

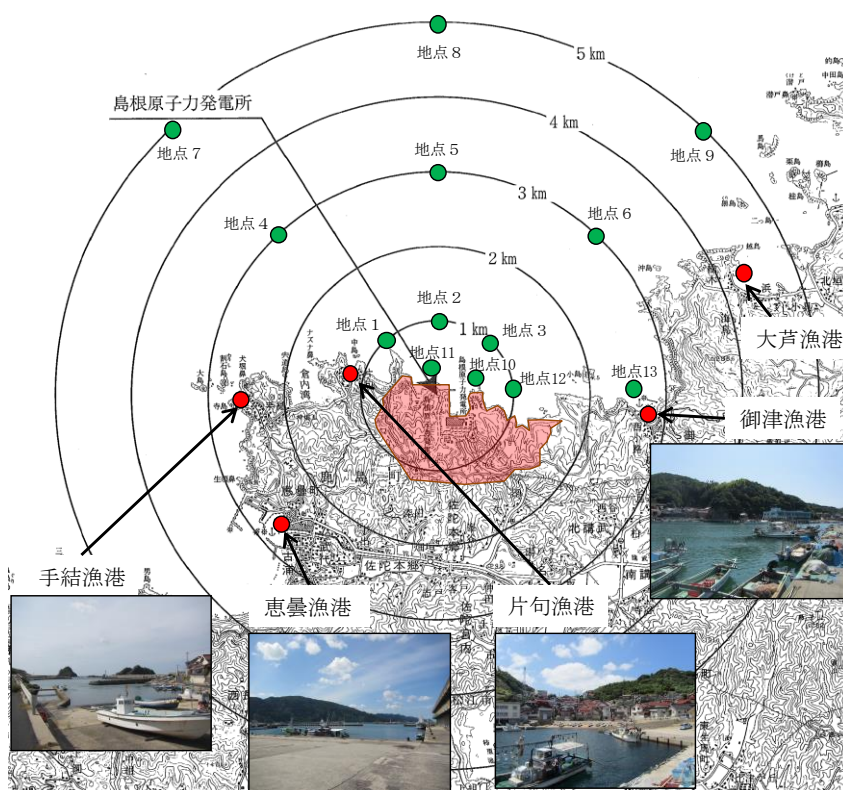
さらに、津波の平面二次元解析から求まる流向及び流速により仮想的な浮遊物が辿る経路を確認することで、より詳細に基準津波の流向及び流速の特徴が把握できるため、仮想的な浮遊物の軌跡解析※を基準津波1～6について実施した。

仮想的な浮遊物の移動開始位置については、日本海側に面している島根原子力発電所の敷地形状を踏まえ、敷地前面の9カ所（地点1～9）に加え、周辺漁港の位置や漁船の航行等を考慮し、4カ所（地点10～13）を設定した。計13カ所の仮想的な浮遊物の移動開始位置を第2.5-14図に示す。

解析時間については、基準津波の解析時間と同様、日本海東縁部に想定される地震による津波は6時間、海域活断層に想定される地震による津波は、3時間とした。基準津波による軌跡解析結果を第2.5-15図に示す。

