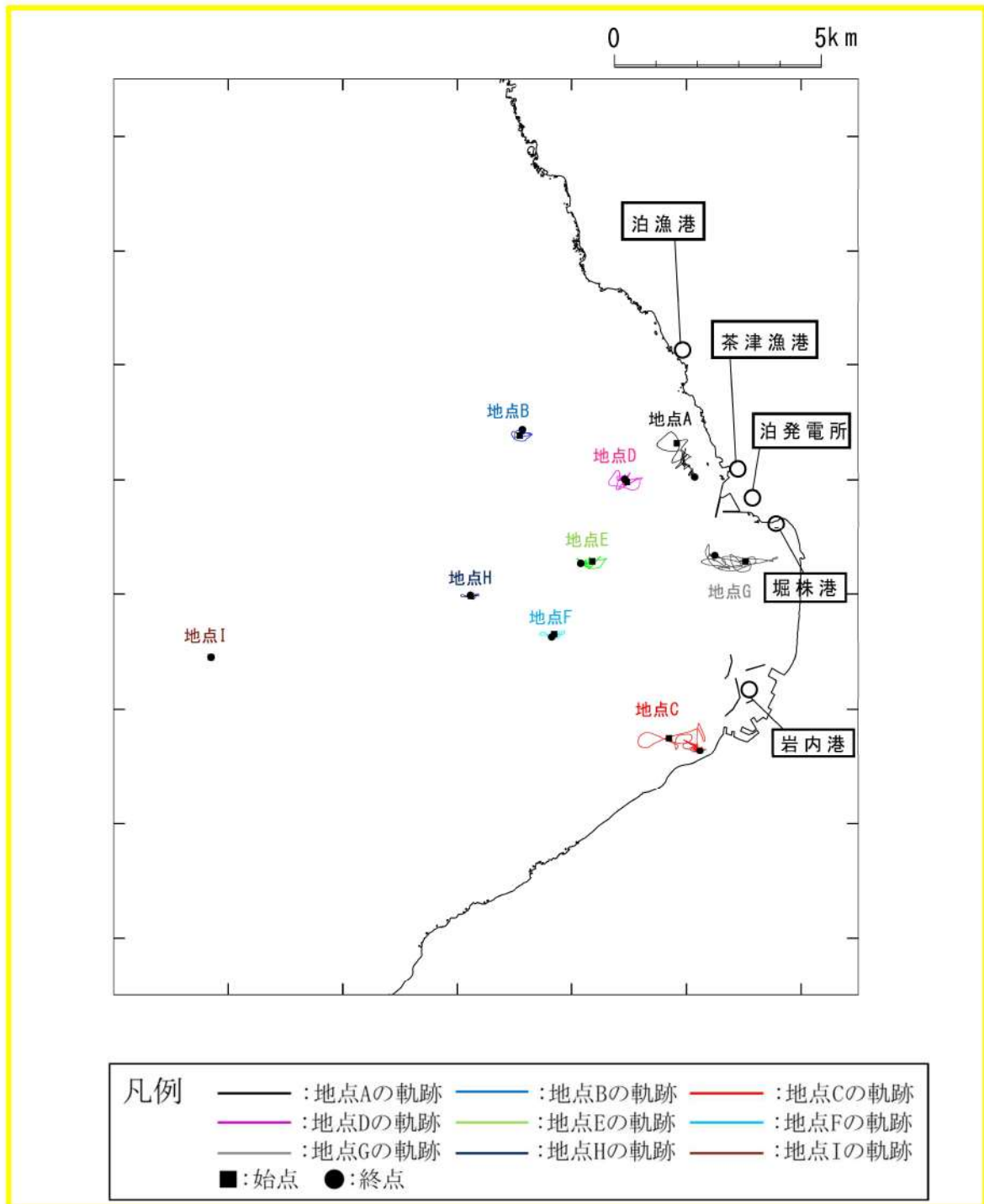
第3-1図 軌跡解析結果
(波源A (防波堤損傷なし))



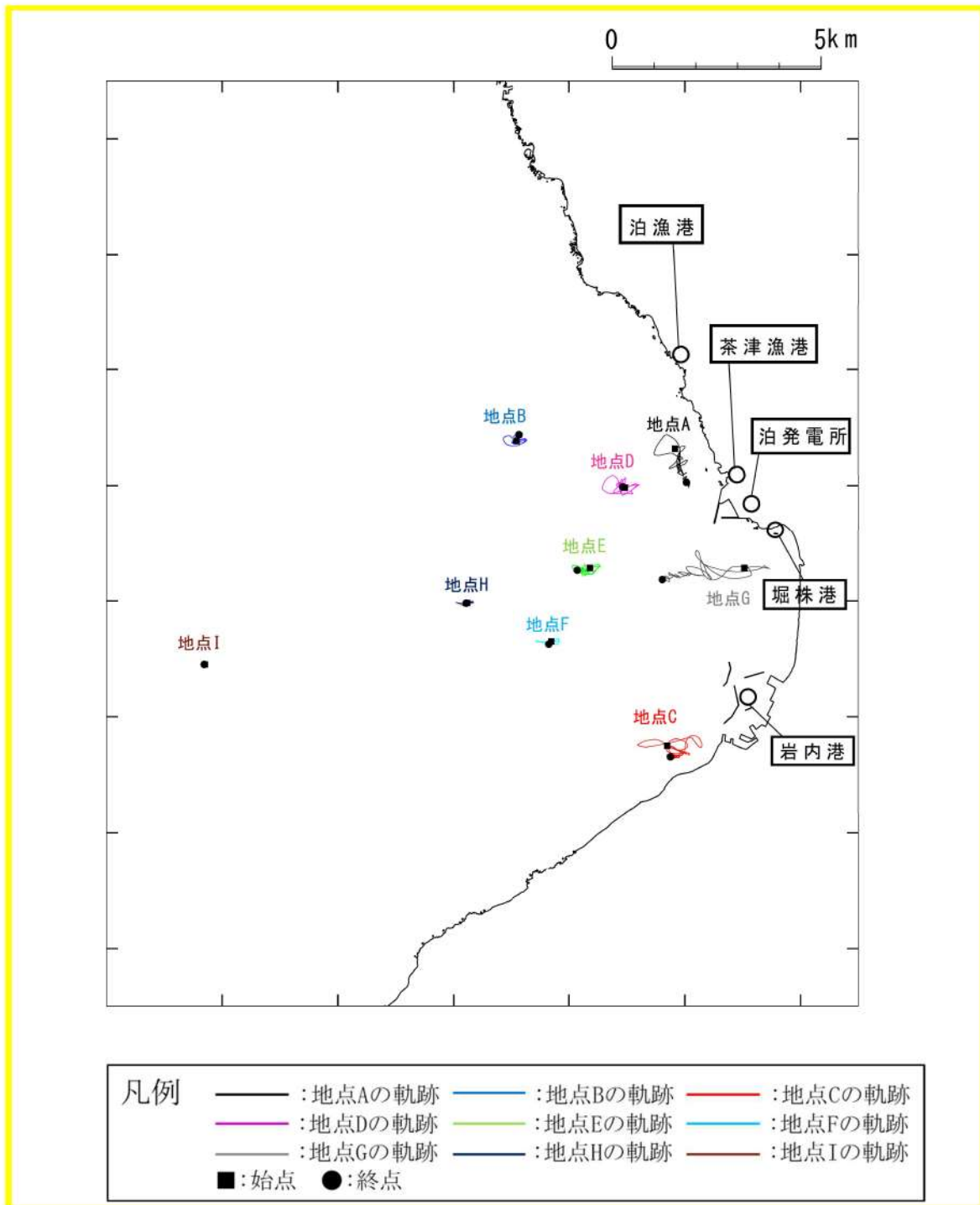
第3-2図 軌跡解析結果
(波源B (防波堤損傷なし))



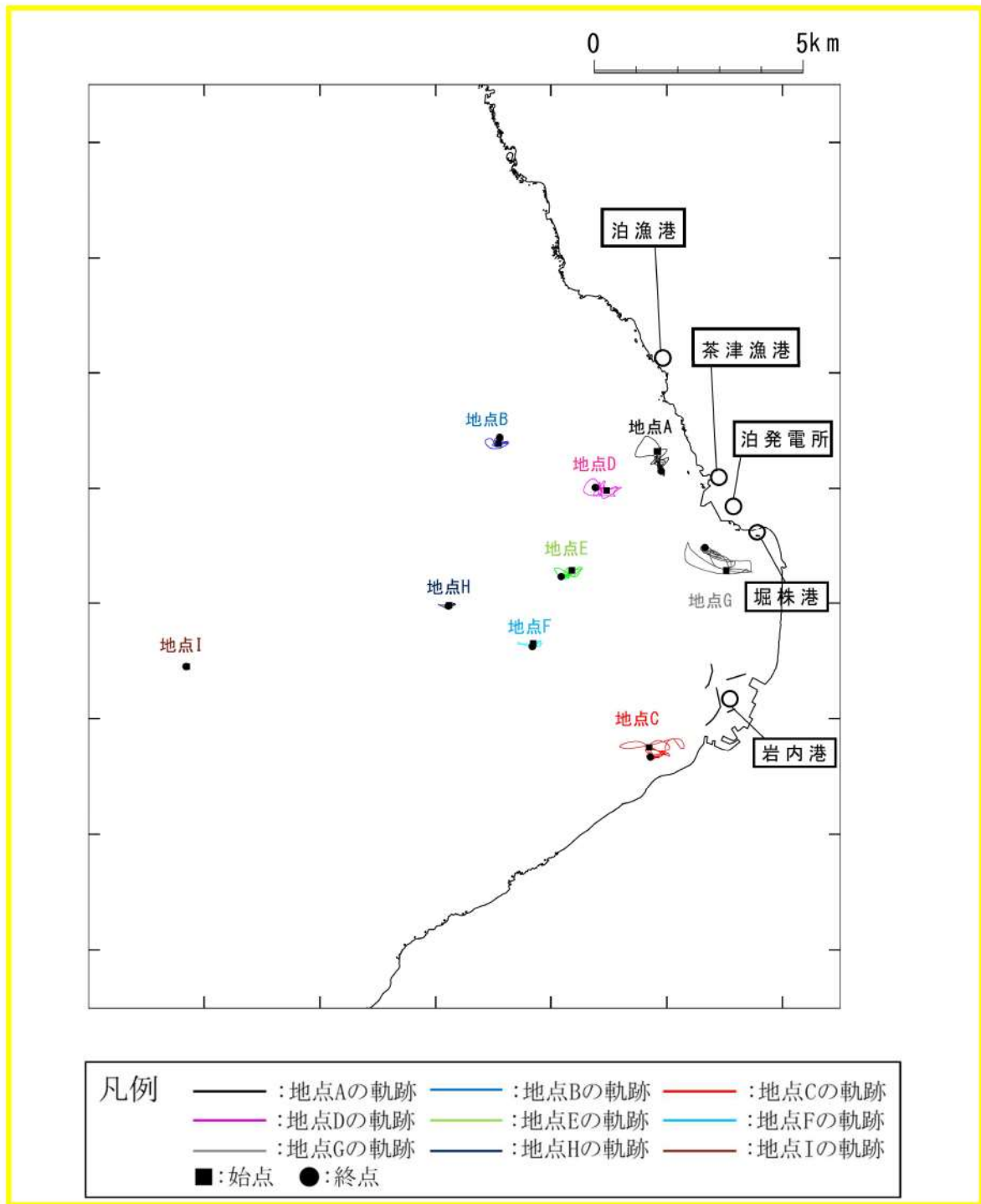
第3-3図 軌跡解析結果
(波源B (北防波堤損傷))



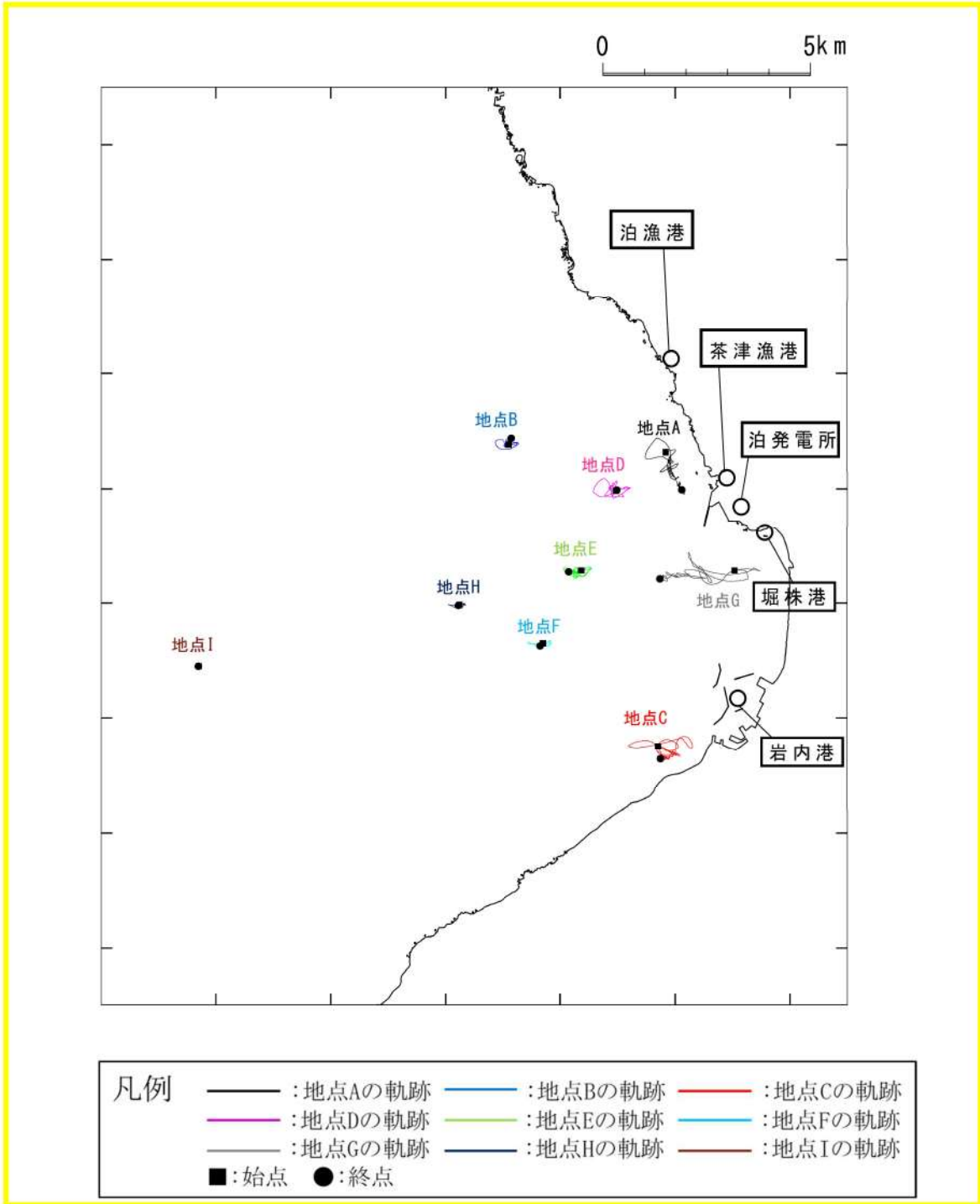
第3-4図 軌跡解析結果
(波源C (防波堤損傷なし))



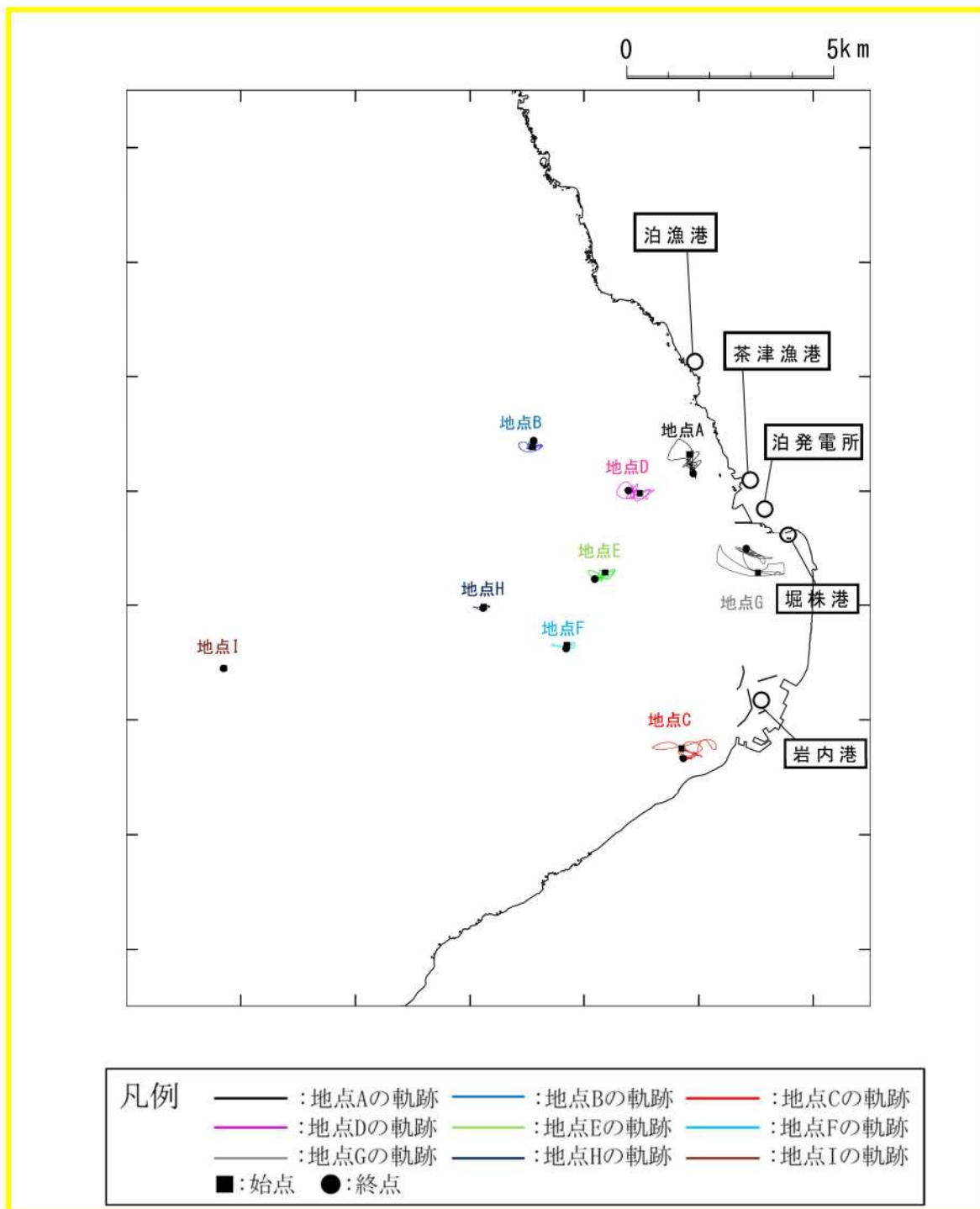
第3-5図 軌跡解析結果
(波源D (防波堤損傷なし))



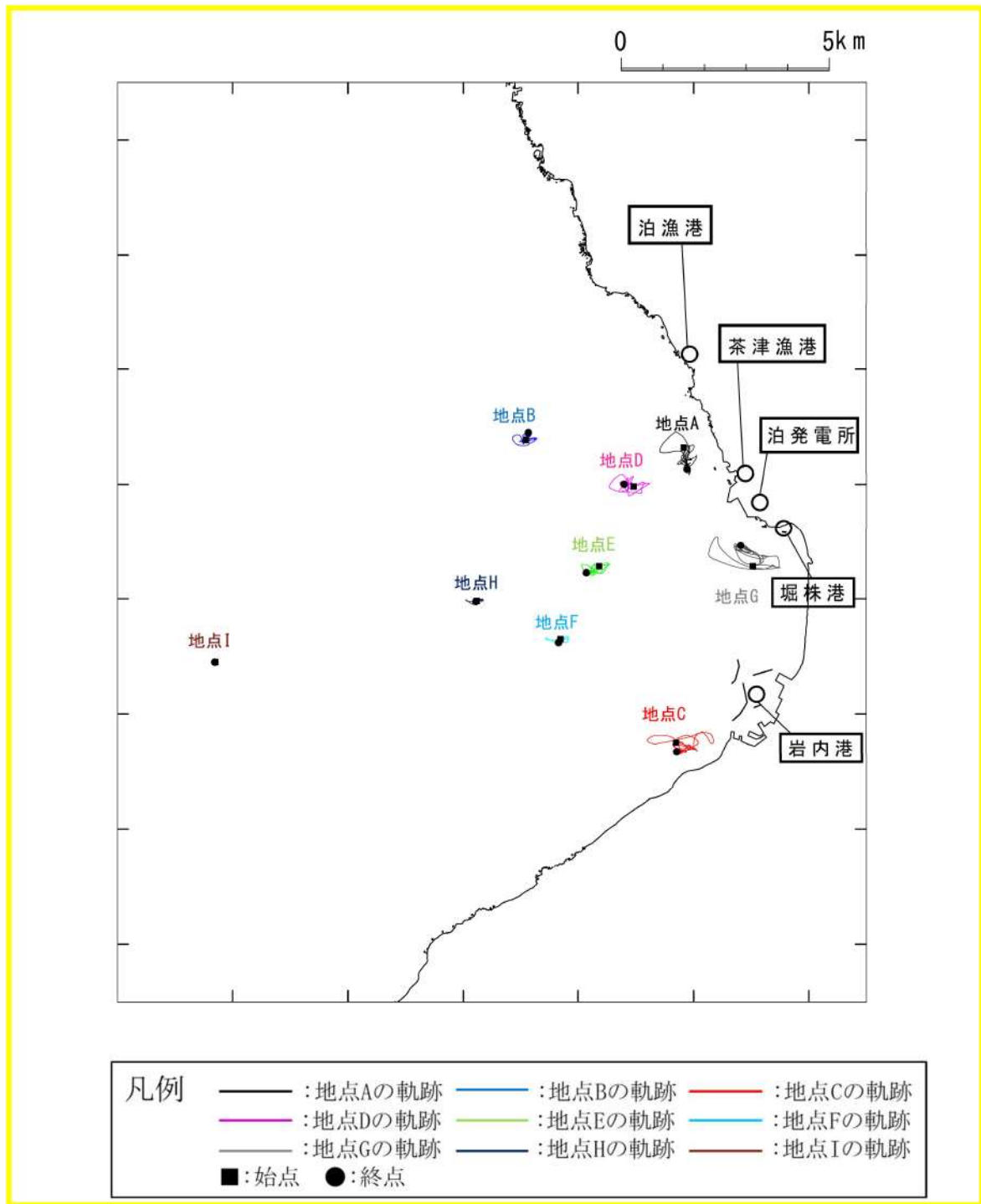
第3-6図 軌跡解析結果
(波源D (北及び南防波堤損傷))



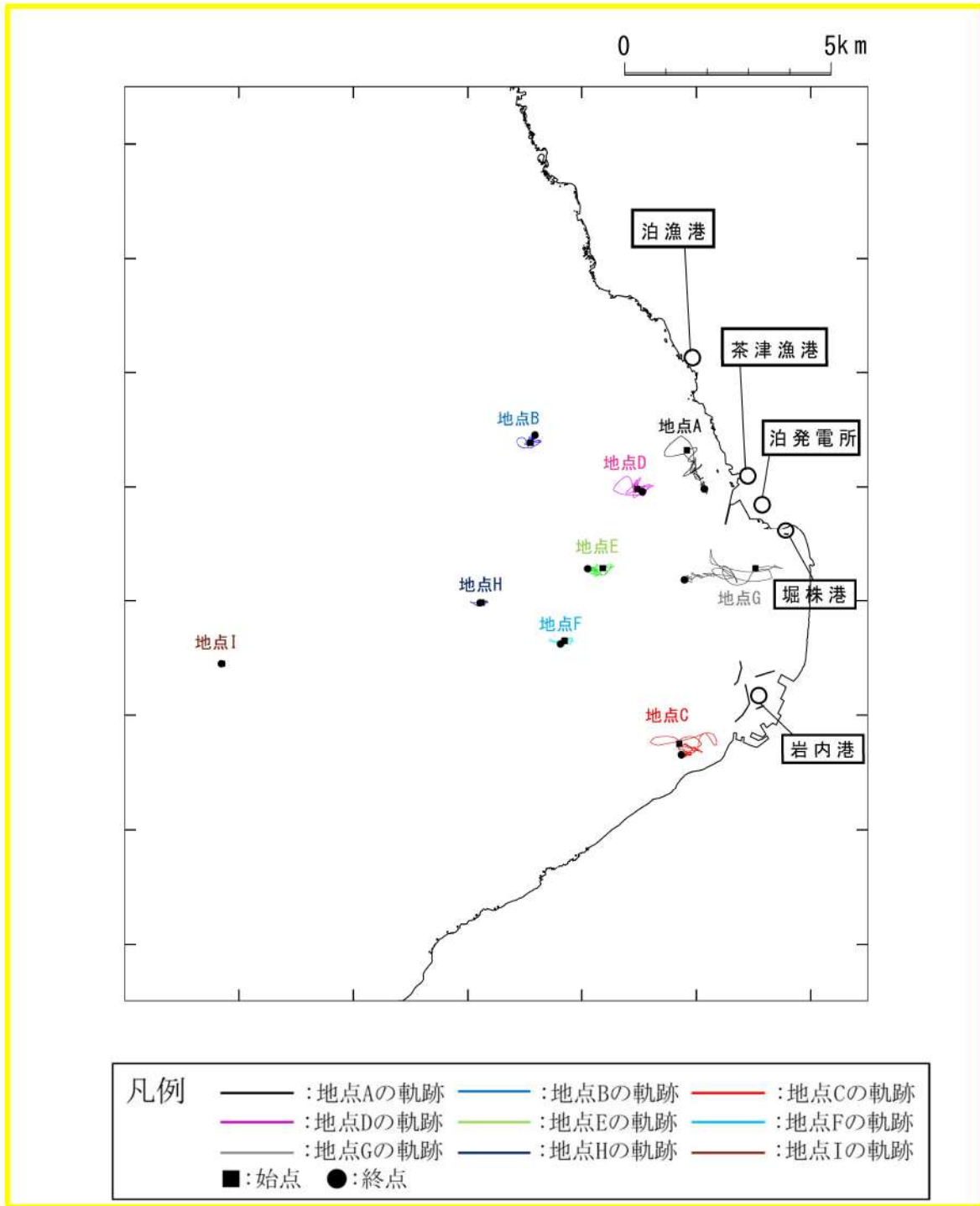
第3-7図 軌跡解析結果
(波源D (南防波堤損傷))



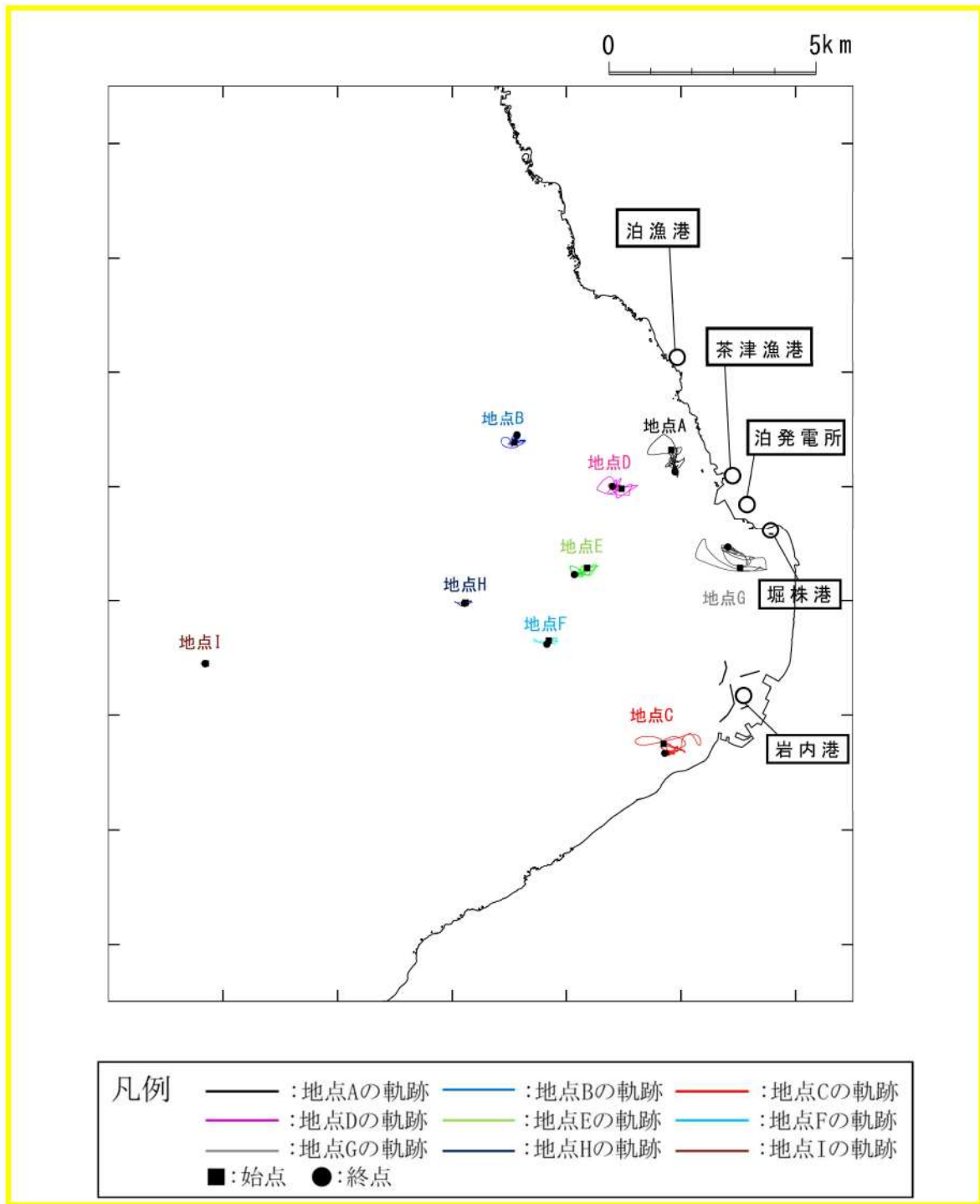
第3-8図 軌跡解析結果
(波源D (北防波堤損傷))



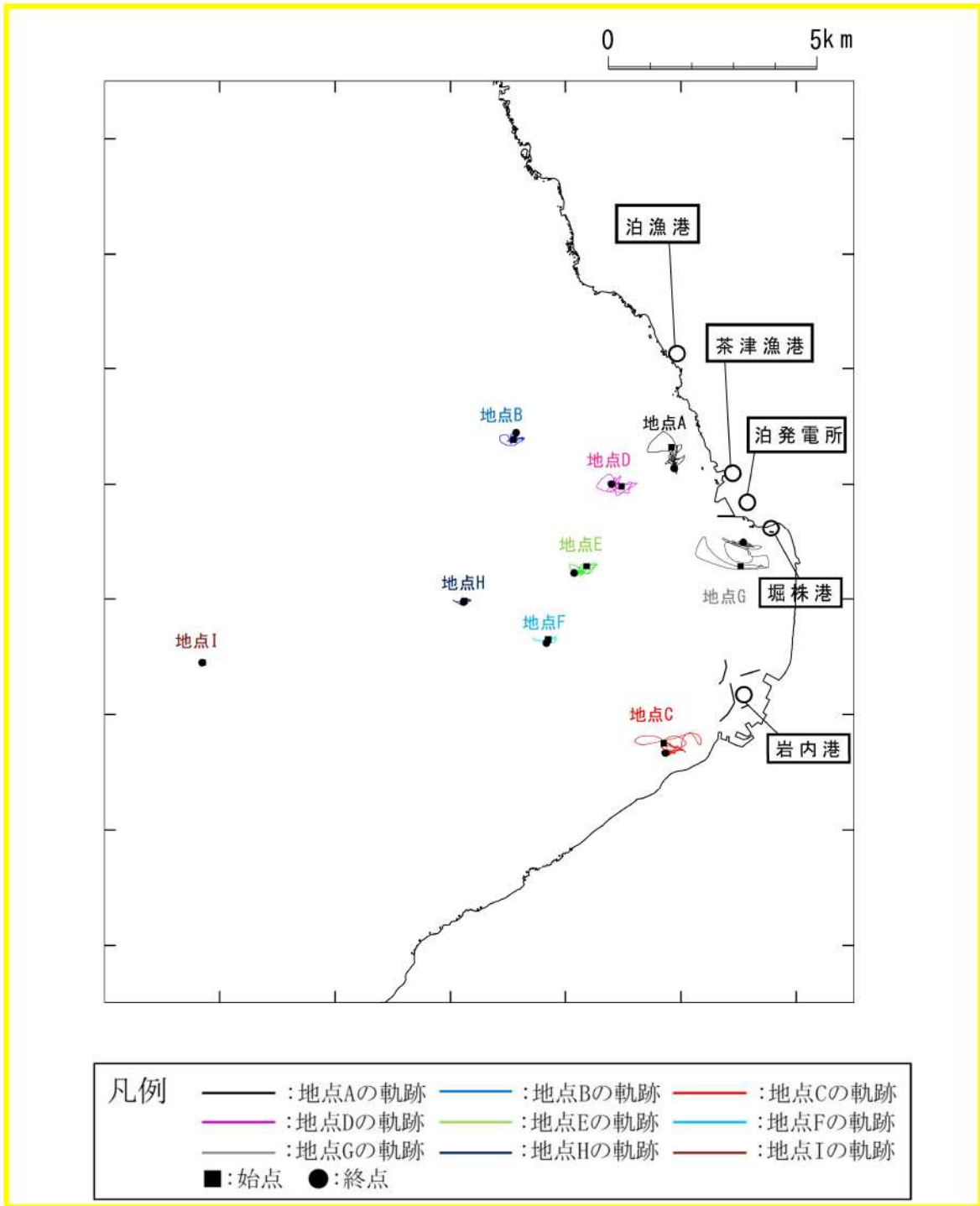
第3-9図 軌跡解析結果
(波源E (北及び南防波堤損傷))



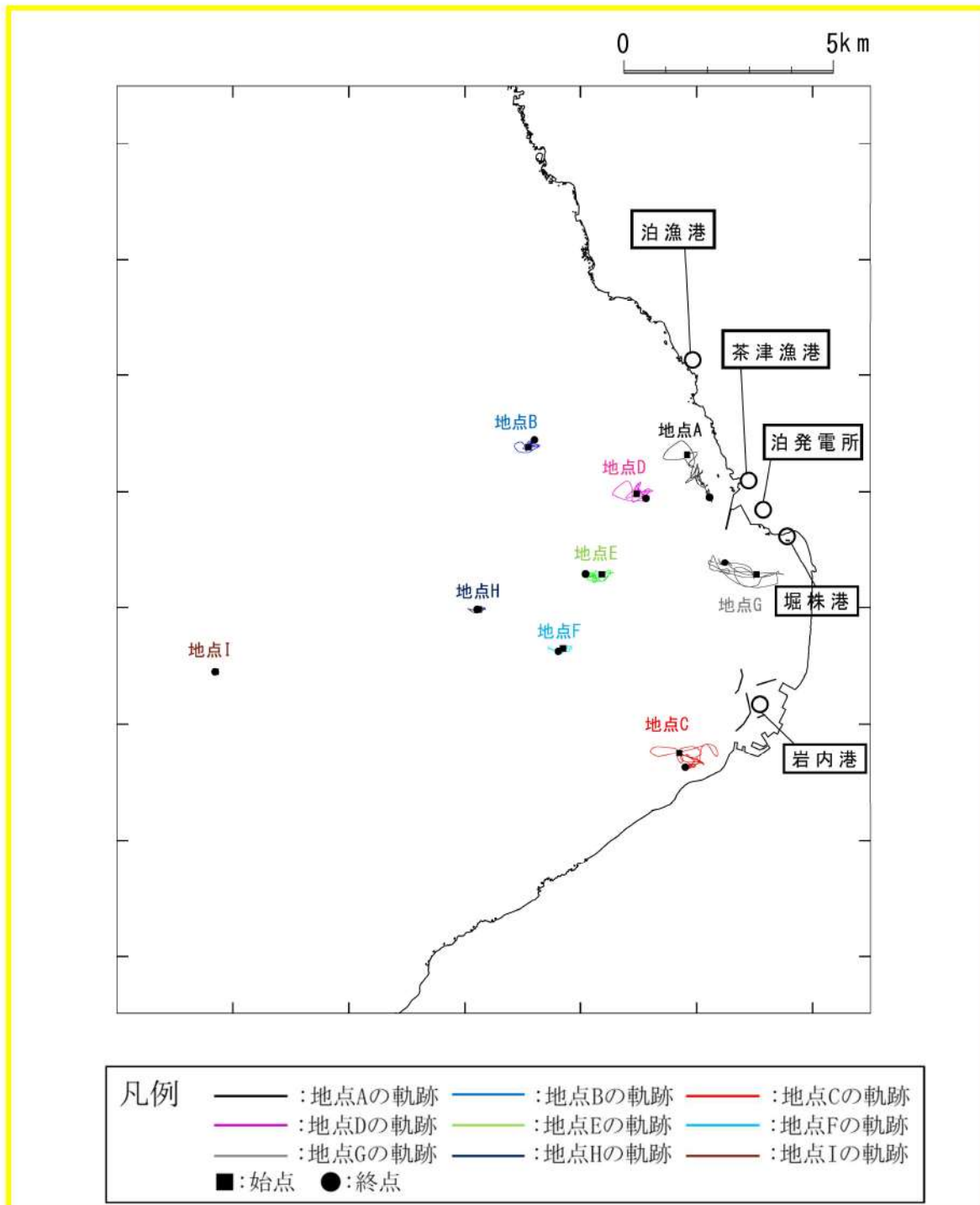
第3-10 図 軌跡解析結果
(波源E (南防波堤損傷))



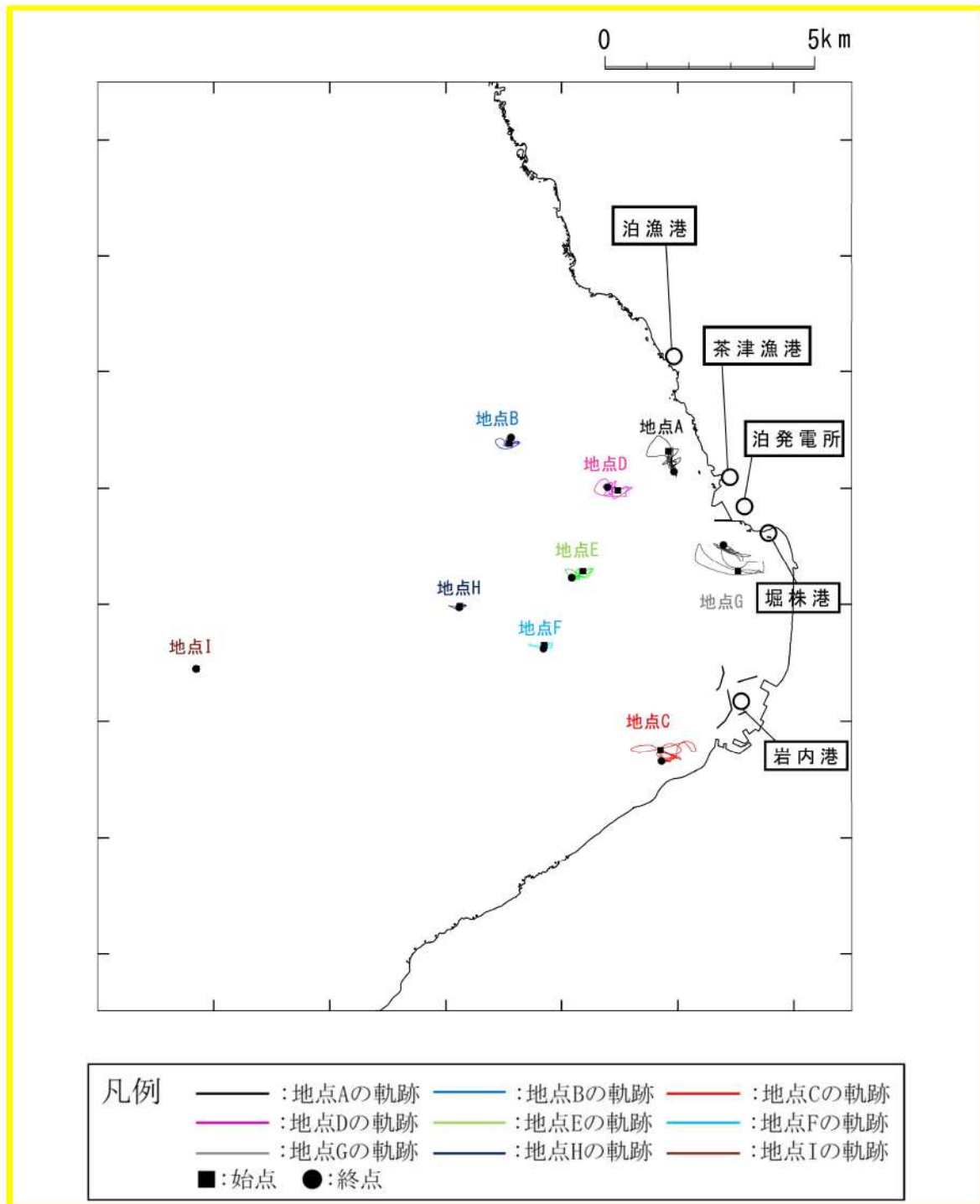
第3-11 図 軌跡解析結果
(波源F (北及び南防波堤損傷))



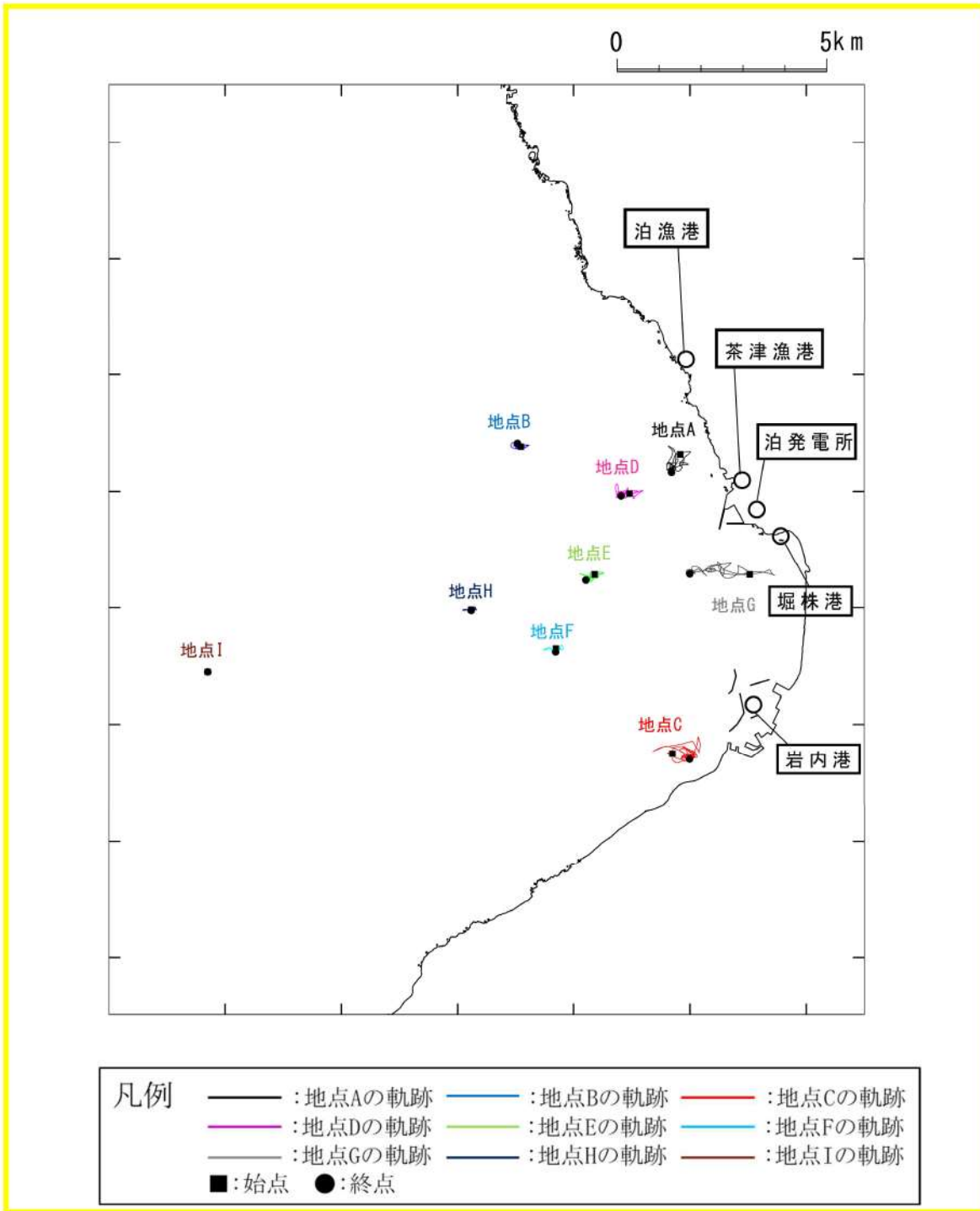
第3-12図 軌跡解析結果
(波源F (北防波堤損傷))