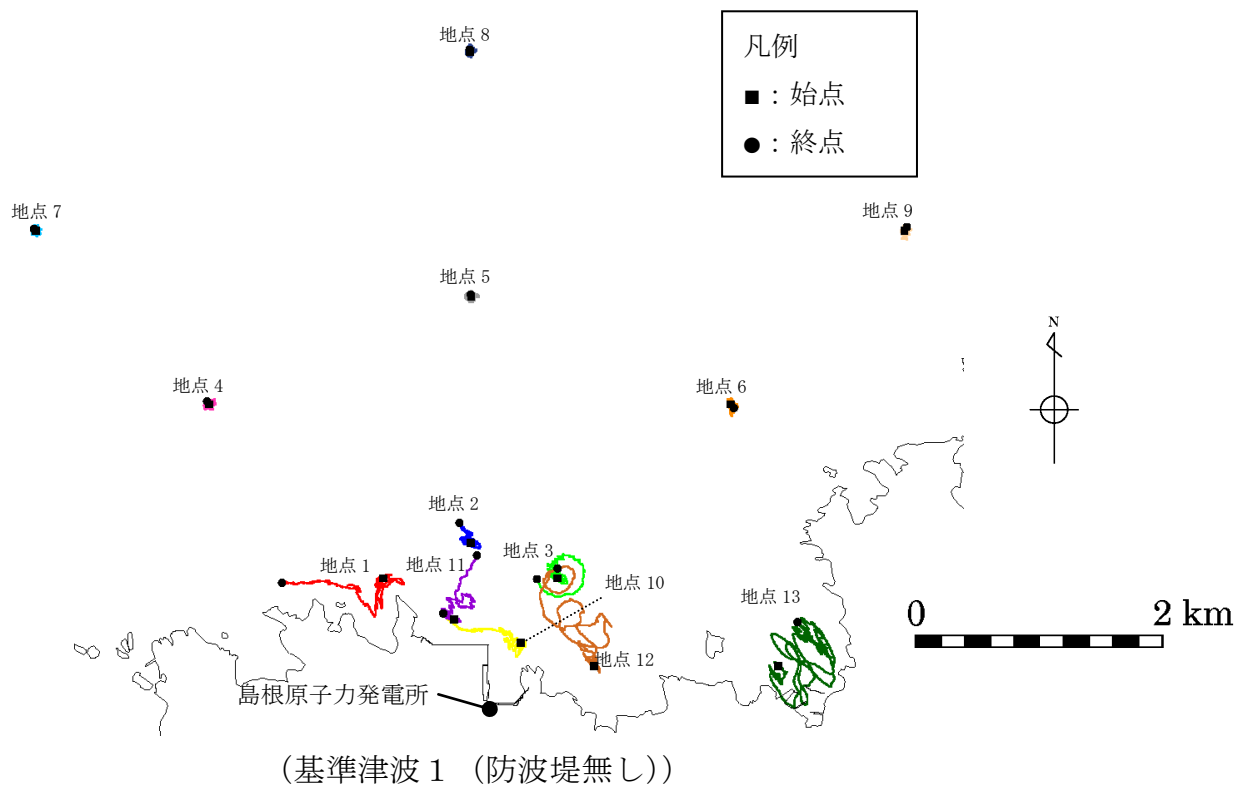
軌跡解析の結果、基準津波の特性で示した特徴と同様、3 km及び5 kmの地点（地点4～9）において仮想的な浮遊物は、初期位置からほとんど移動しないことが確認された。

なお、軌跡解析は津波の平面二次元解析から求まる流向及び流速により仮想的な浮遊物が移動する経路（軌跡）を示したものであり、漂流物の挙動と仮想的な浮遊物の軌跡が完全に一致するものではないが、仮想的な浮遊物の軌跡は漂流物の挙動と比較して敏感であり、漂流物の影響を評価する上で重要な漂流物の移動に係る傾向把握の参考情報として用いることができると考える。