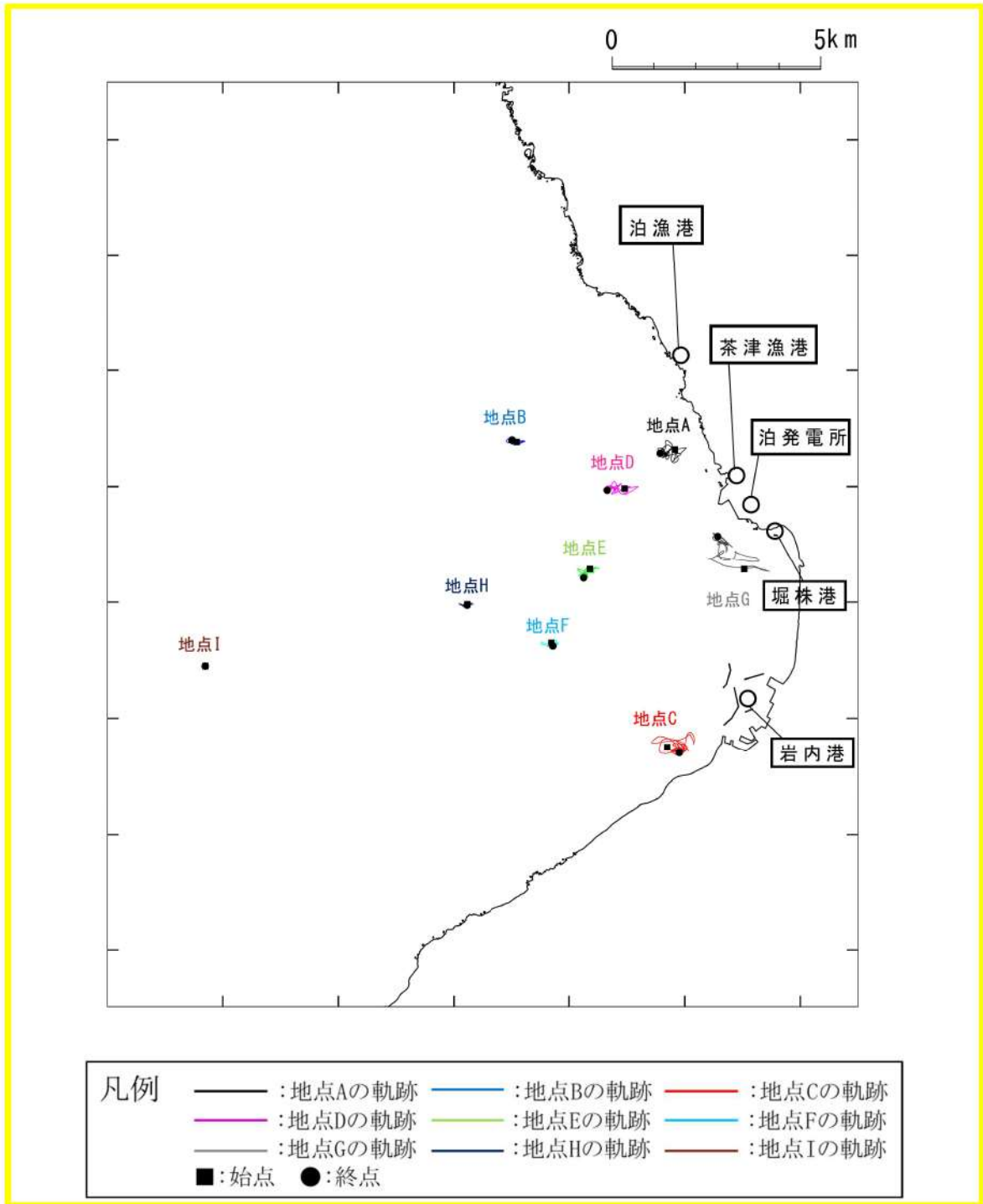
第3-13図 軌跡解析結果
(波源G (南防波堤損傷))



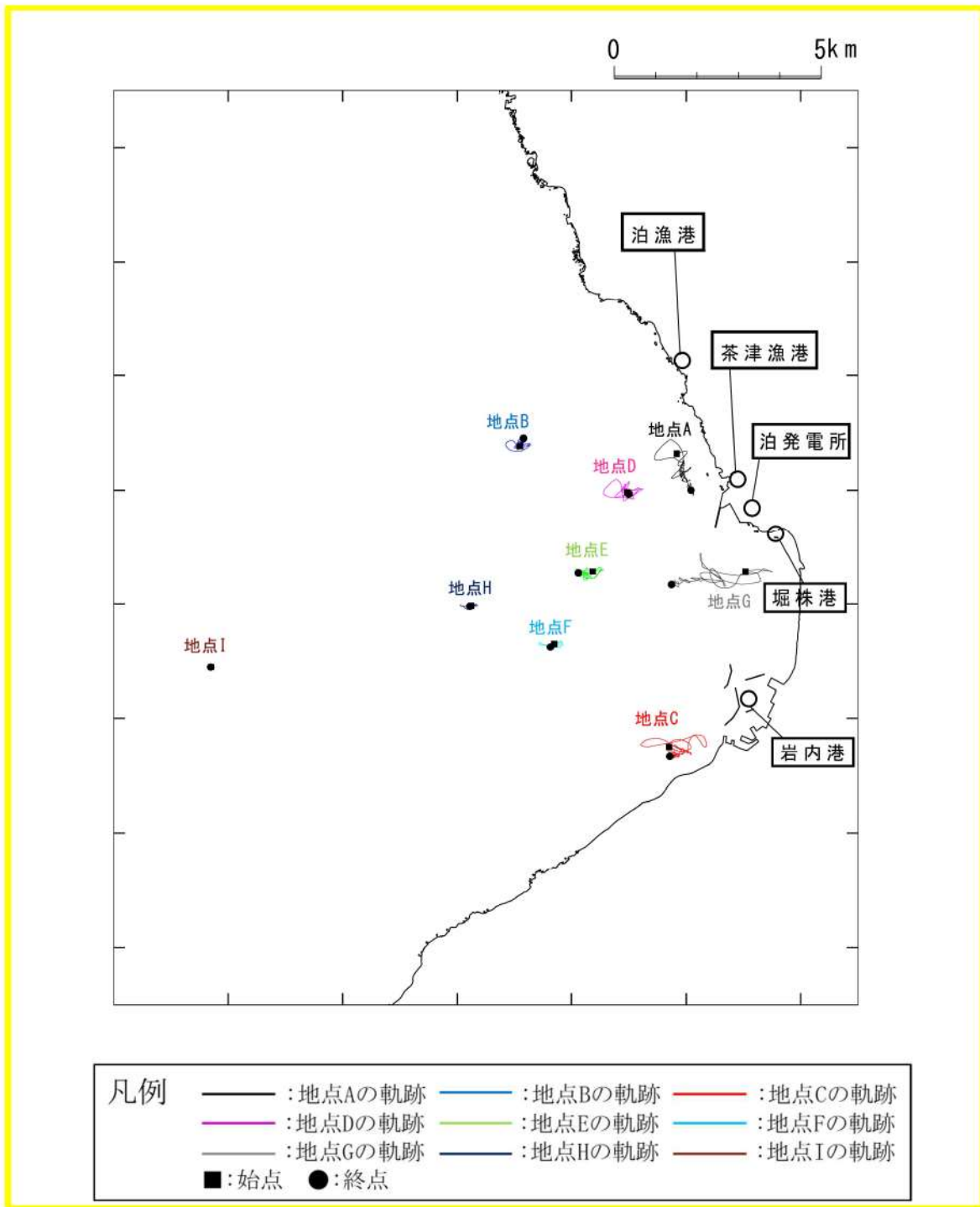
第3-14図 軌跡解析結果
(波源H (北防波堤損傷))



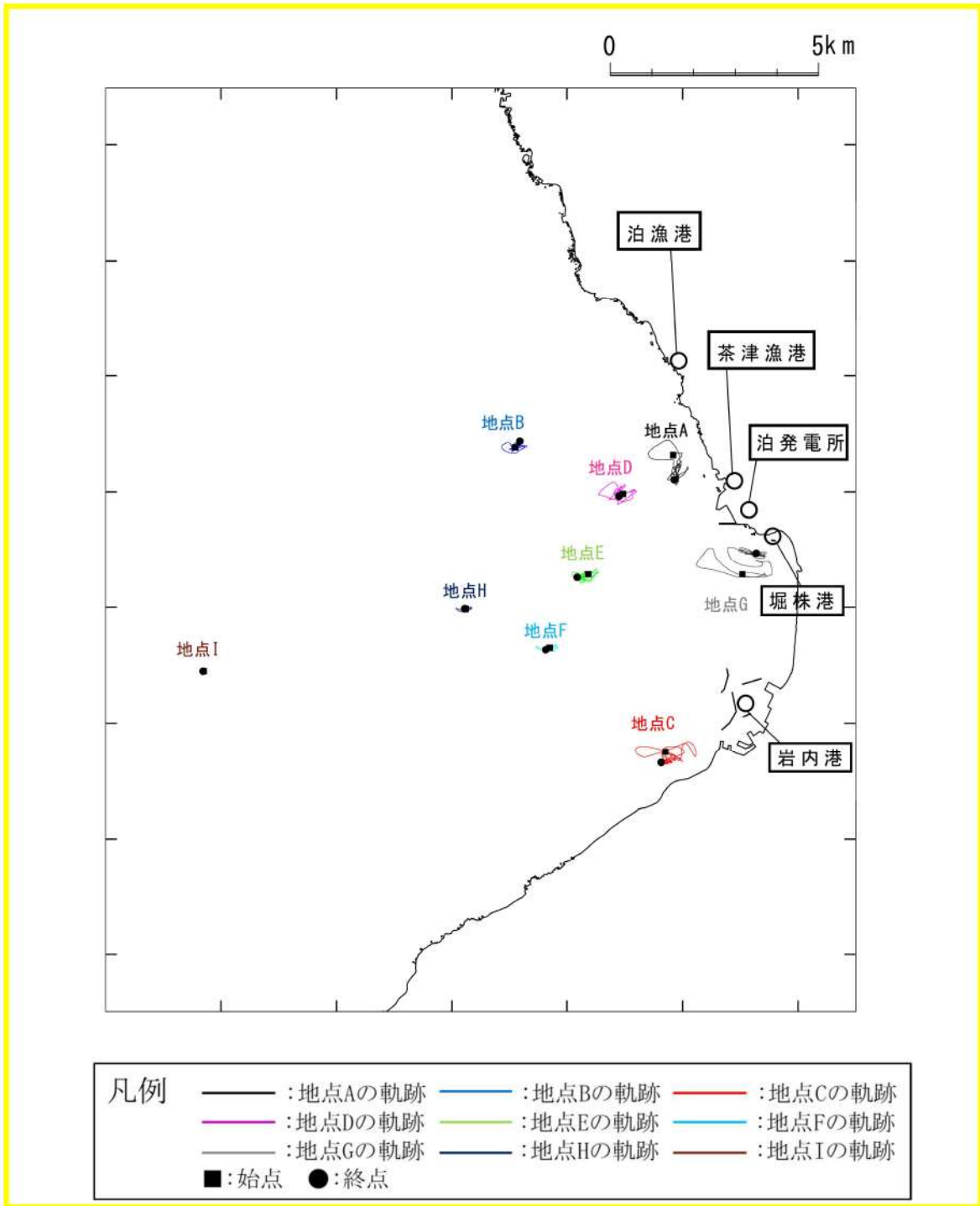
第3-15図 軌跡解析結果
(波源 I (防波堤損傷なし))



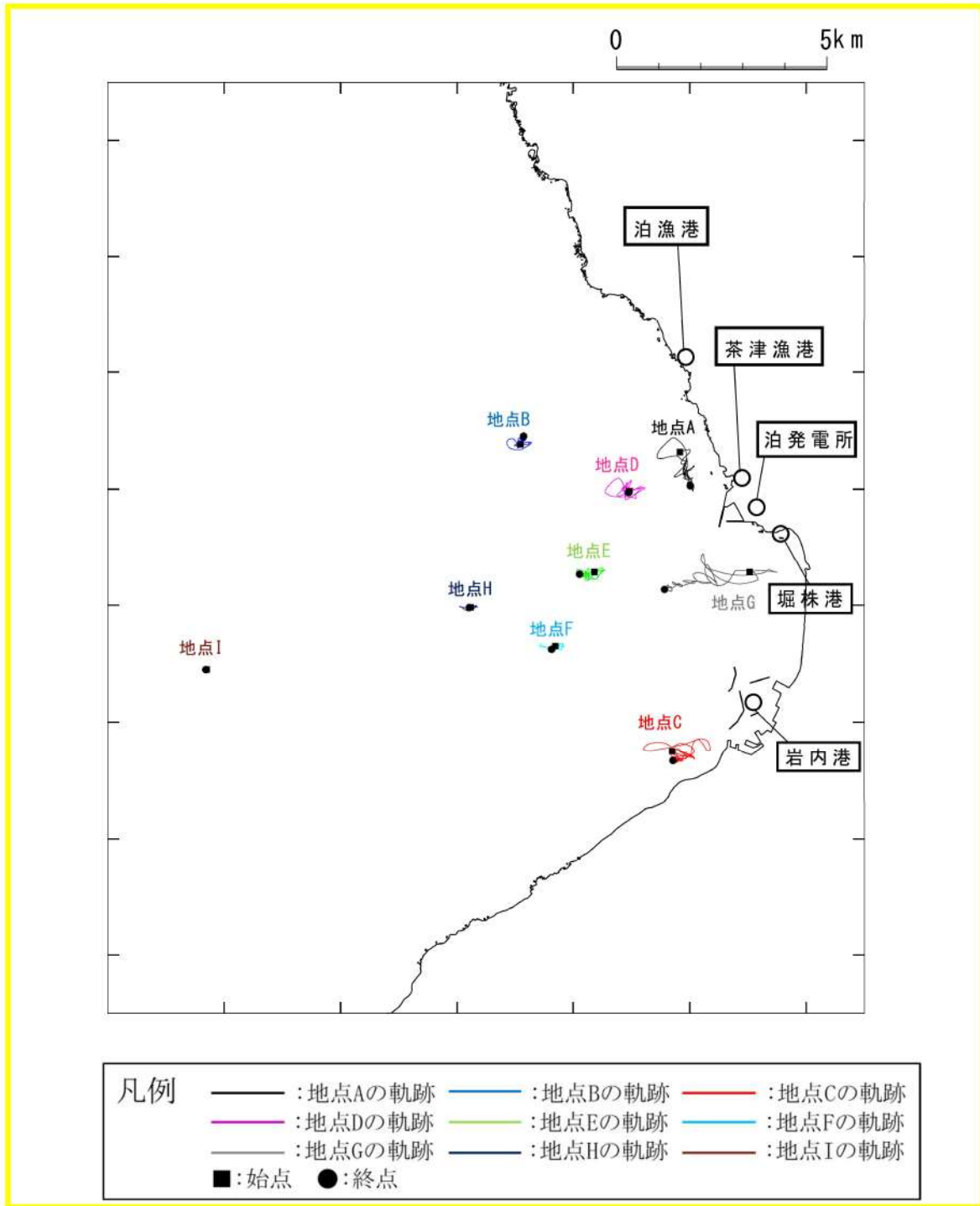
第3-16図 軌跡解析結果
(波源J (北及び南防波堤損傷))



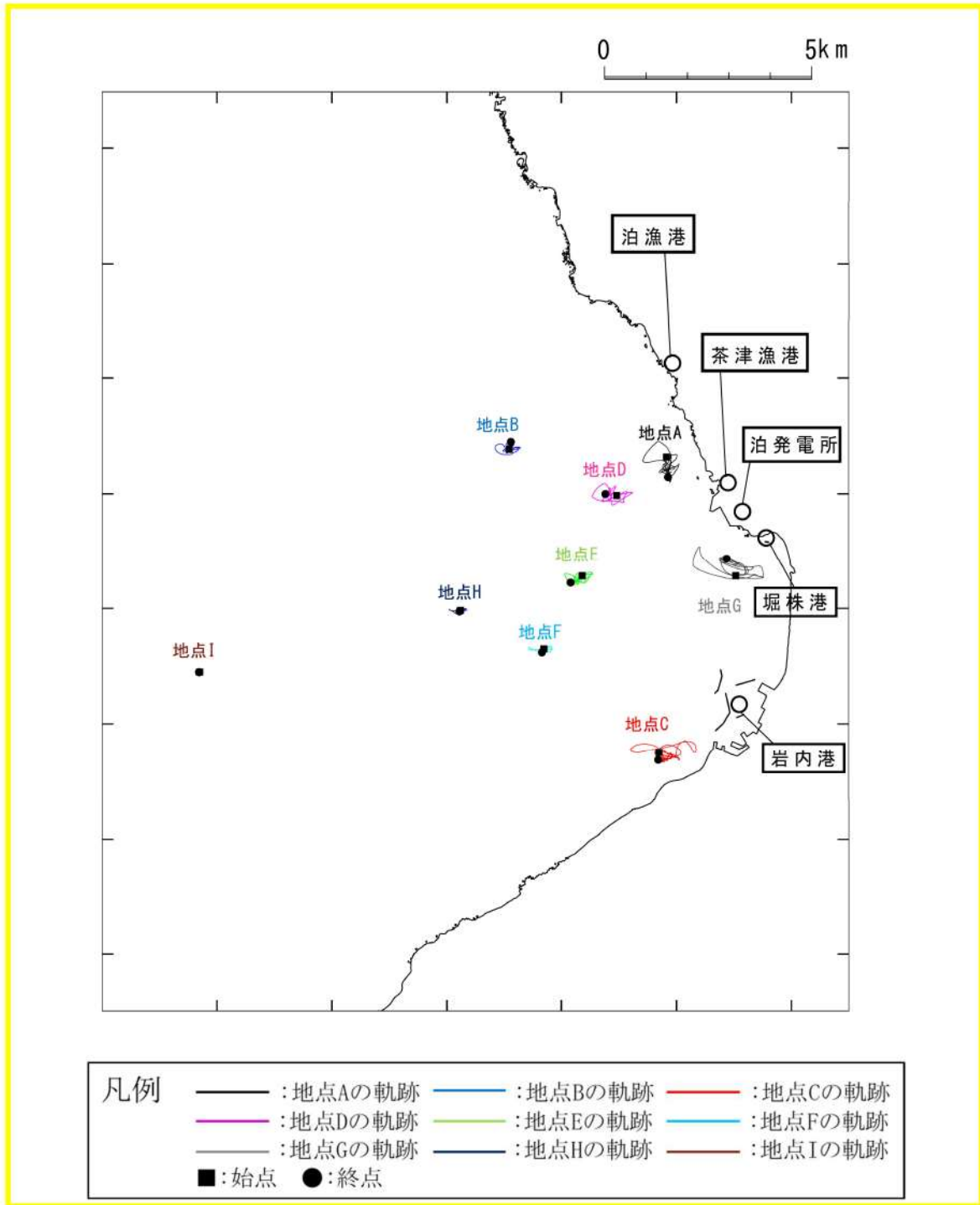
第3-17図 軌跡解析結果
(波源K (南防波堤損傷))



第3-18図 軌跡解析結果
(波源L (北防波堤損傷))

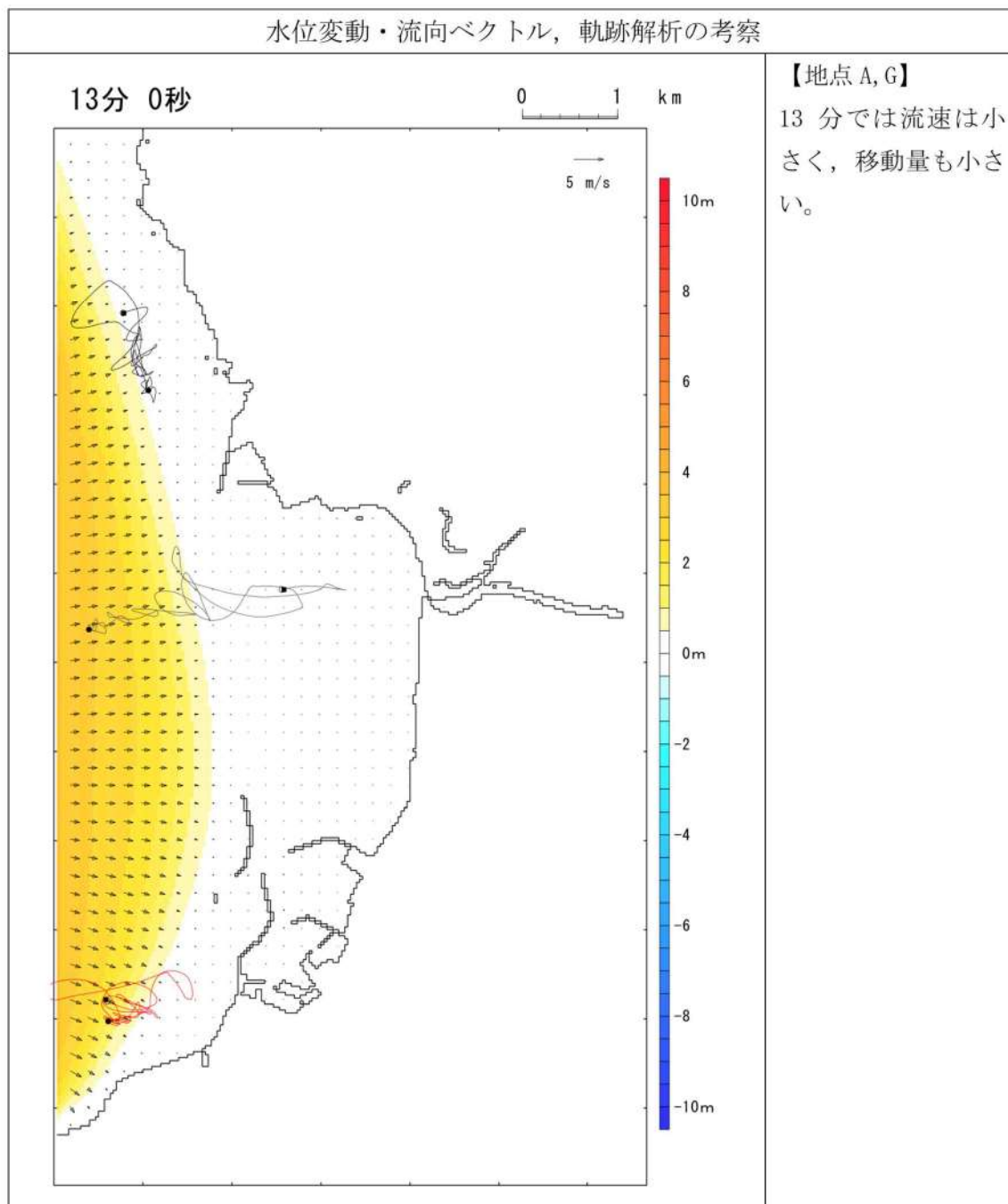


第3-19 図 軌跡解析結果
(波源K (防波堤損傷なし))



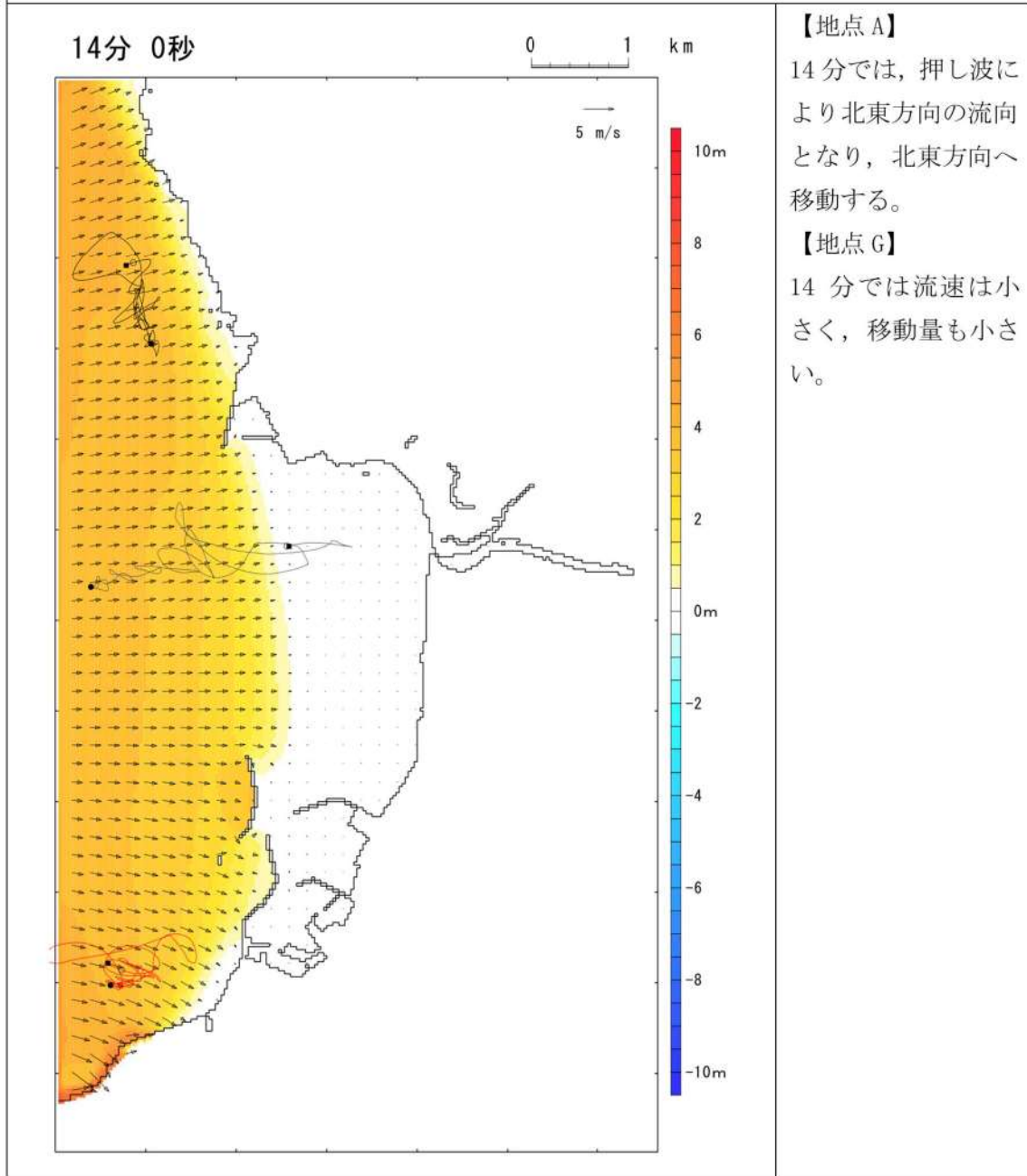
第3-20 図 軌跡解析結果
(波源K (北及び南防波堤損傷))

水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の考察



第4-1図 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果
(波源K (防波堤損傷なし))

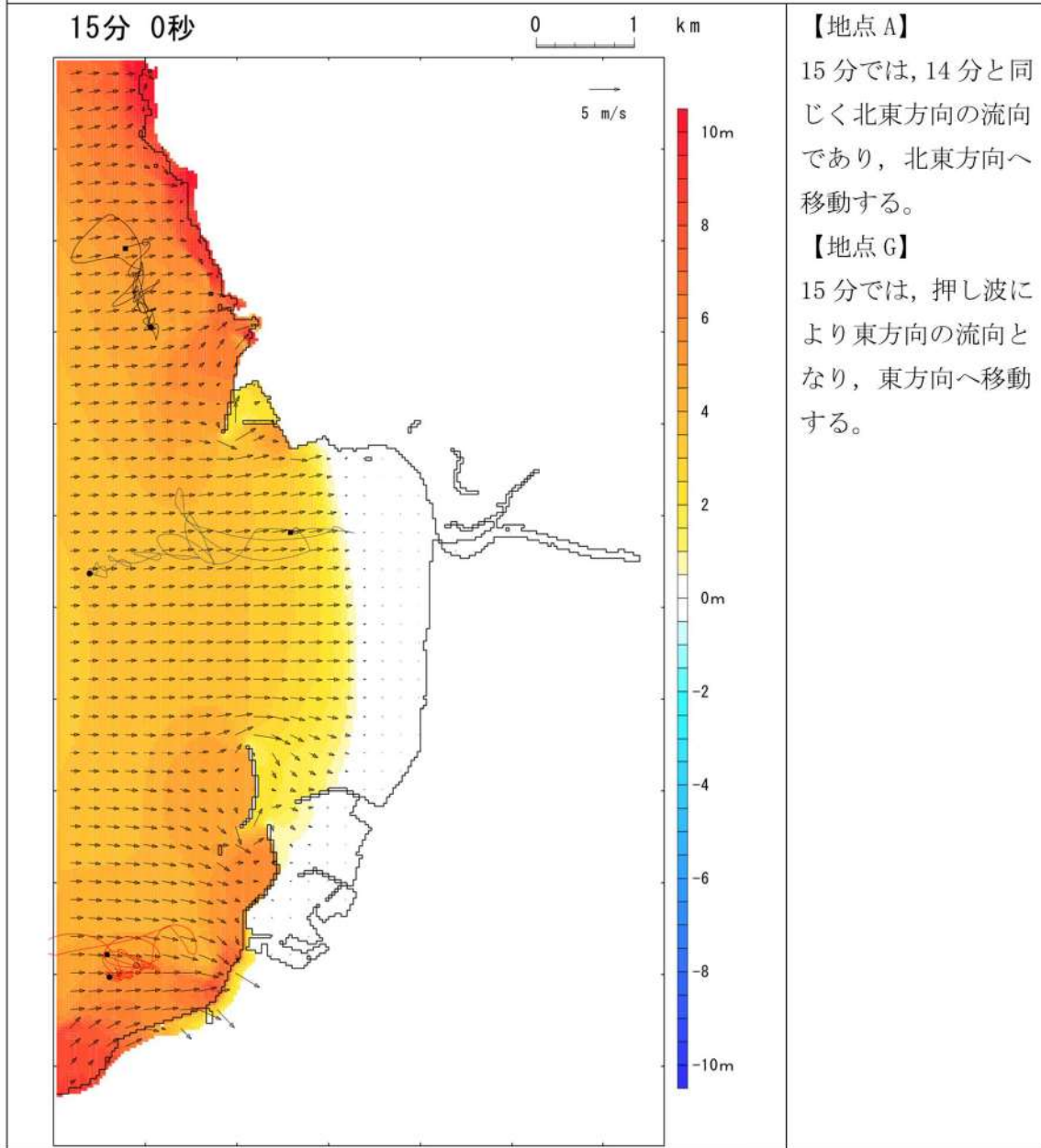
水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の考察



凡例 ———— : 地点Aの軌跡 ———— : 地点Gの軌跡 ———— : 地点Cの軌跡
 ■ : 始点 ● : 終点 ○ : ある時刻における軌跡の位置

第4-2図 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果
 (波源K (防波堤損傷なし))

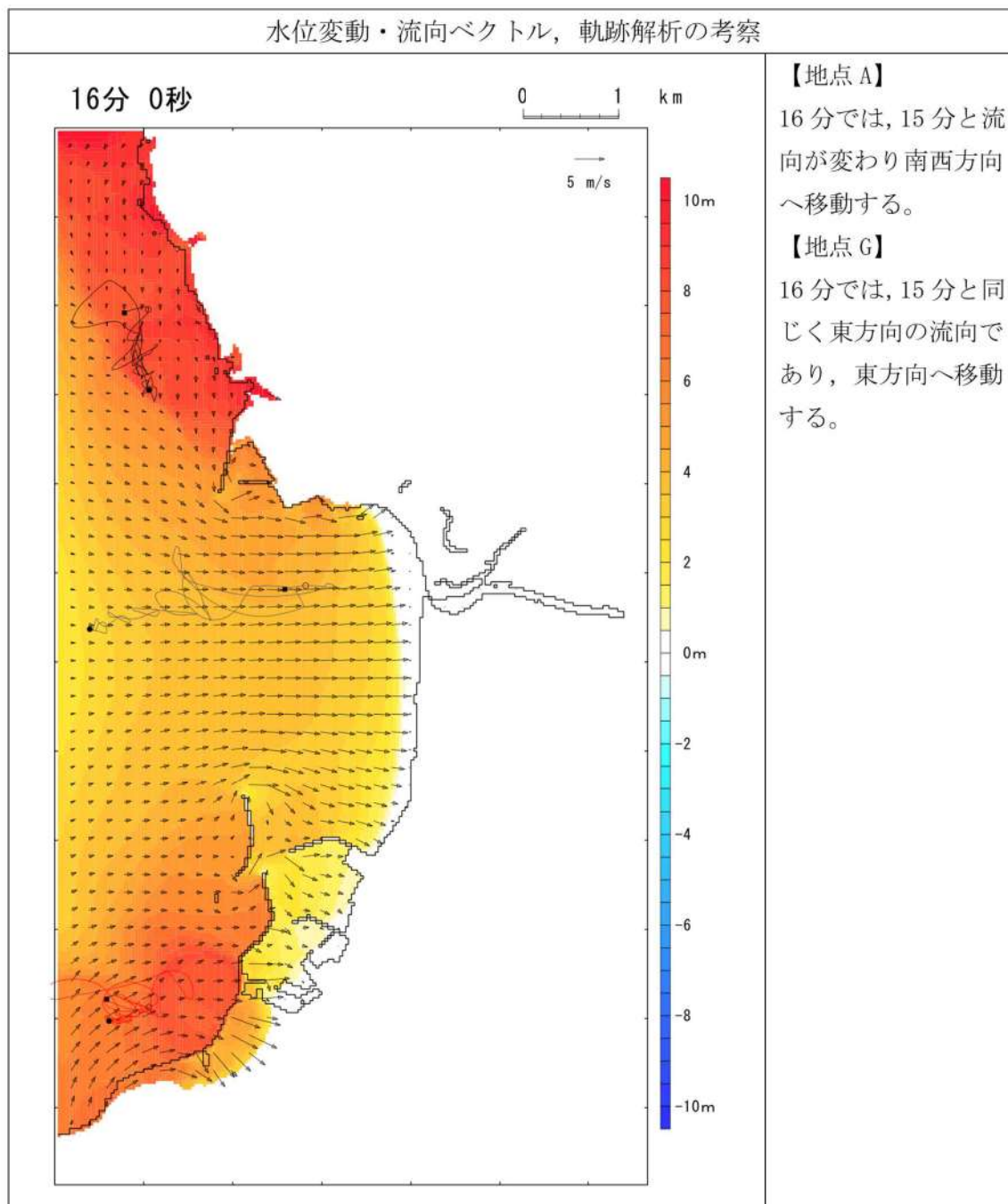
水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の考察



凡例 ——— : 地点Aの軌跡 ——— : 地点Gの軌跡 ——— : 地点Cの軌跡
 ■ : 始点 ● : 終点 ○ : ある時刻における軌跡の位置

第4-3図 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果
 (波源K (防波堤損傷なし))

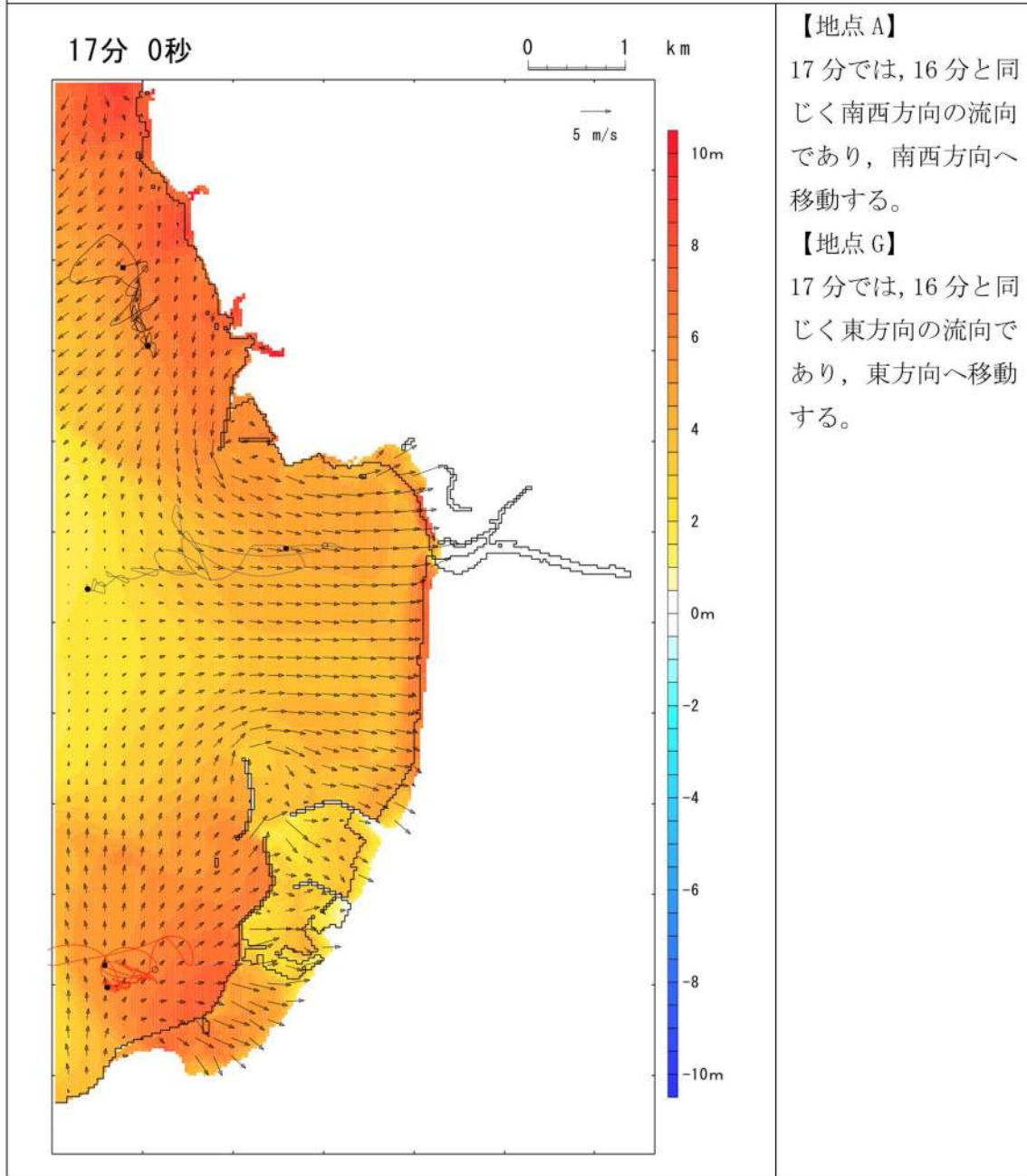
水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の考察



凡例 ——— : 地点Aの軌跡 ——— : 地点Gの軌跡 ——— : 地点Cの軌跡
 ■ : 始点 ● : 終点 ○ : ある時刻における軌跡の位置

第4-4図 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果
 (波源K (防波堤損傷なし))

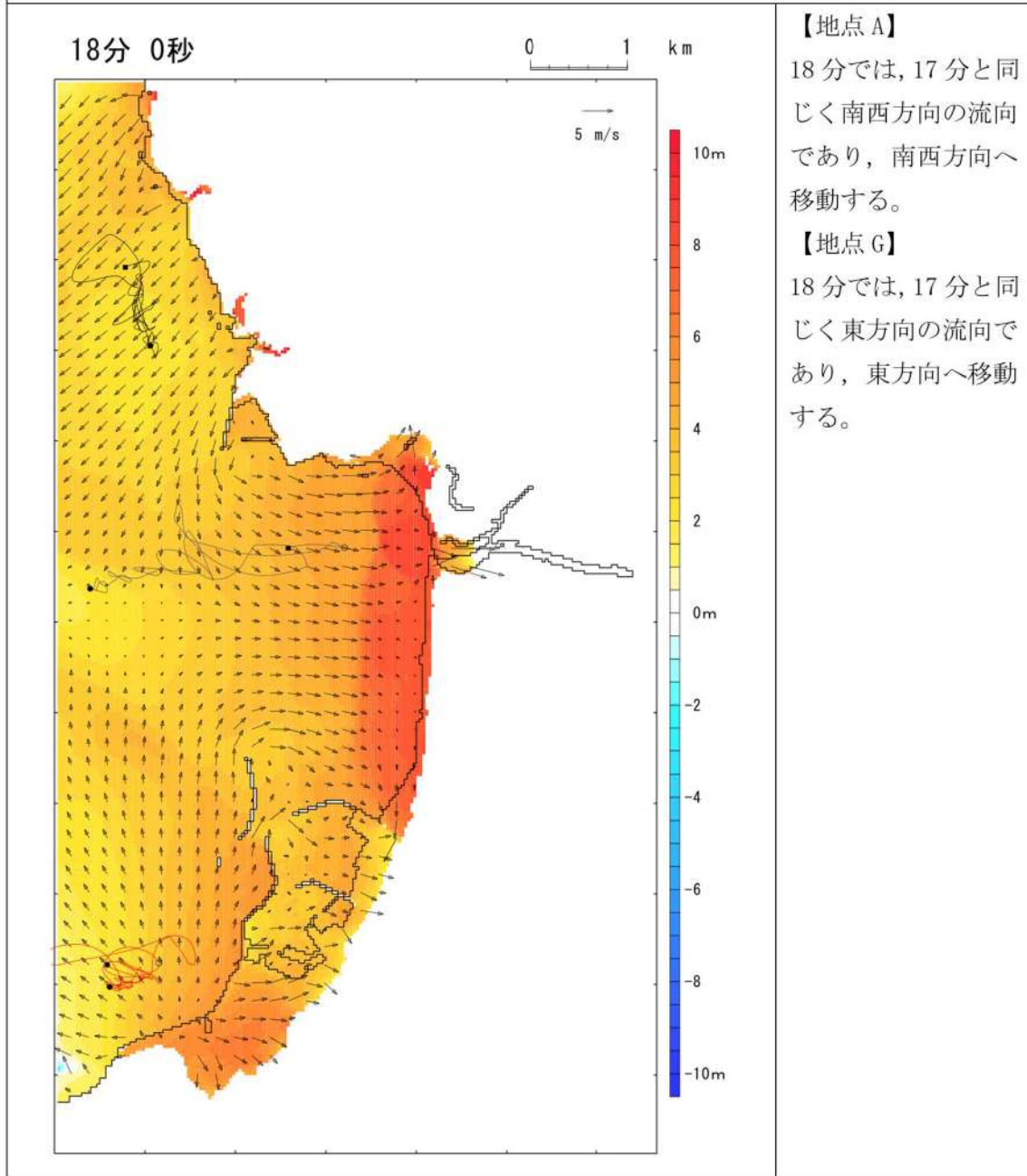
水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の考察