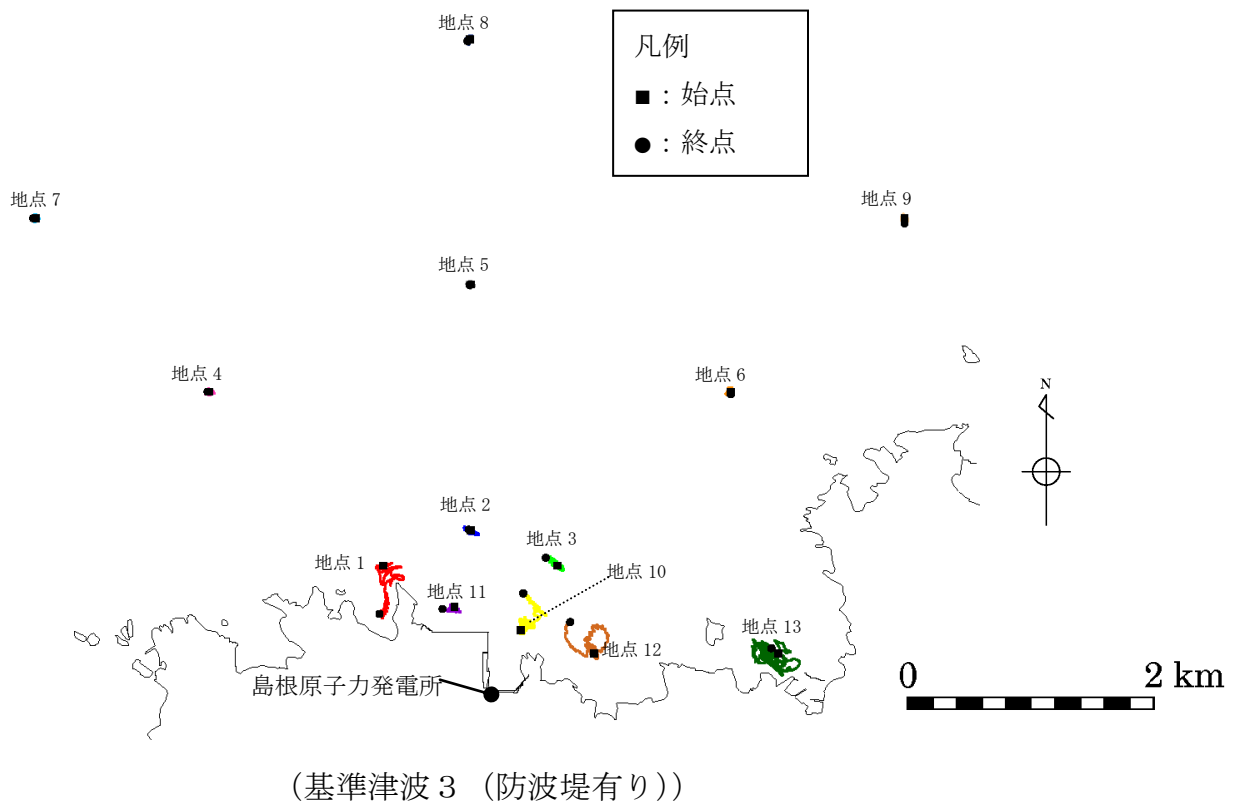
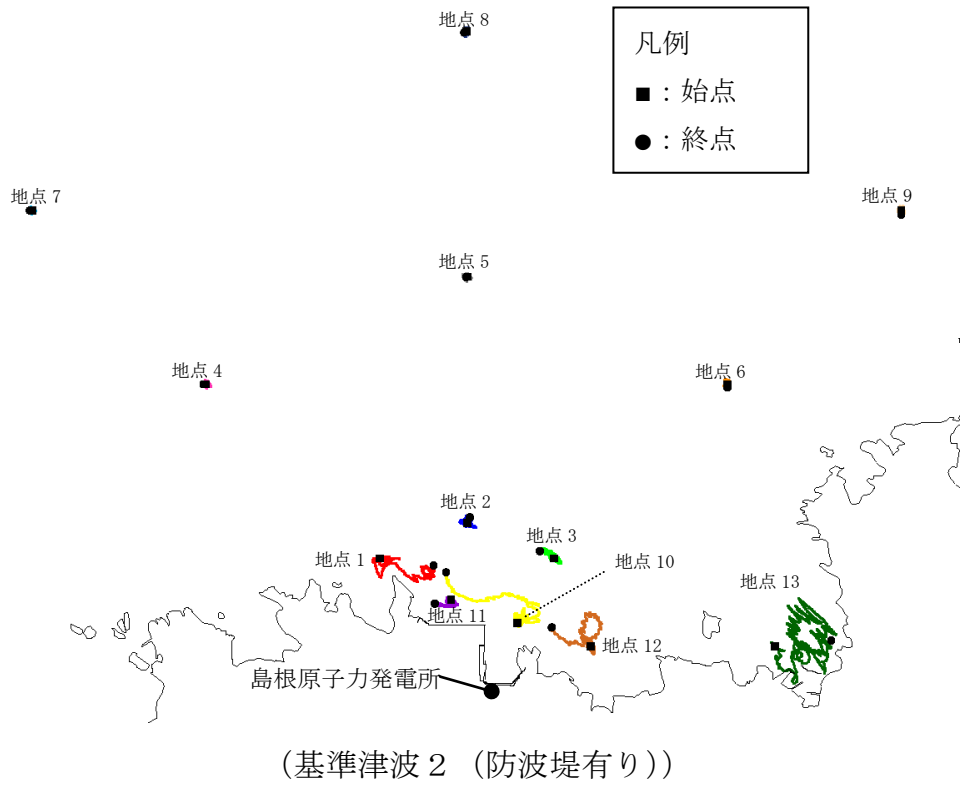