凡例 ——— : 地点Aの軌跡 ——— : 地点Gの軌跡 ——— : 地点Cの軌跡
 ■ : 始点 ● : 終点 ○ : ある時刻における軌跡の位置

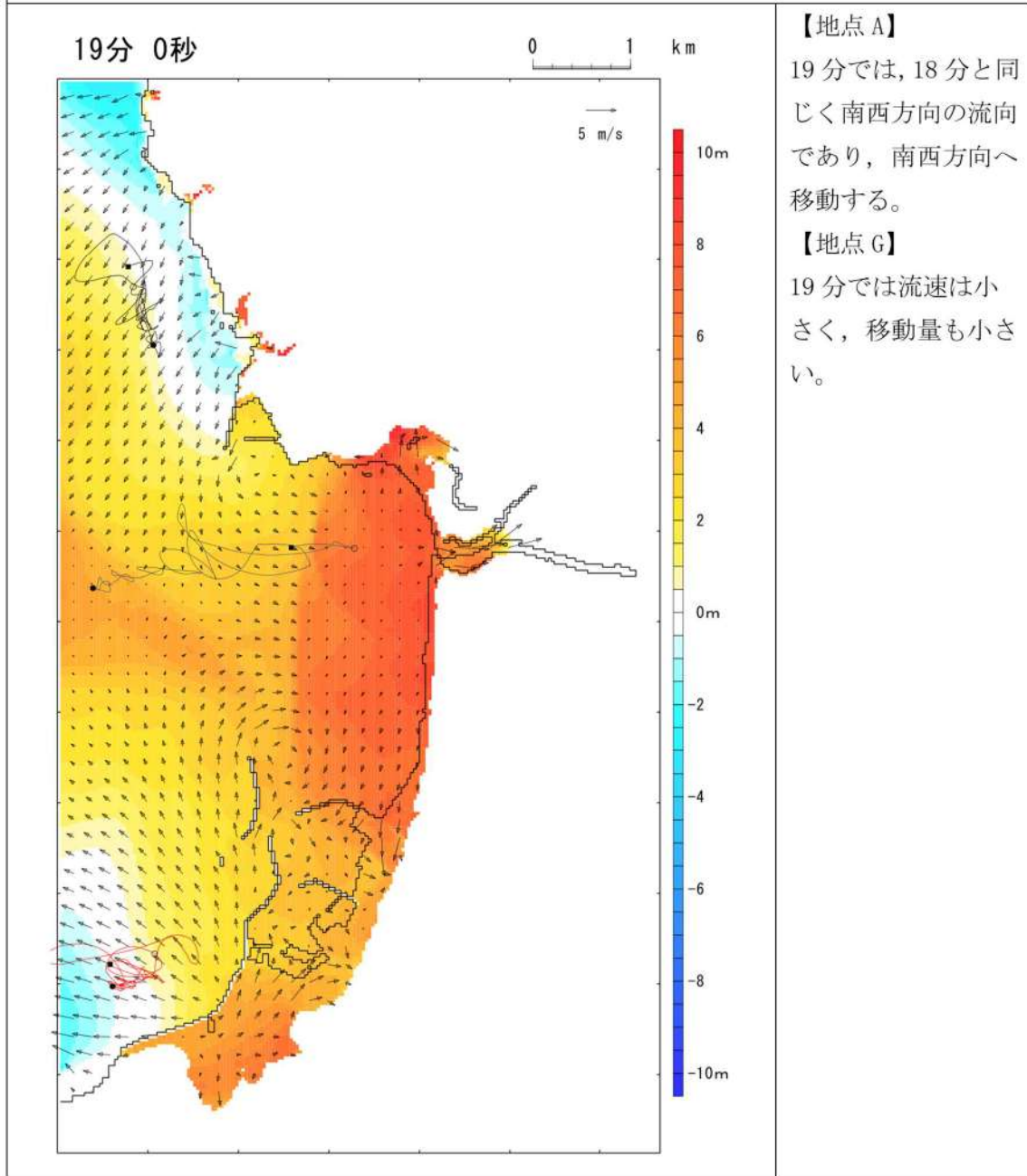
第4-5図 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果
 (波源K (防波堤損傷なし))

水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の考察



第4-6図 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果
(波源K (防波堤損傷なし))

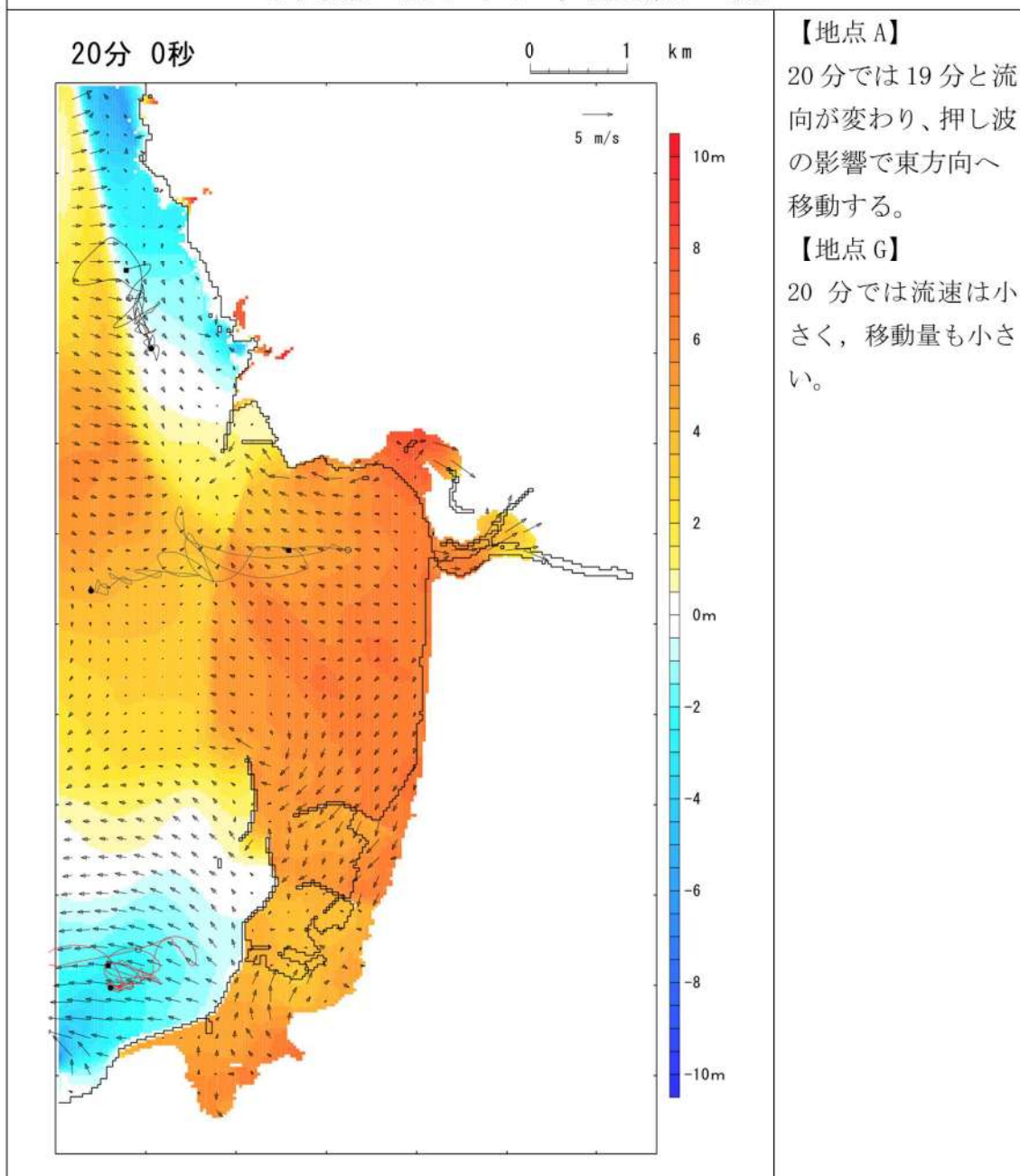
水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の考察



凡例 ——— : 地点Aの軌跡 ——— : 地点Gの軌跡 ——— : 地点Cの軌跡
 ■ : 始点 ● : 終点 ○ : ある時刻における軌跡の位置

第4-7図 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果
 (波源K (防波堤損傷なし))

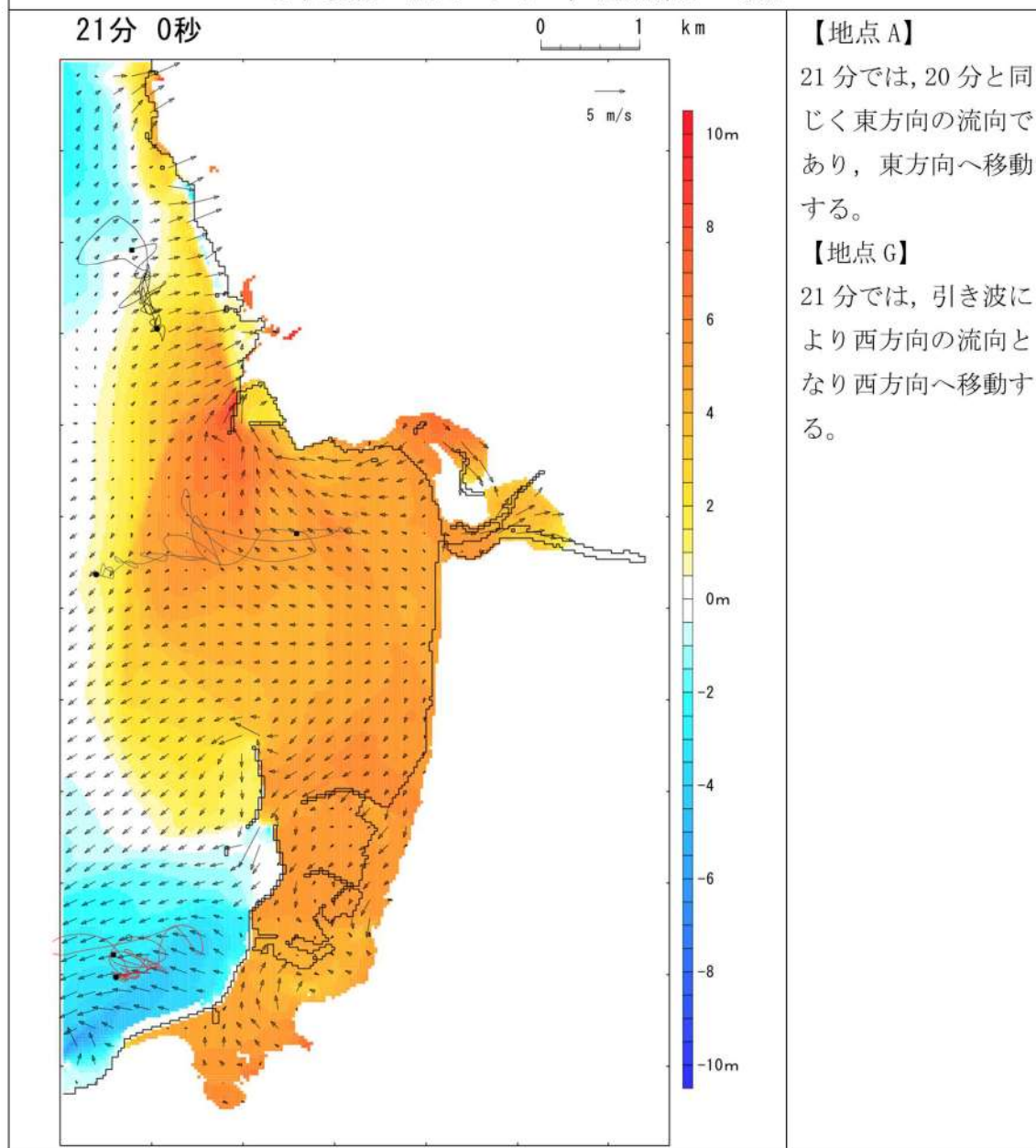
水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の考察



凡例 ——— : 地点Aの軌跡 ——— : 地点Gの軌跡 ——— : 地点Cの軌跡
 ■ : 始点 ● : 終点 ○ : ある時刻における軌跡の位置

第4-8図 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果
 (波源K (防波堤損傷なし))

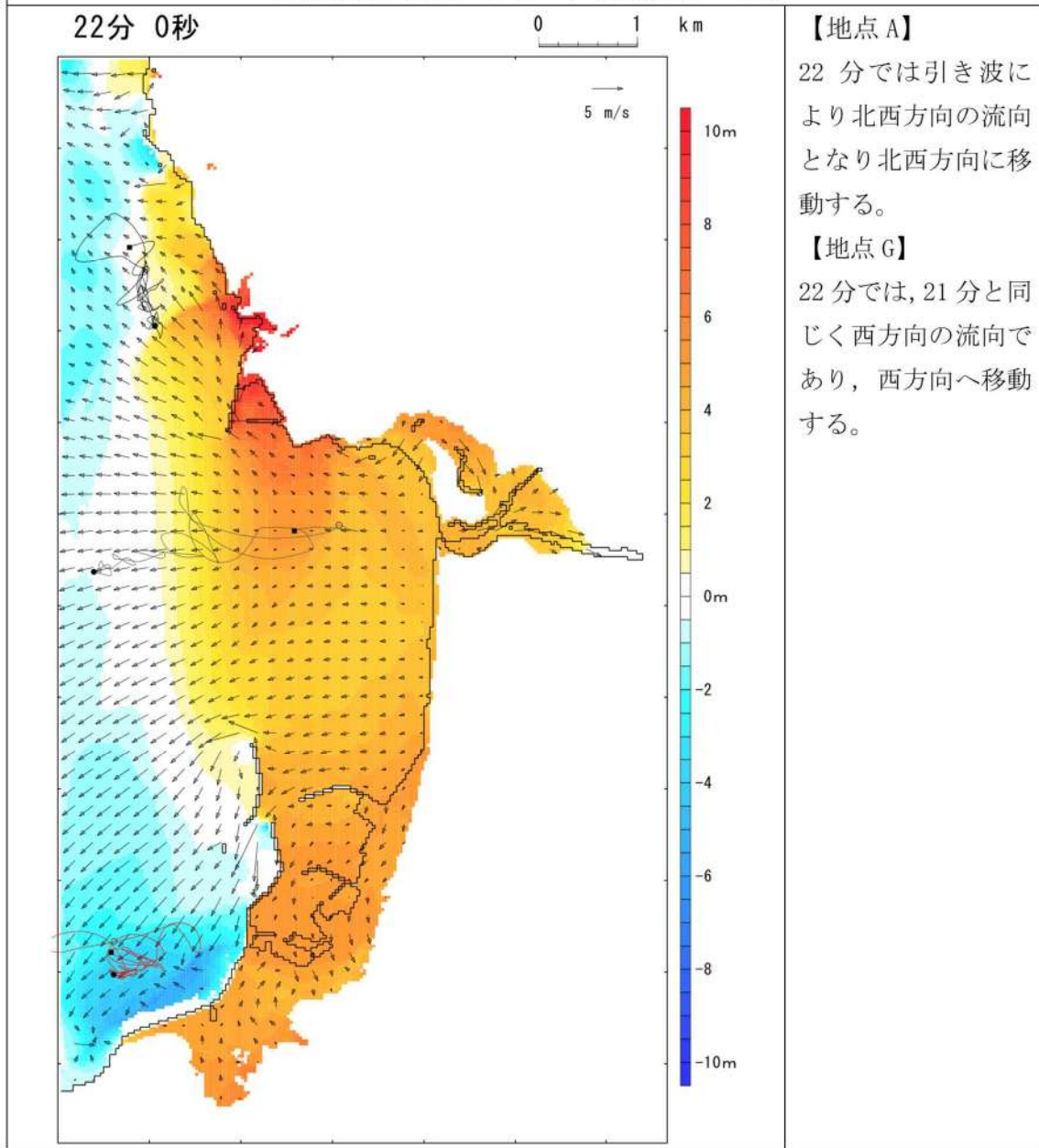
水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の考察



凡例 ——— : 地点Aの軌跡 ——— : 地点Gの軌跡 ——— : 地点Cの軌跡
 ■ : 始点 ● : 終点 ○ : ある時刻における軌跡の位置

第4-9図 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果
 (波源K (防波堤損傷なし))

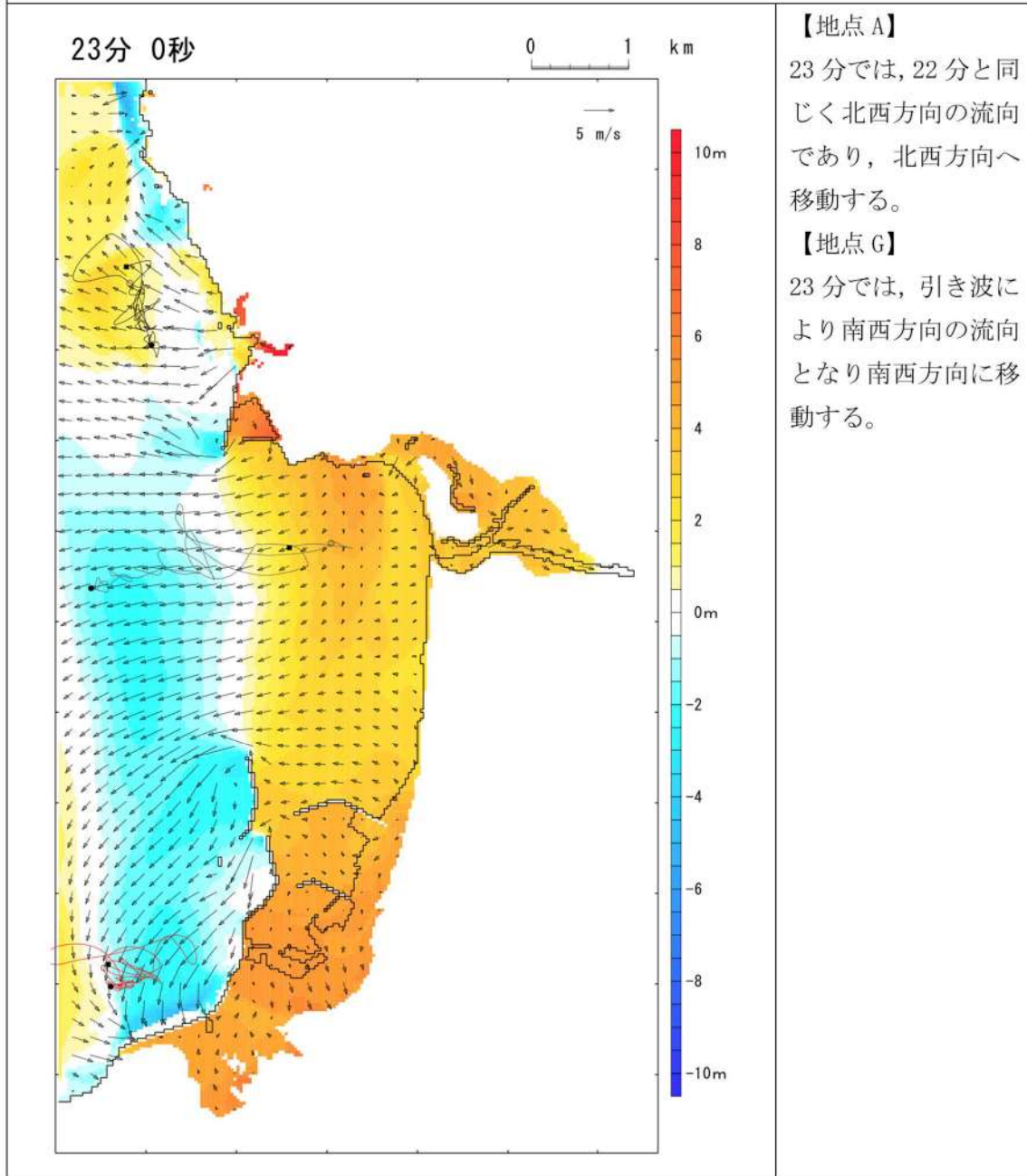
水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の考察



凡例 ——— : 地点Aの軌跡 ——— : 地点Gの軌跡 ——— : 地点Cの軌跡
 ■ : 始点 ● : 終点 ○ : ある時刻における軌跡の位置

第4-10 図 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果
 (波源K (防波堤損傷なし))