第2.5-14図 仮想的な浮遊物の移動開始位置

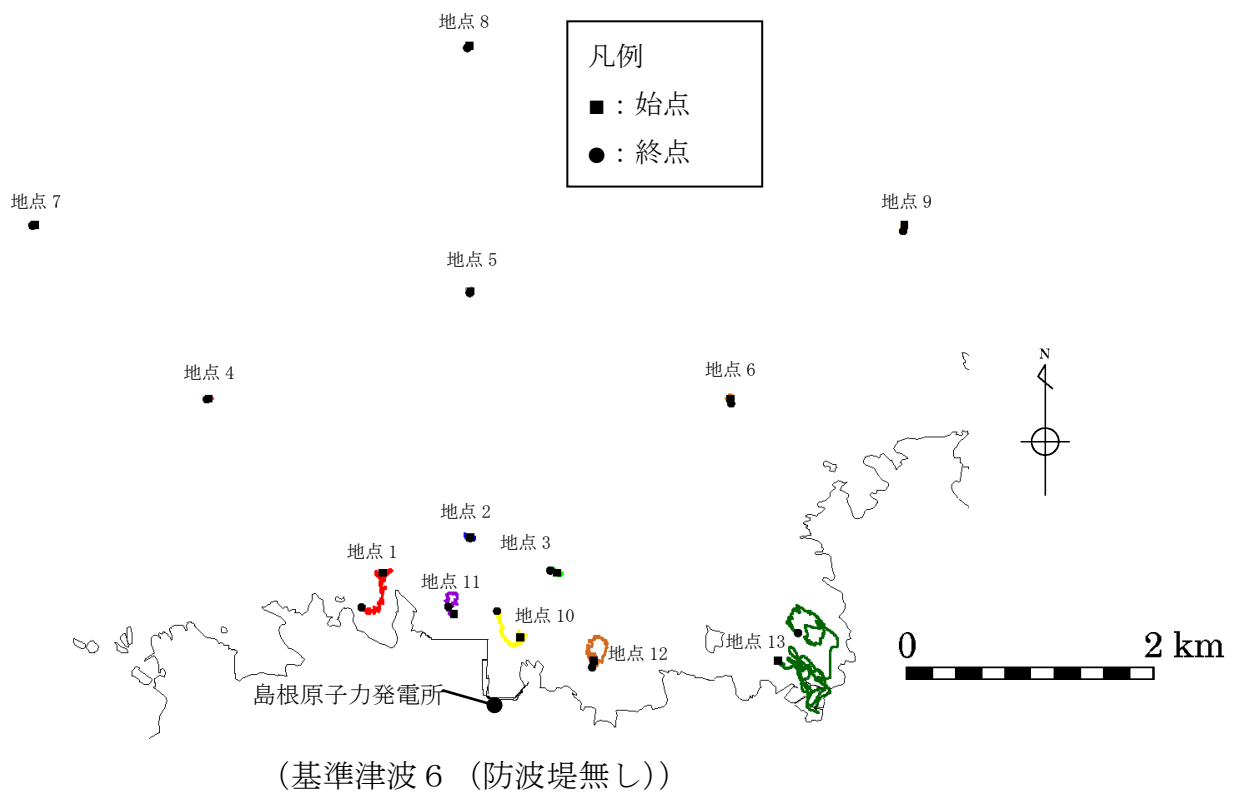
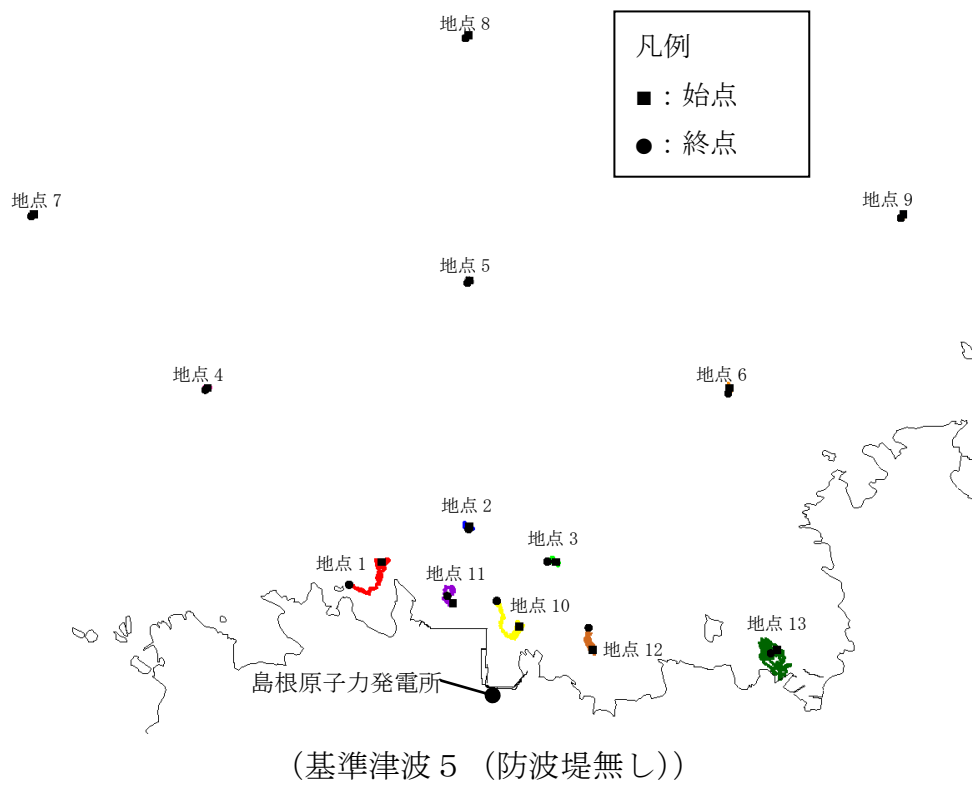
※ 津波解析から求まる流向流速をもとに、質量を持たず、抵抗を考慮しない仮想的な浮遊物が、海表面を移動する軌跡を示す解析。



第 2.5-15-1 図 軌跡解析結果



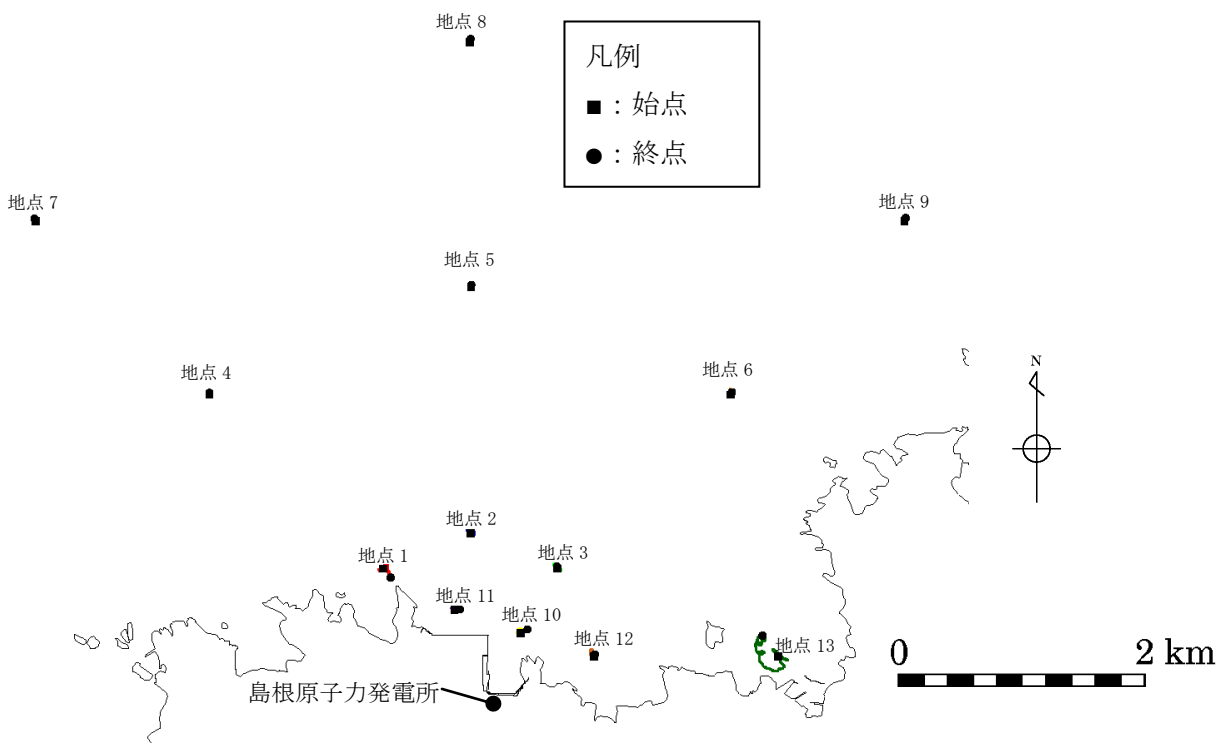
第 2.5-15-2 図 軌跡解析結果



第 2.5-15-3 図 軌跡解析結果



(基準津波 4 (防波堤有り))



(基準津波 4 (防波堤無し))