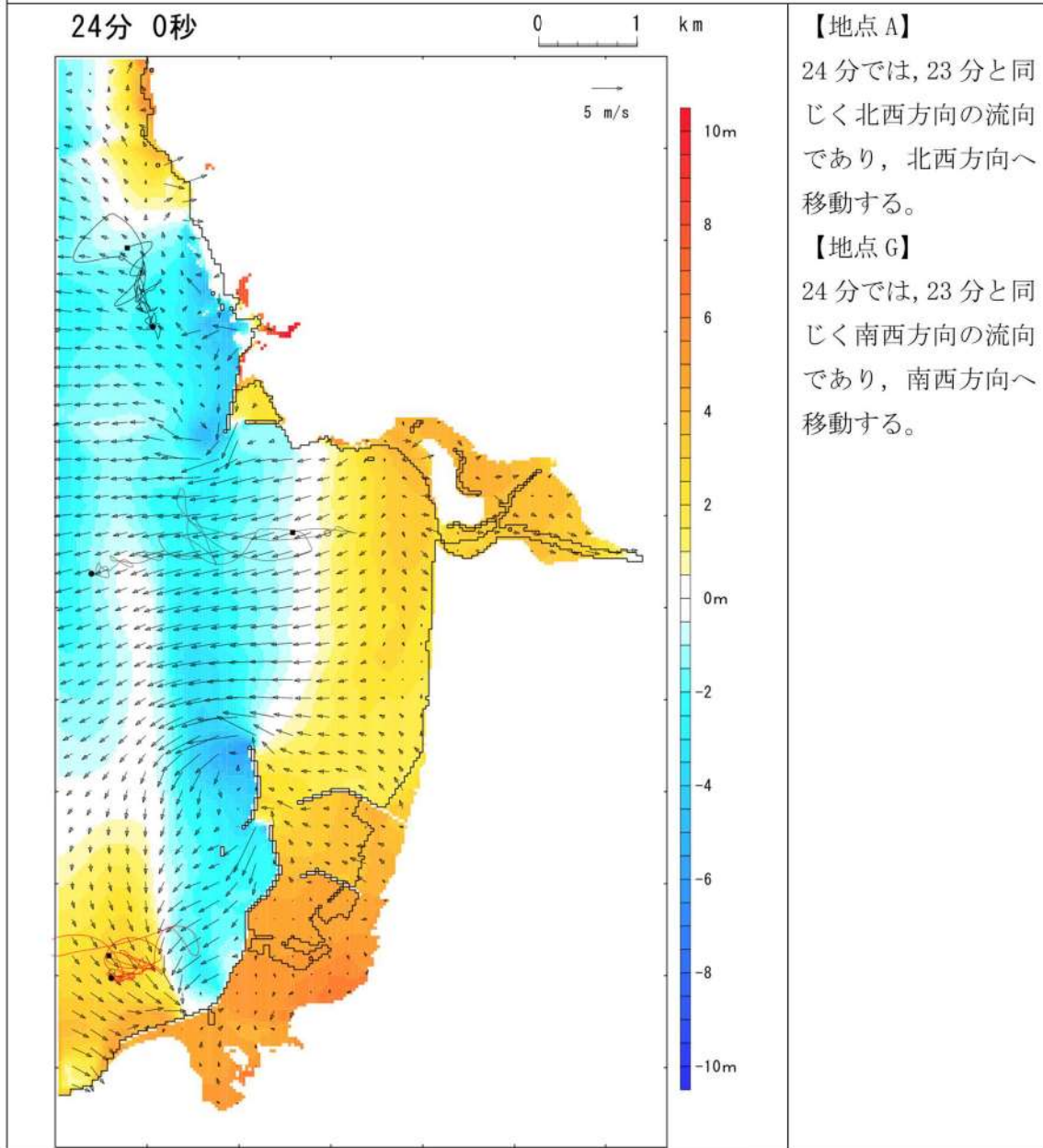
水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の考察



凡例 ——— : 地点Aの軌跡 ——— : 地点Gの軌跡 ——— : 地点Cの軌跡
 ■ : 始点 ● : 終点 ○ : ある時刻における軌跡の位置

第4-11図 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果
 (波源K (防波堤損傷なし))

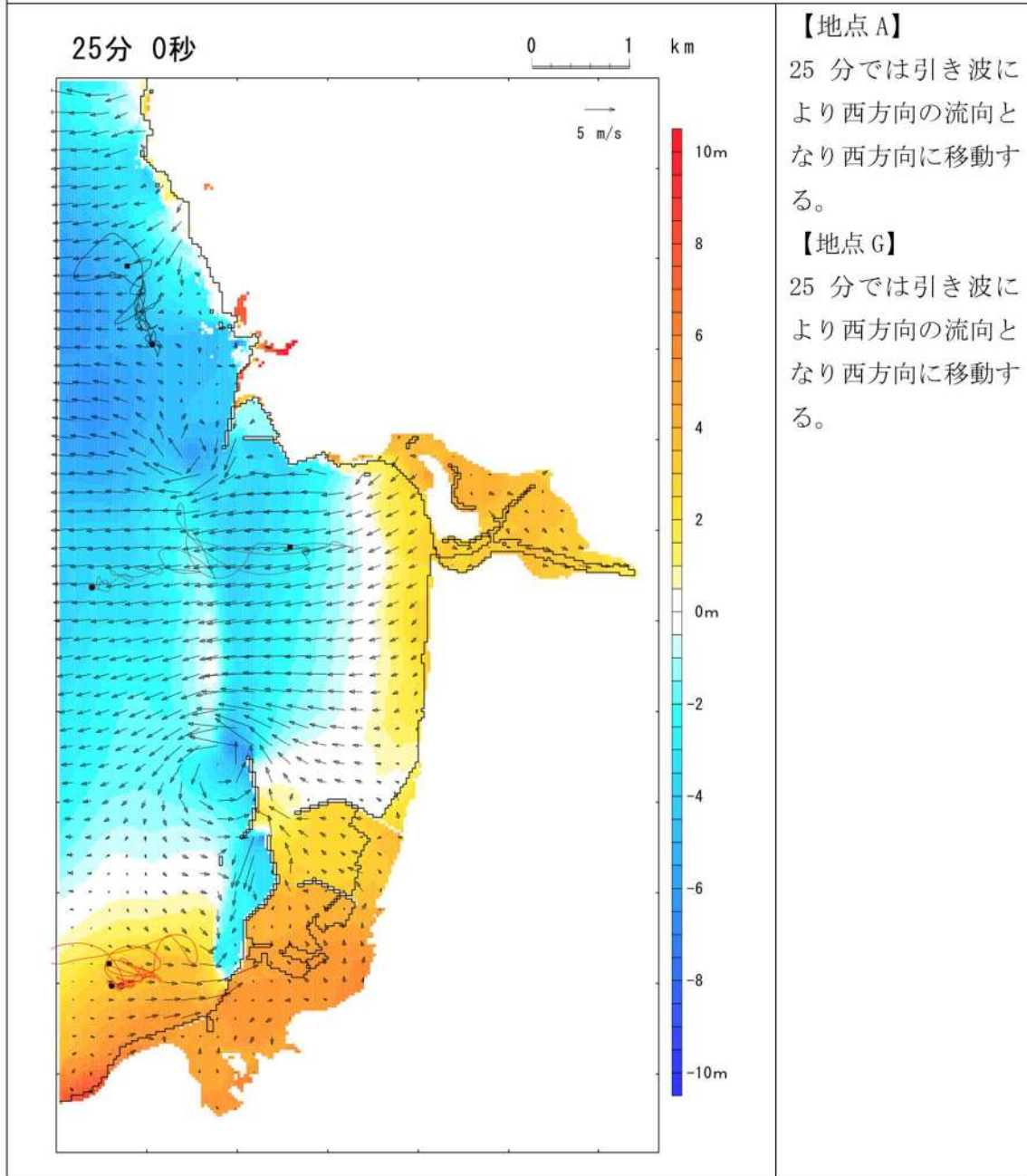
水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の考察



凡例 ———— : 地点Aの軌跡 ———— : 地点Gの軌跡 ———— : 地点Cの軌跡
 ■ : 始点 ● : 終点 ○ : ある時刻における軌跡の位置

第4-12図 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果
 (波源K (防波堤損傷なし))

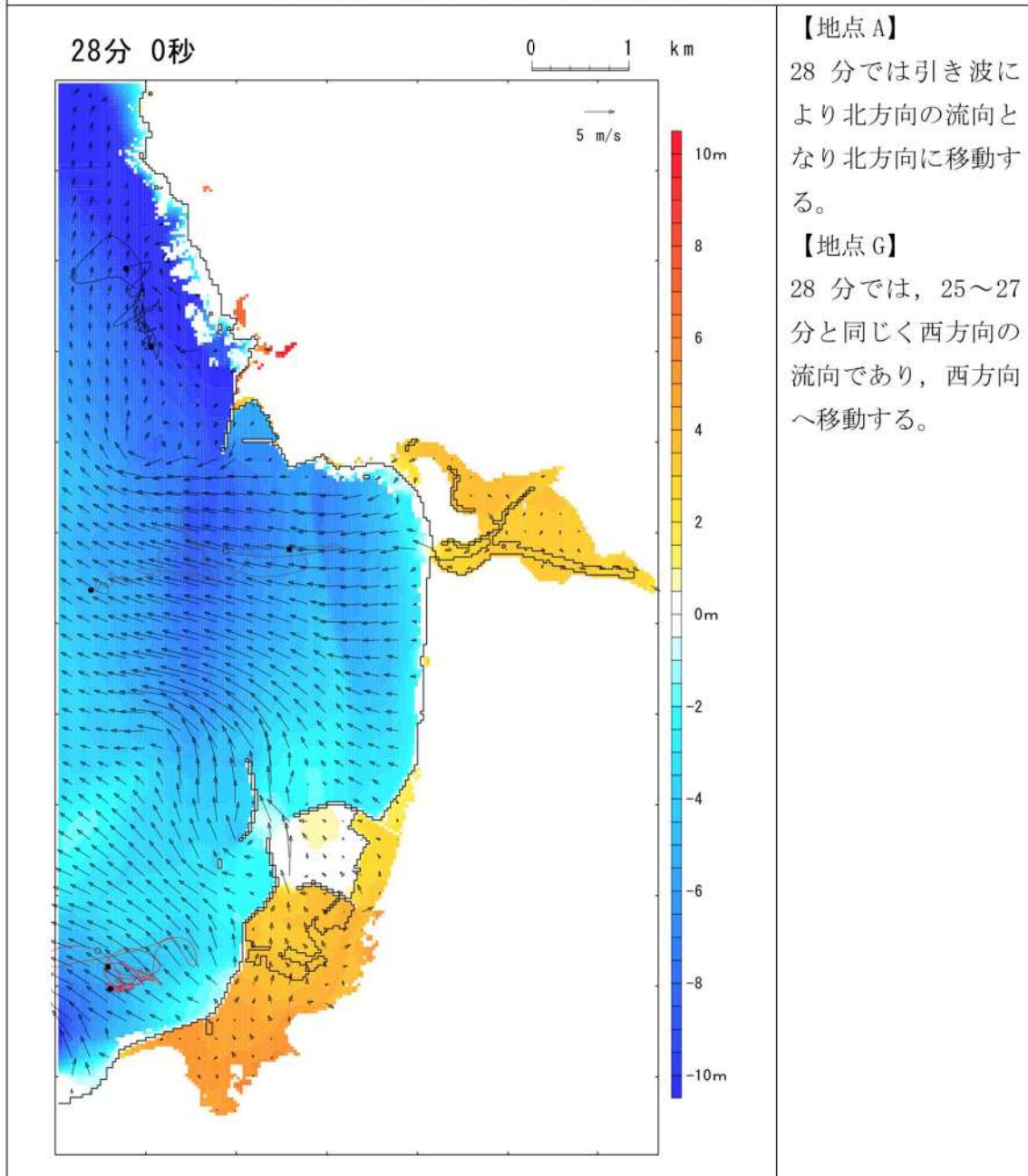
水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の考察



凡例 — : 地点Aの軌跡 — : 地点Gの軌跡 — : 地点Cの軌跡
 ■ : 始点 ● : 終点 ○ : ある時刻における軌跡の位置

第4-13 図 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果
 (波源K (防波堤損傷なし))

水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の考察

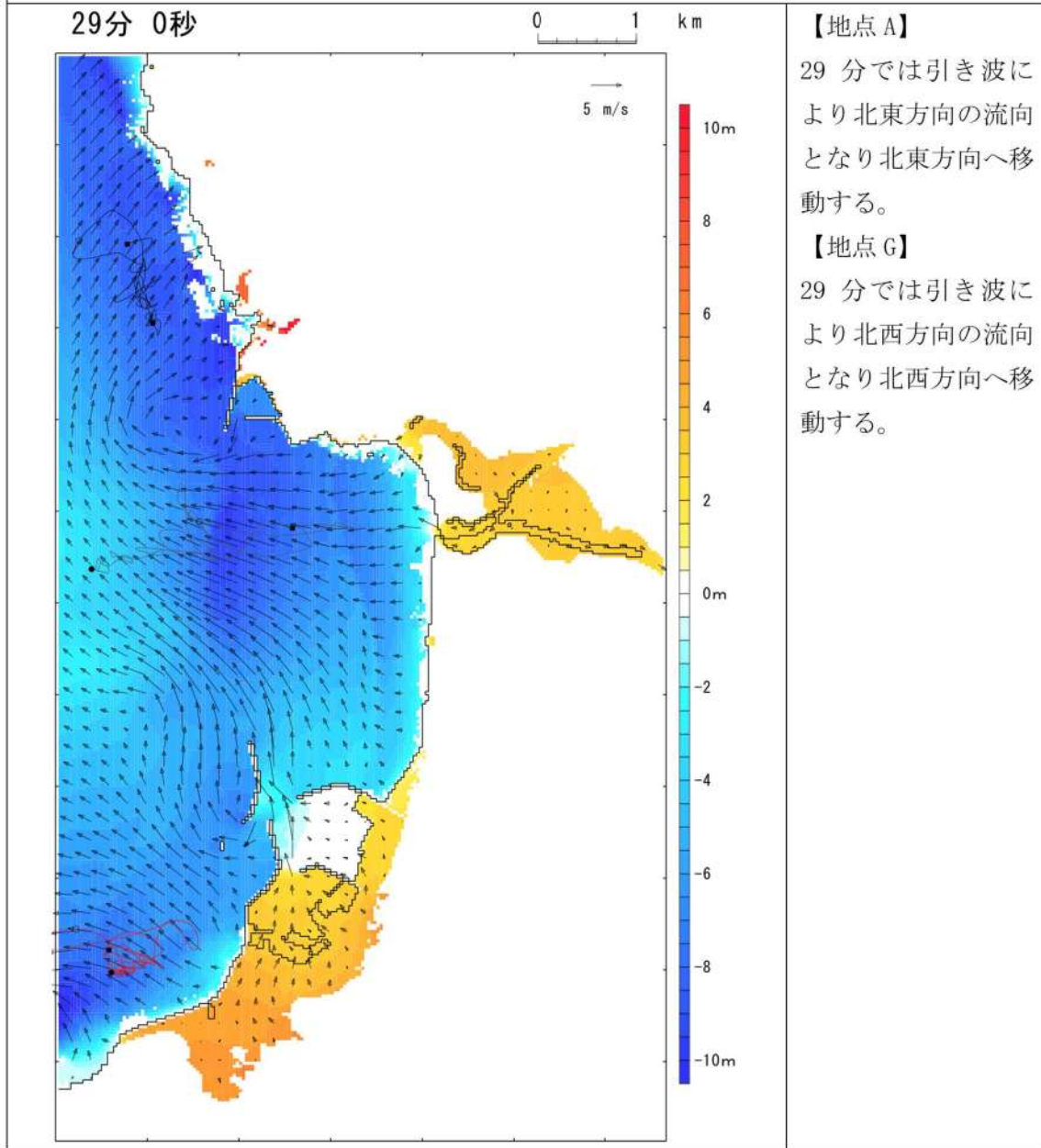


※26, 27分は同様の傾向のため省略。

凡例	———	: 地点Aの軌跡	———	: 地点Gの軌跡	———	: 地点Cの軌跡
	■	: 始点	●	: 終点	○	: ある時刻における軌跡の位置

第4-14図 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果
(波源K (防波堤損傷なし))

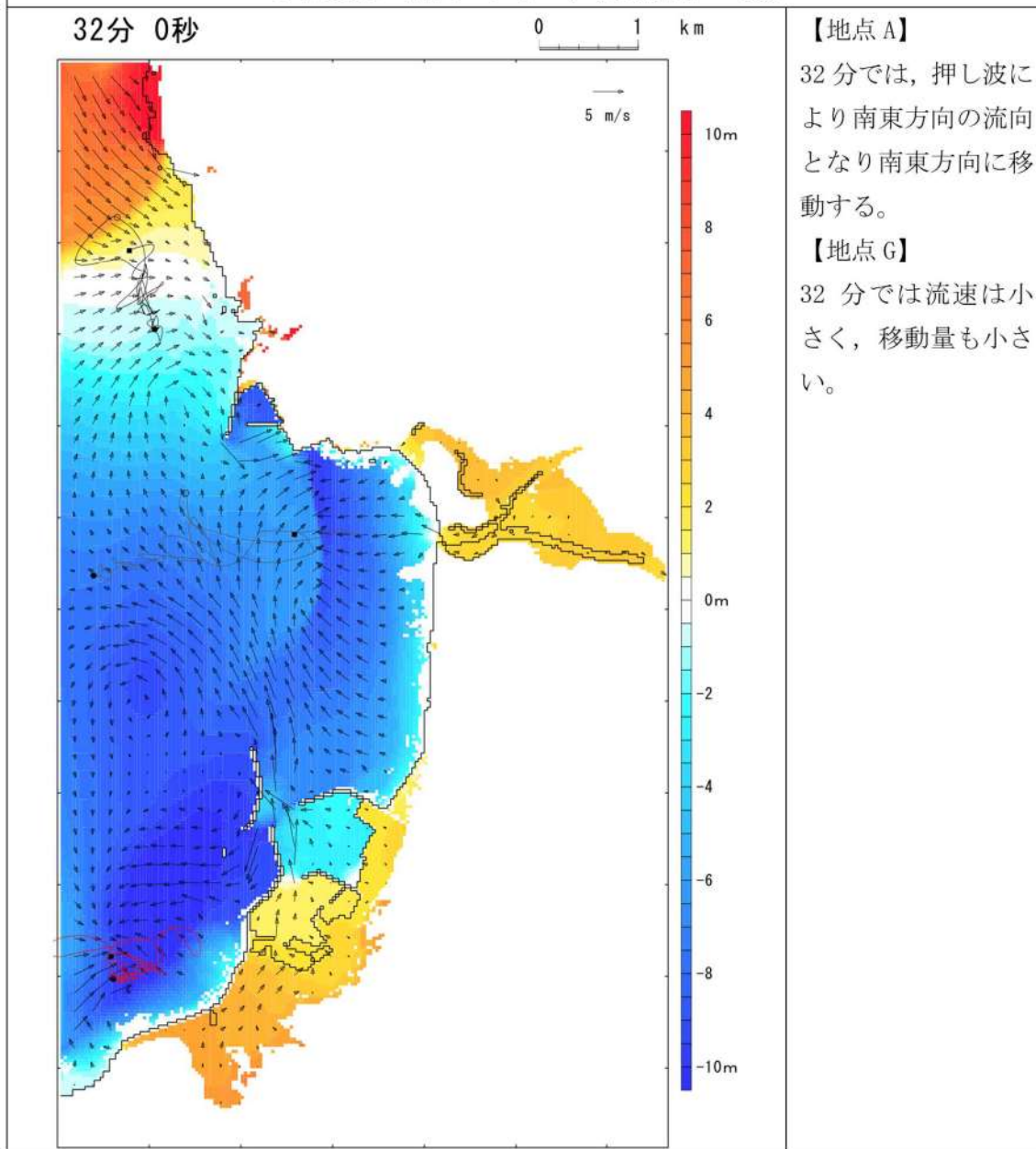
水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の考察



凡例 ——— : 地点Aの軌跡 ——— : 地点Gの軌跡 ——— : 地点Cの軌跡
 ■ : 始点 ● : 終点 ○ : ある時刻における軌跡の位置

第4-15 図 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果
 (波源K (防波堤損傷なし))

水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の考察

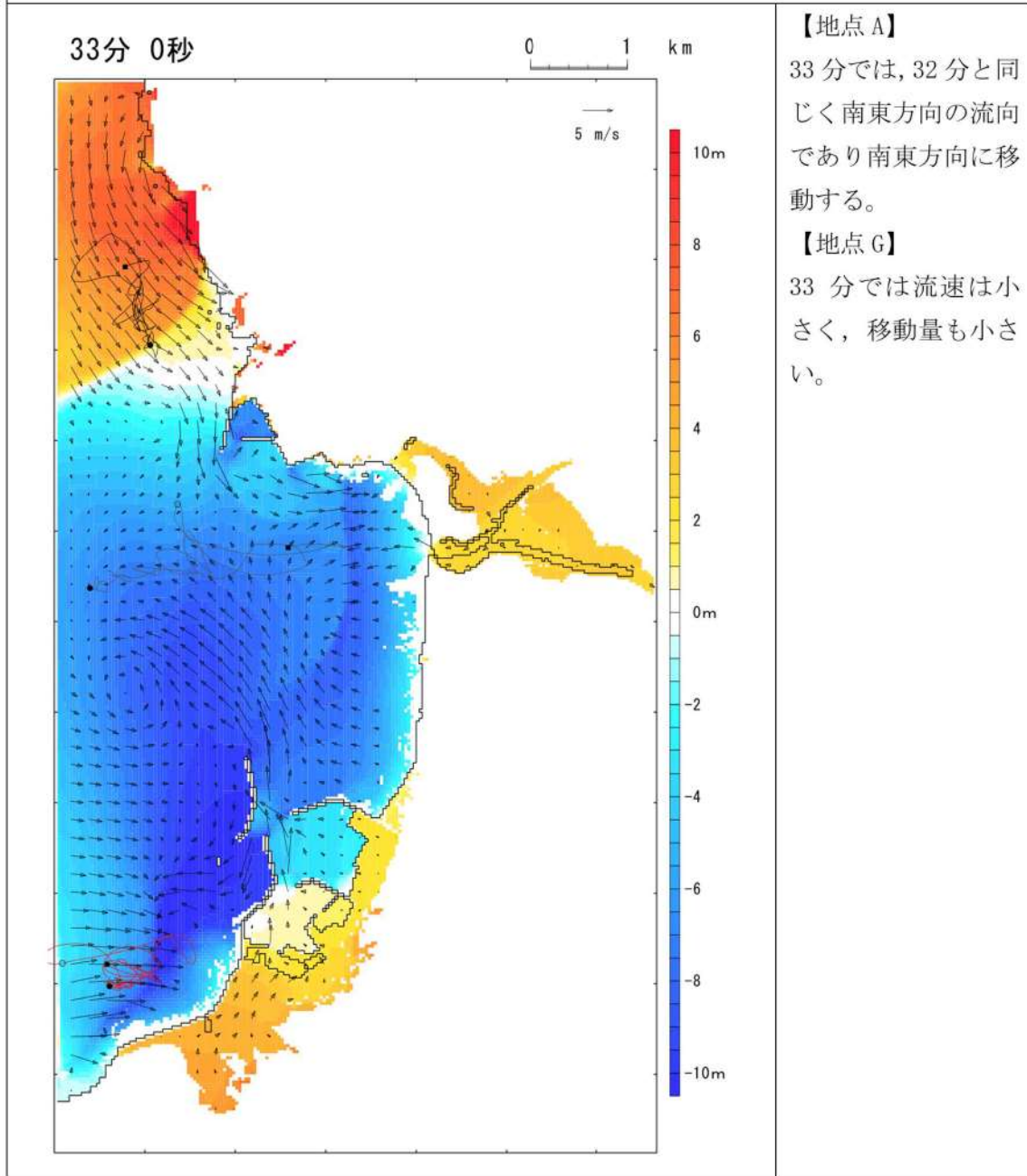


※30, 31分は同様の傾向のため省略。

凡例 ——— : 地点Aの軌跡 ——— : 地点Gの軌跡 ——— : 地点Cの軌跡
 ■ : 始点 ● : 終点 ○ : ある時刻における軌跡の位置

第4-16 図 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果
 (波源K (防波堤損傷なし))

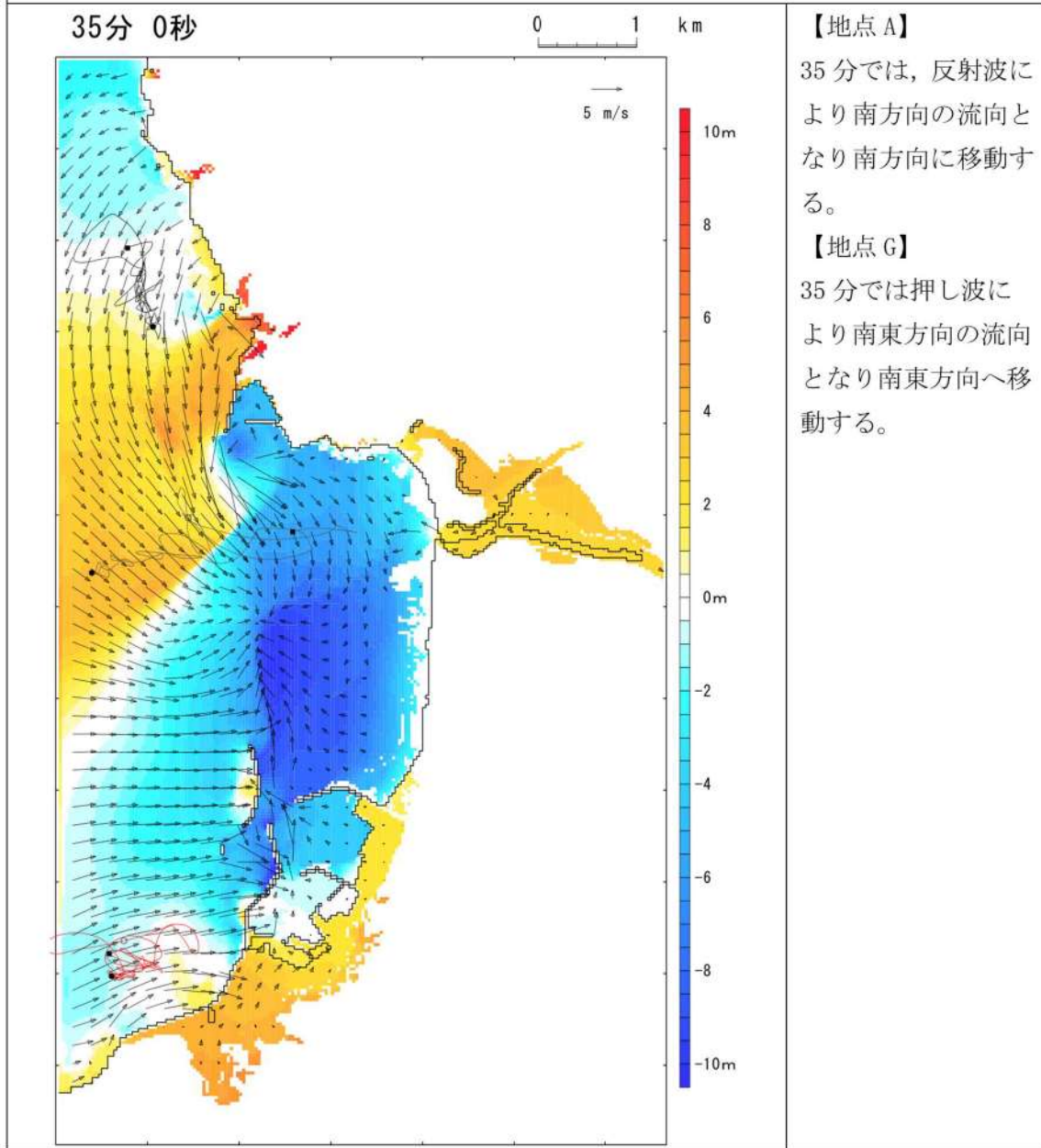
水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の考察



凡例 ——— : 地点Aの軌跡 ——— : 地点Gの軌跡 ——— : 地点Cの軌跡
 ■ : 始点 ● : 終点 ○ : ある時刻における軌跡の位置

第4-17図 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果
 (波源K (防波堤損傷なし))

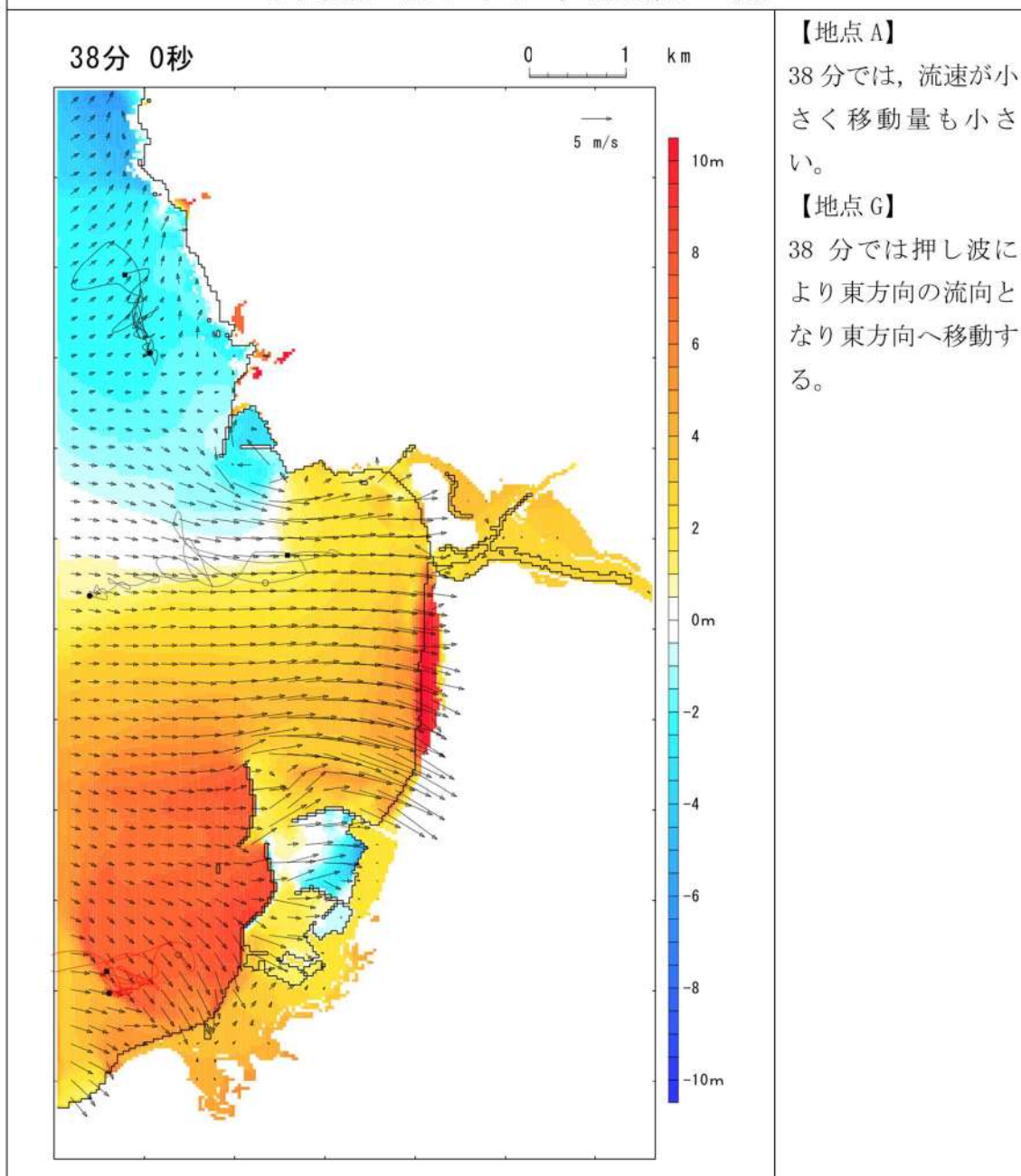
水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の考察



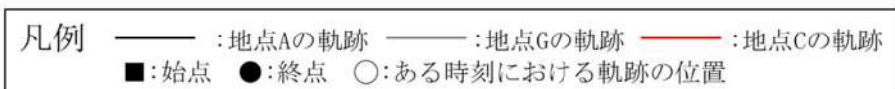
凡例 ———— : 地点Aの軌跡 ———— : 地点Gの軌跡 ———— : 地点Cの軌跡
 ■ : 始点 ● : 終点 ○ : ある時刻における軌跡の位置

第4-18 図 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果
 (波源K (防波堤損傷なし))

水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の考察

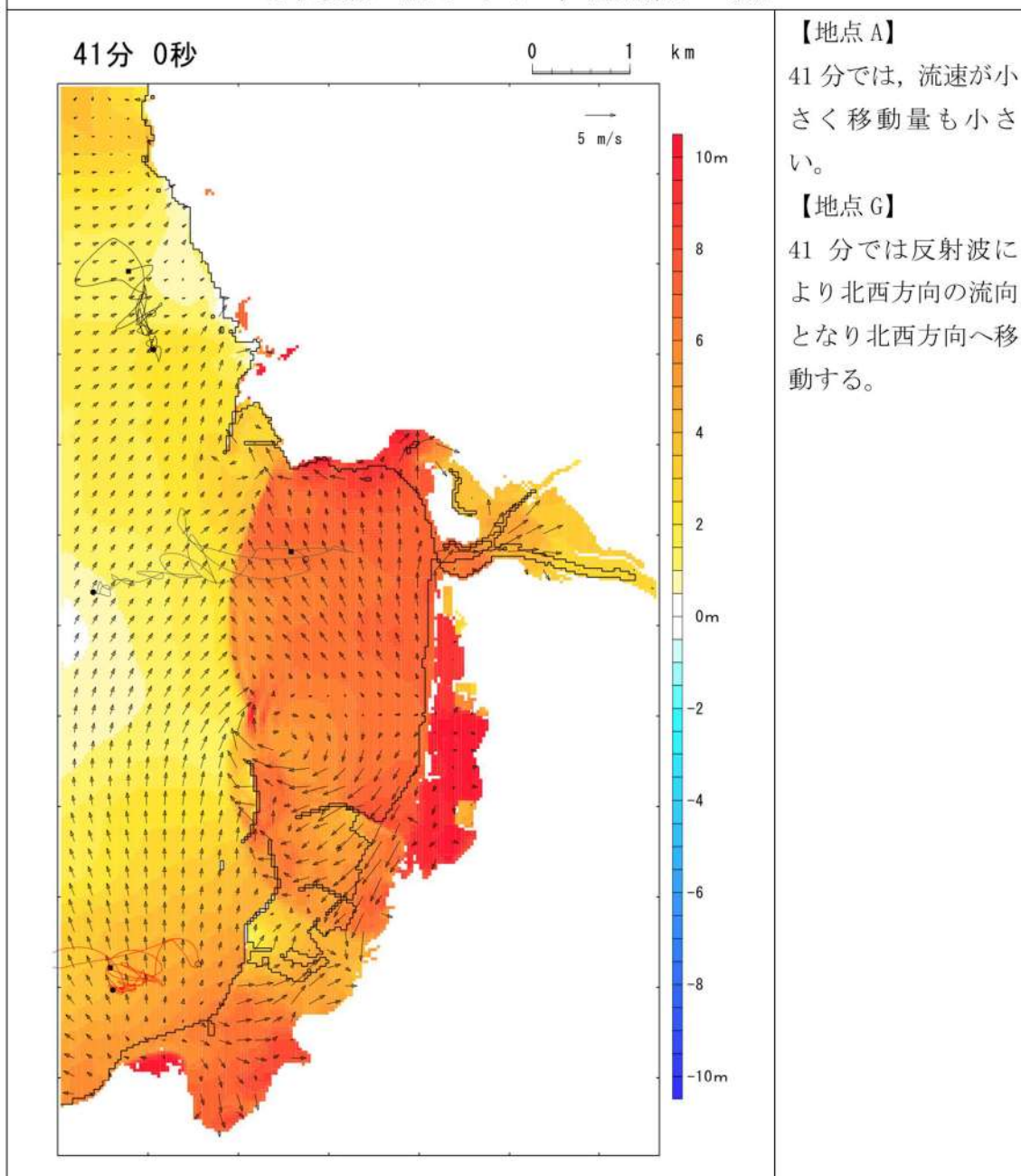


※36, 37分は同様の傾向であり省略する。

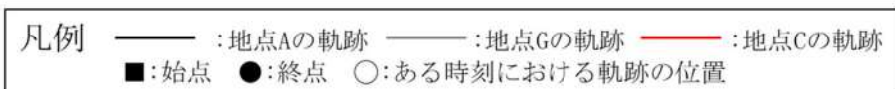


第4-19 図 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果
(波源K (防波堤損傷なし))

水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の考察

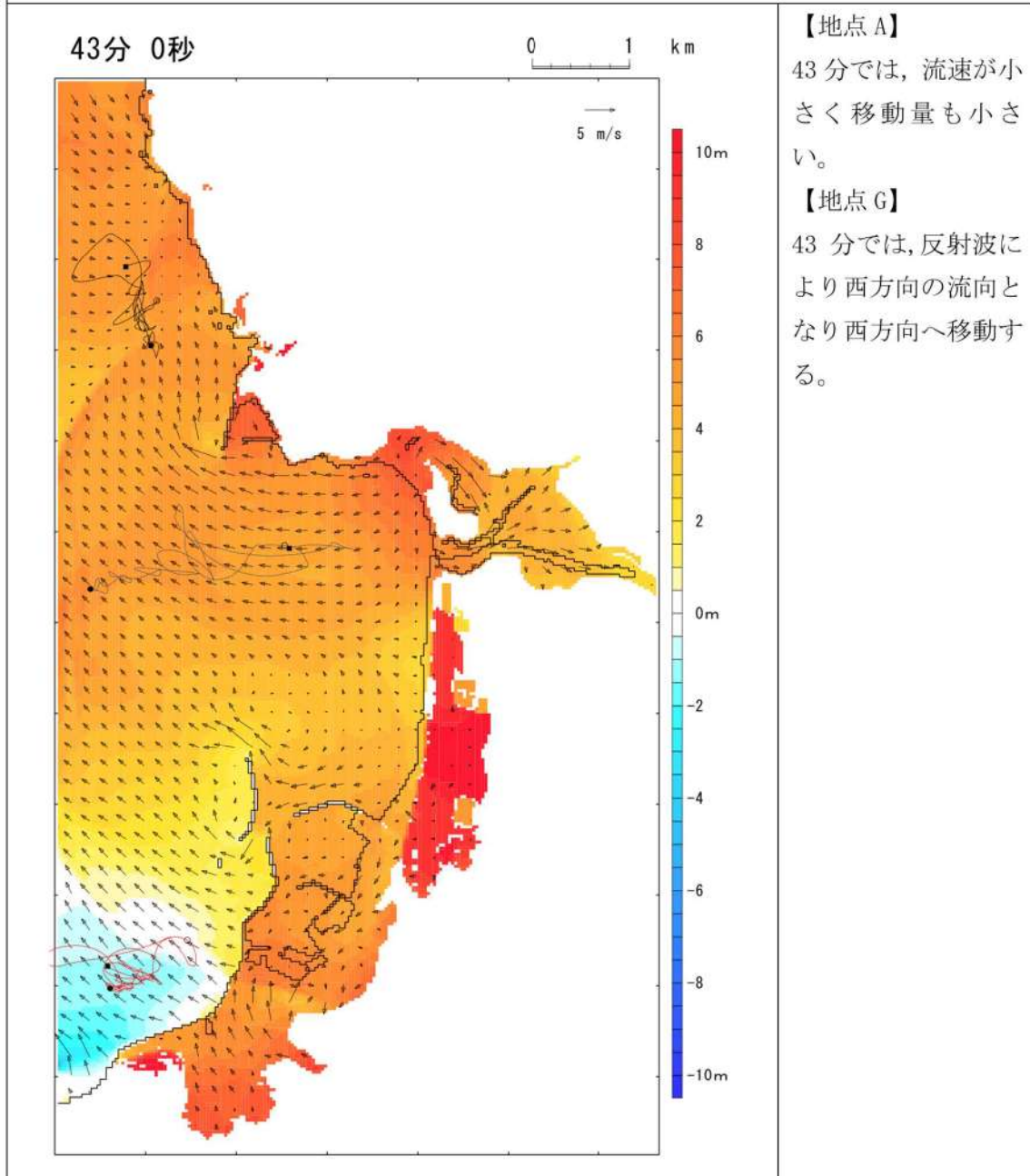


※39, 40分は同様の傾向であり省略する。

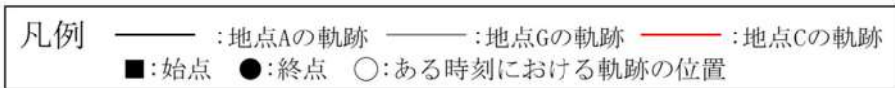


第4-20 図 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果
(波源K (防波堤損傷なし))

水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の考察

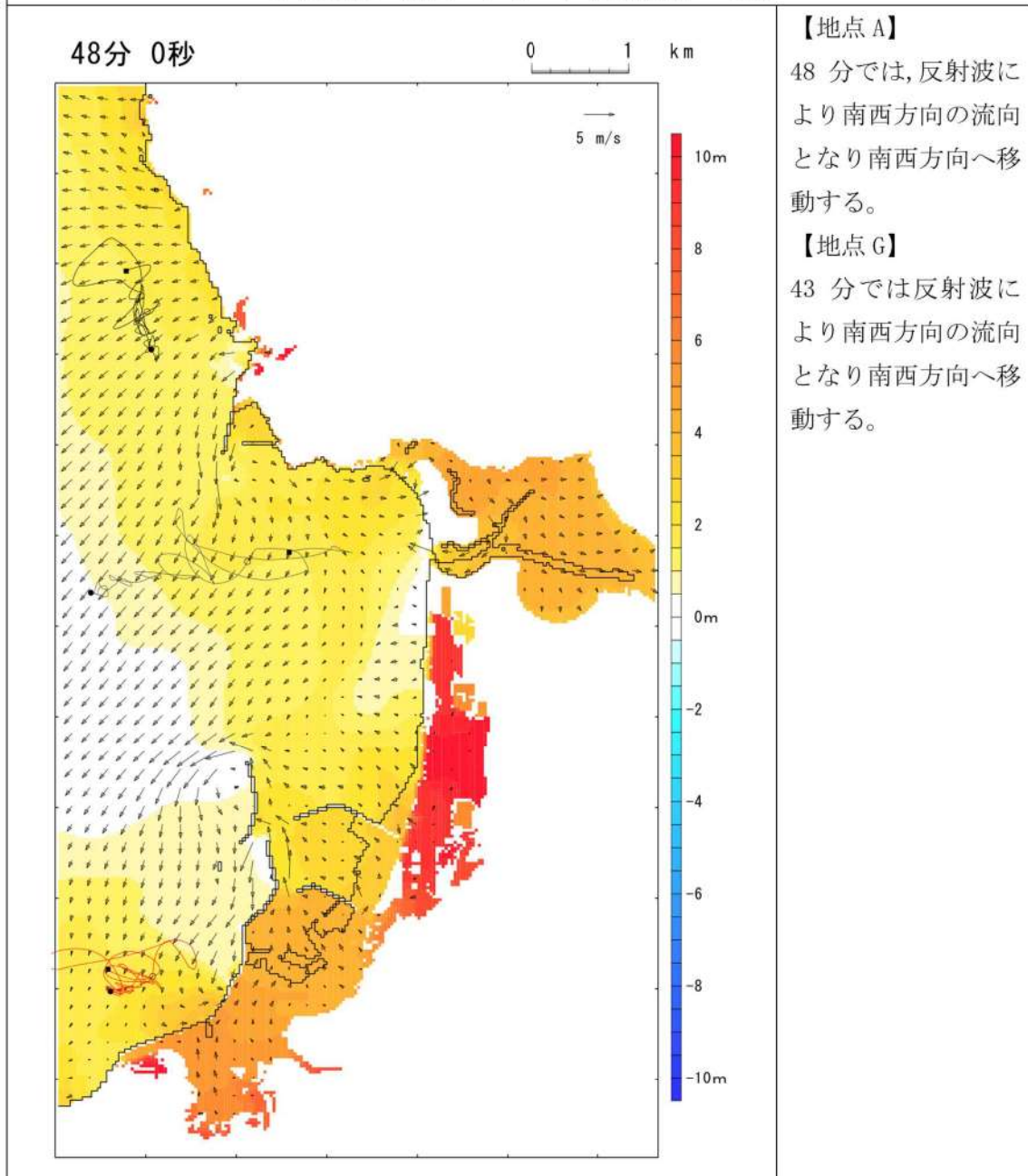


※42分は同様の傾向であり省略する

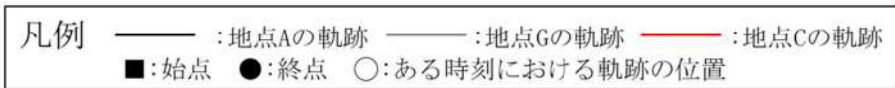


第4-21図 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果
(波源K (防波堤損傷なし))