第 2.5-15-4 図 軌跡解析結果

b. 漂流物調査範囲の設定

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

前項「②敷地及び敷地周辺に襲来する津波の特性の把握」における基準津波の特徴を踏まえ、日本海東縁部に想定される地震による津波である基準津波1について、第2.5-14図に示す計13の地点において、水位、流向、流速の時系列データを抽出した。なお、日本海東縁部に想定される地震による津波は、第4図に示すとおり、地震発生後、約110分程度から水位が上昇し始め、190分程度で最大水位を示し、230分以降は収束傾向(水位1m以下)となることから、100分から260分の範囲を検討対象とした。

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

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

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

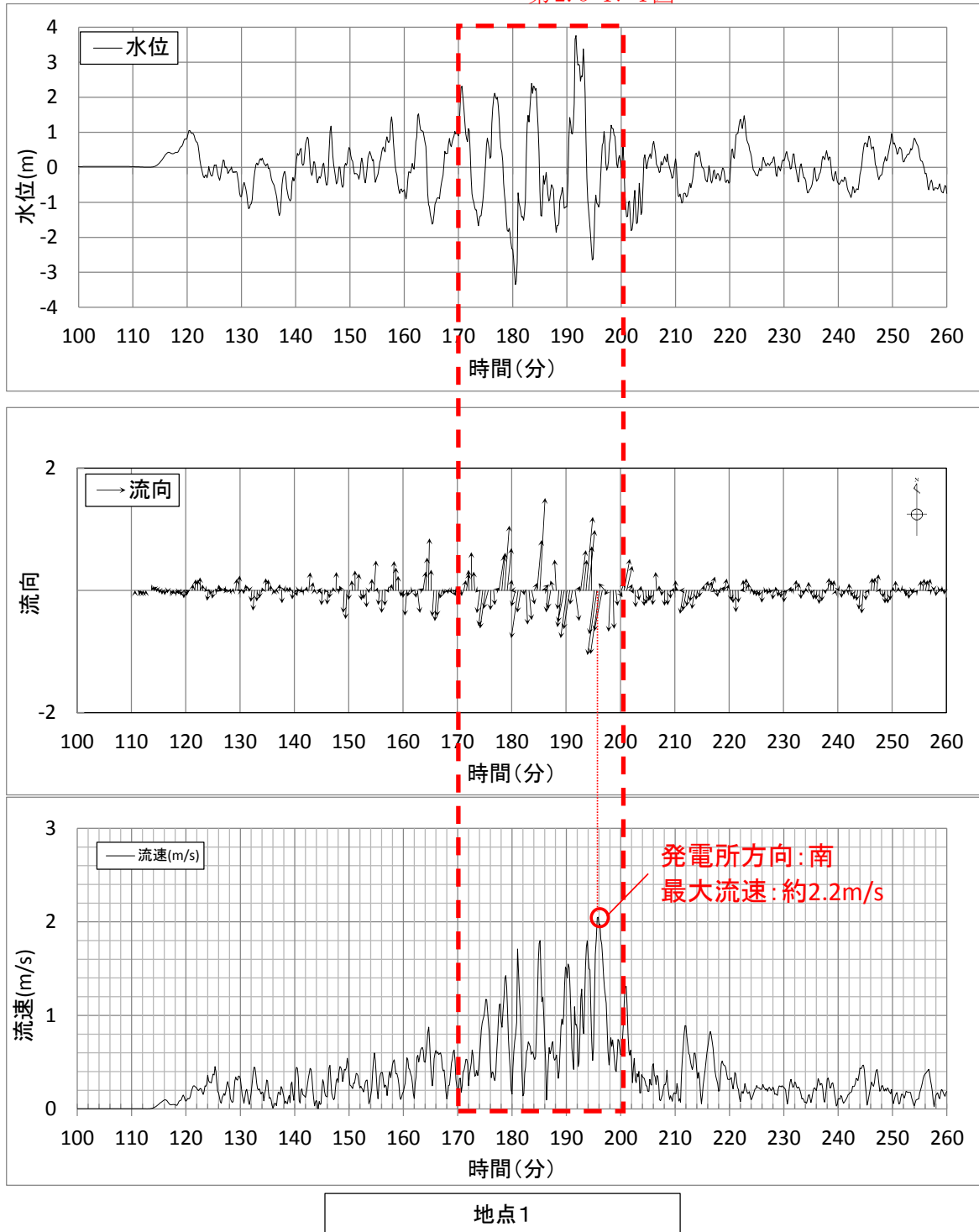
なお、評価においては、その他の基準津波に比べ、基準津波1の流速が比較的速く、また港湾外においては、防波堤有無による有意な影響が見られないこと及び3km、5km地点(地点4～9)においては、仮想的な浮遊物の軌跡解析の結果からも移動量が小さい傾向が確認されたことから、基準津波1における1km圏内の地点1～3、周辺漁港等を考慮した地点10～13を抽出し、そのうち発電所方向に向かう流速が最大となる地点1及び地点13を評価対象とした。