水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の考察

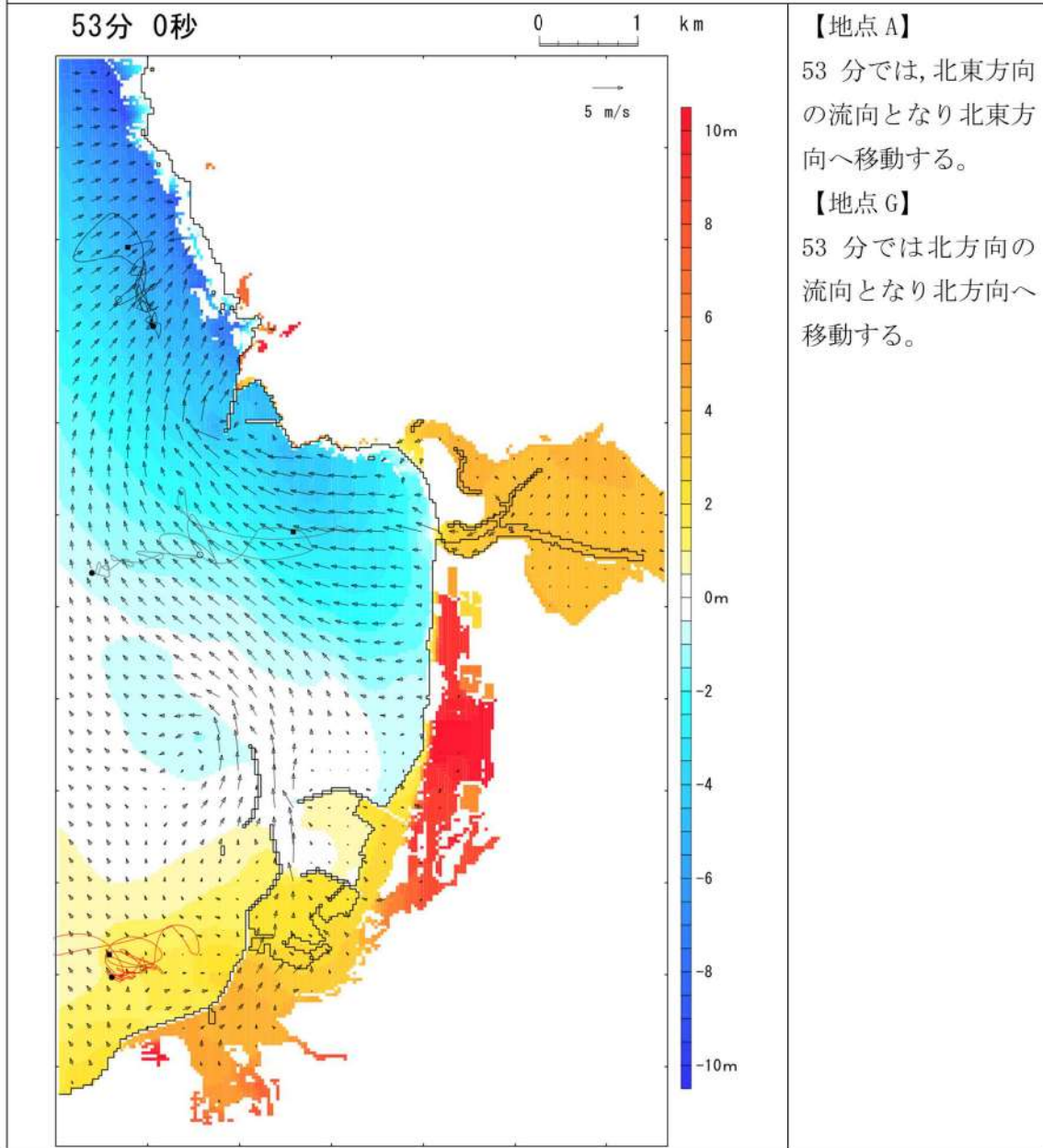


※43～47分は同様の傾向であり省略する。



第4-22 図 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果
(波源K (防波堤損傷なし))

水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の考察

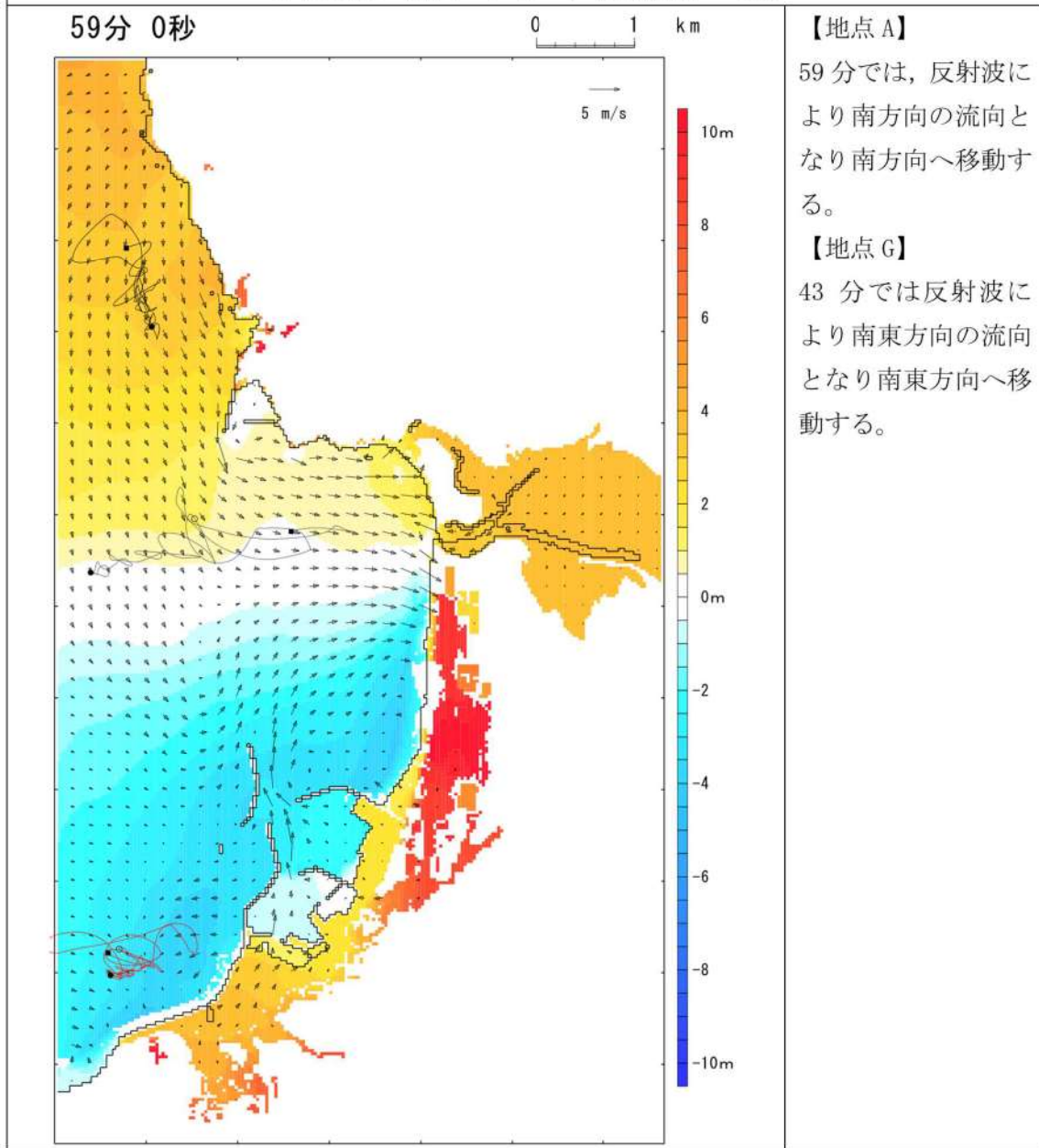


※50～53分は同様の傾向であり省略する。

凡例	——	: 地点Aの軌跡	——	: 地点Gの軌跡	——	: 地点Cの軌跡
	■	: 始点	●	: 終点	○	: ある時刻における軌跡の位置

第4-23 図 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果
(波源K (防波堤損傷なし))

水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の考察

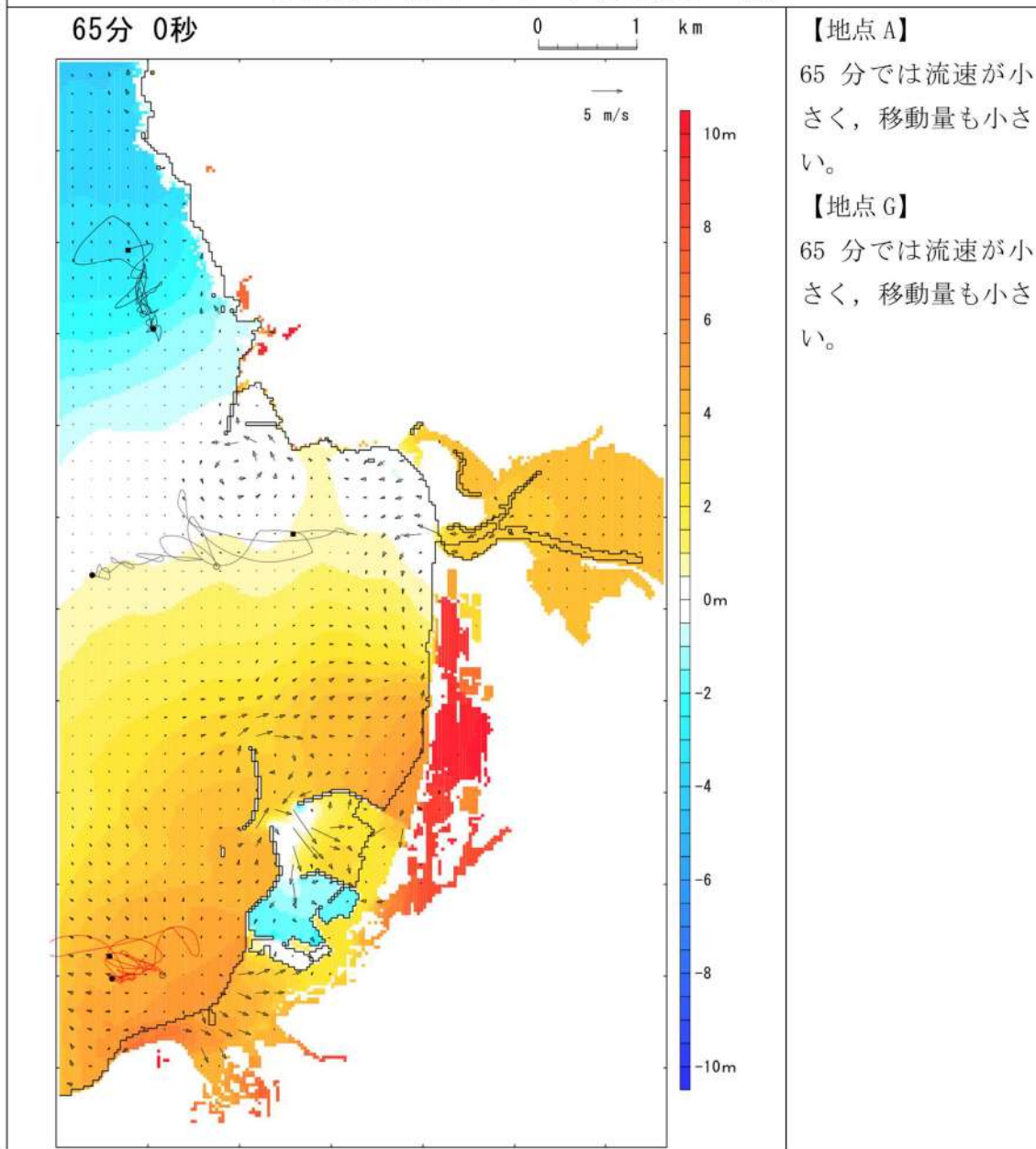


※54～58分は同様の傾向であり省略する。

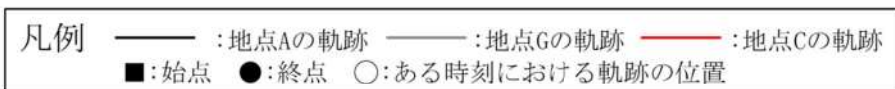
凡例 ——— : 地点Aの軌跡 ——— : 地点Gの軌跡 ——— : 地点Cの軌跡
 ■ : 始点 ● : 終点 ○ : ある時刻における軌跡の位置

第4-24 図 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果
 (波源K (防波堤損傷なし))

水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の考察

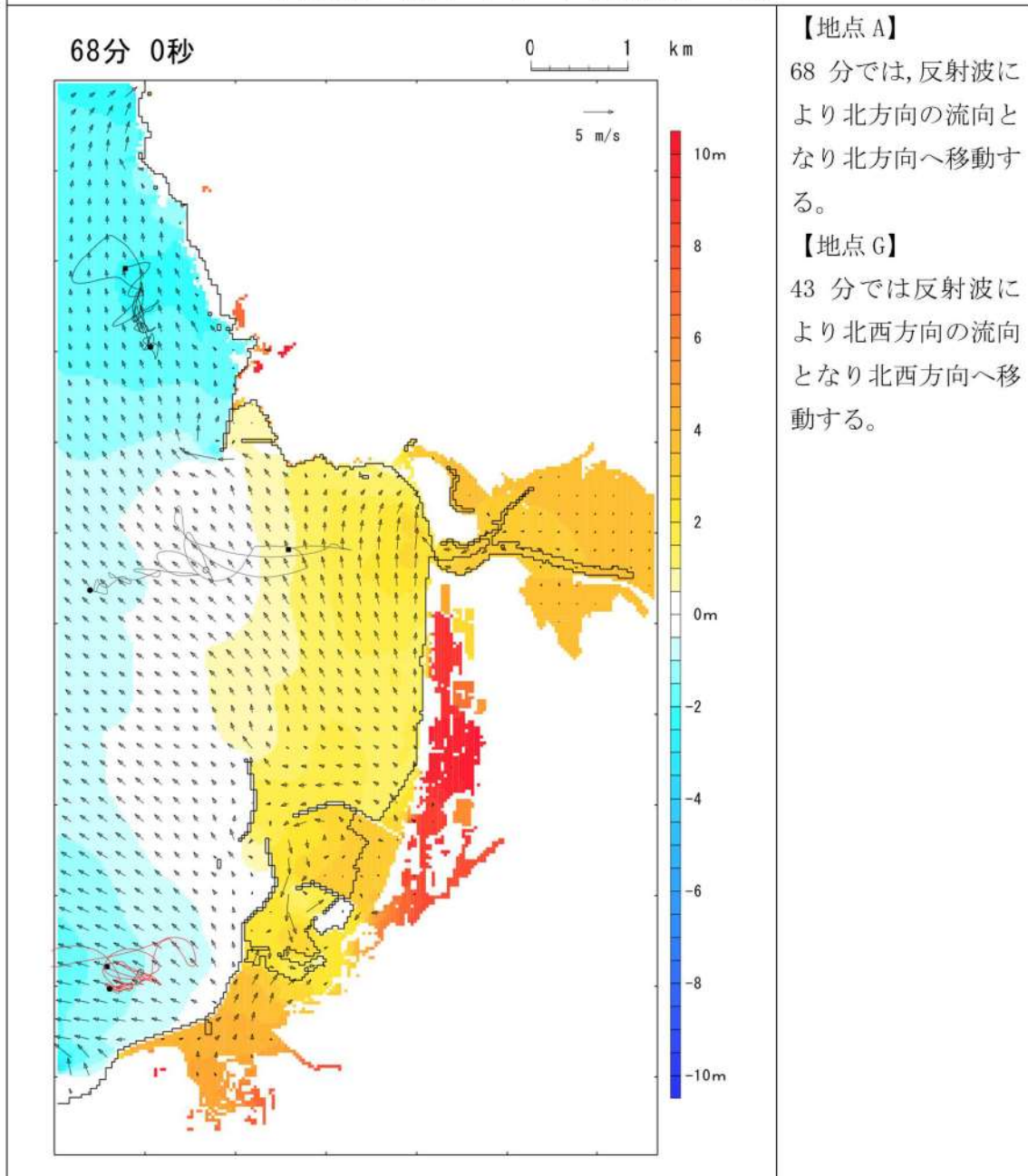


※60～64分は同様の傾向であり省略する。

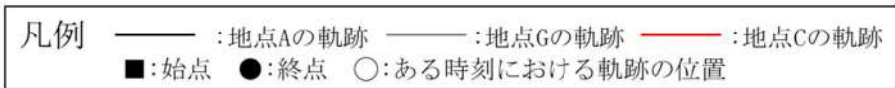


第4-25 図 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果
(波源K (防波堤損傷なし))

水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の考察

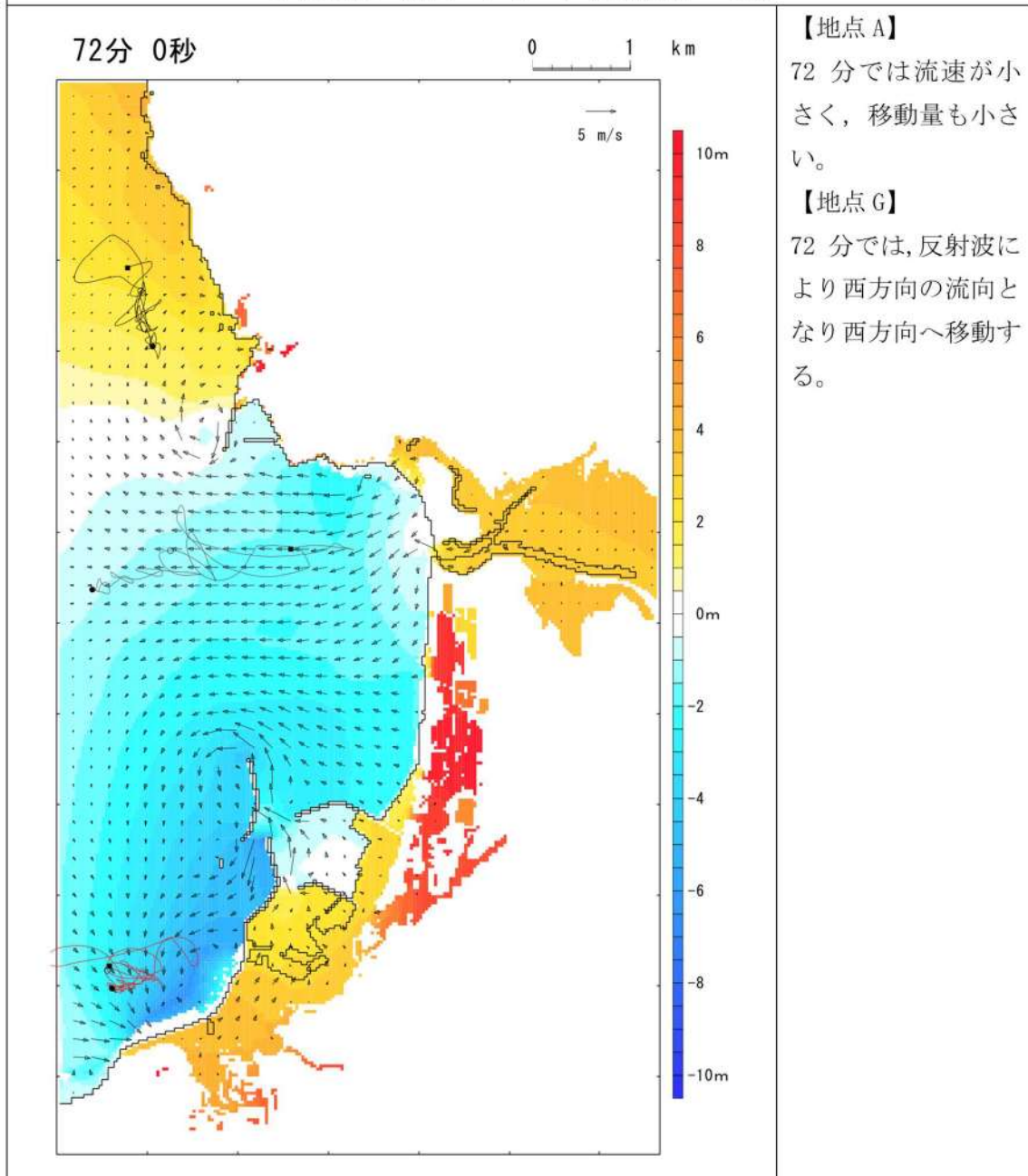


※66, 67 分は同様の傾向であり省略する。



第 4-26 図 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果
(波源 K (防波堤損傷なし))

水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の考察



※69～71分は同様の傾向であり省略する。また，73分以降は，サイト周辺の流速が小さく，大きく移動する時間帯がないため省略する。

凡例 ——— : 地点Aの軌跡 ——— : 地点Gの軌跡 ——— : 地点Cの軌跡
 ■ : 始点 ● : 終点 ○ : ある時刻における軌跡の位置

第4-27図 水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果
 (波源K (防波堤損傷なし))