基準津波1における水位、流向、流速を第2.5-16図に示す。

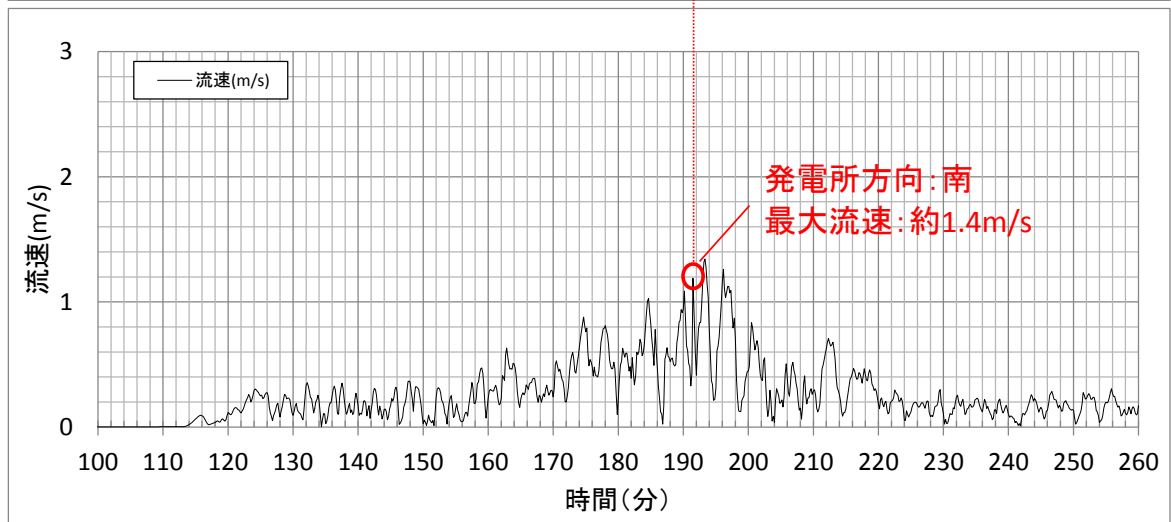
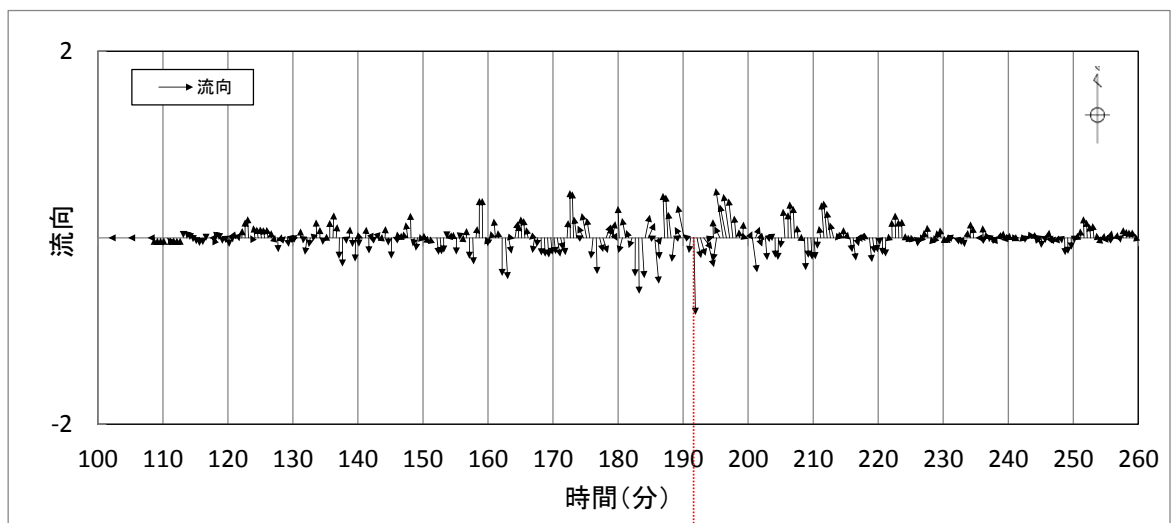
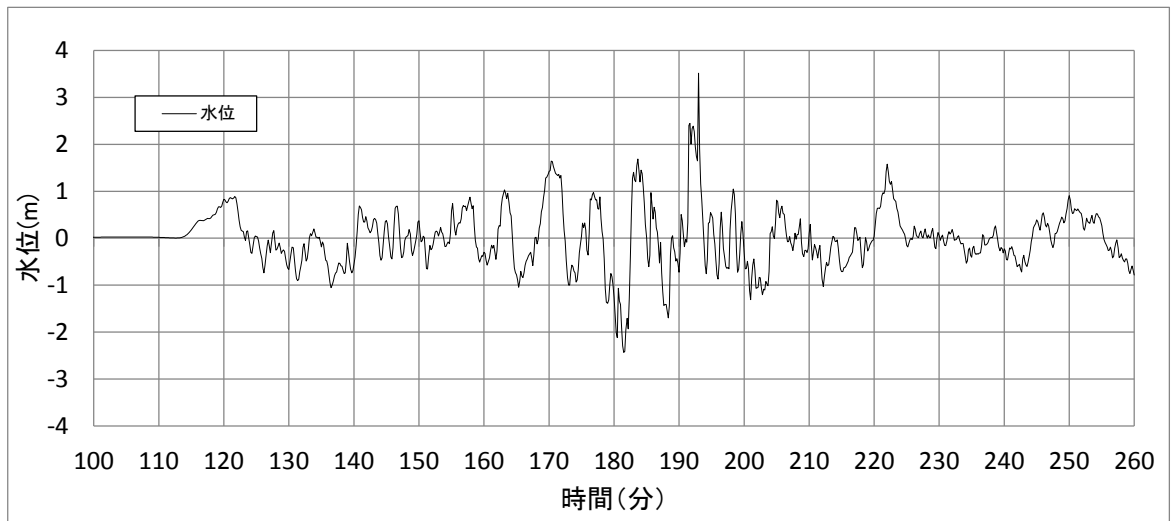
$$\text{移動量} = \text{継続時間} \times 2 \times \text{最大流速}$$

以上の条件において、漂流物の移動量を評価した(第2.5-17図)。評価の結果、抽出地点(地点1)における移動量900mが最大となった。以上により漂流物の移動量が900mとなるが、保守的に半径5kmの範囲を漂流物調査の範囲として設定する。

第2.5-17-1図

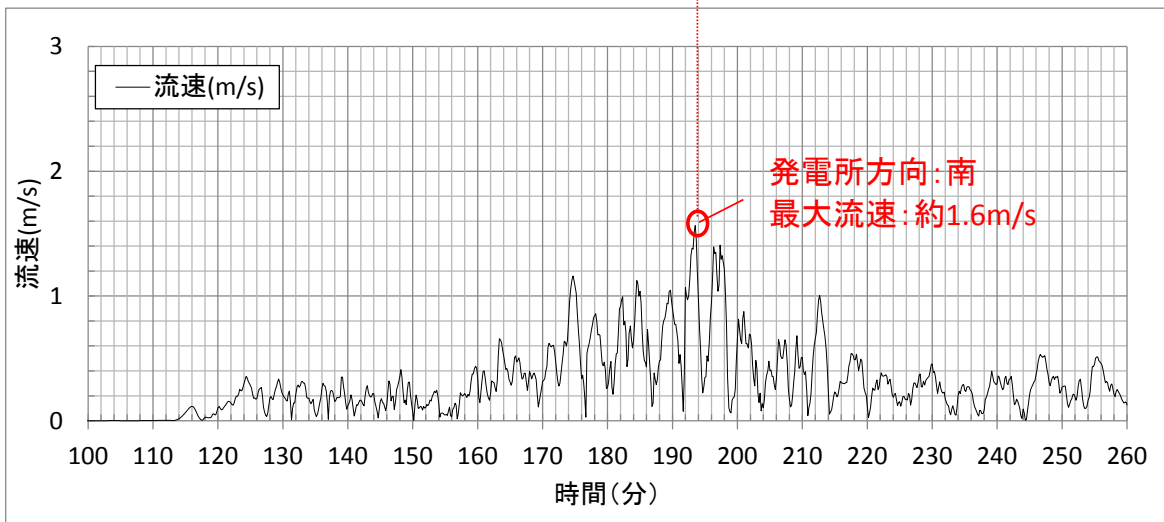
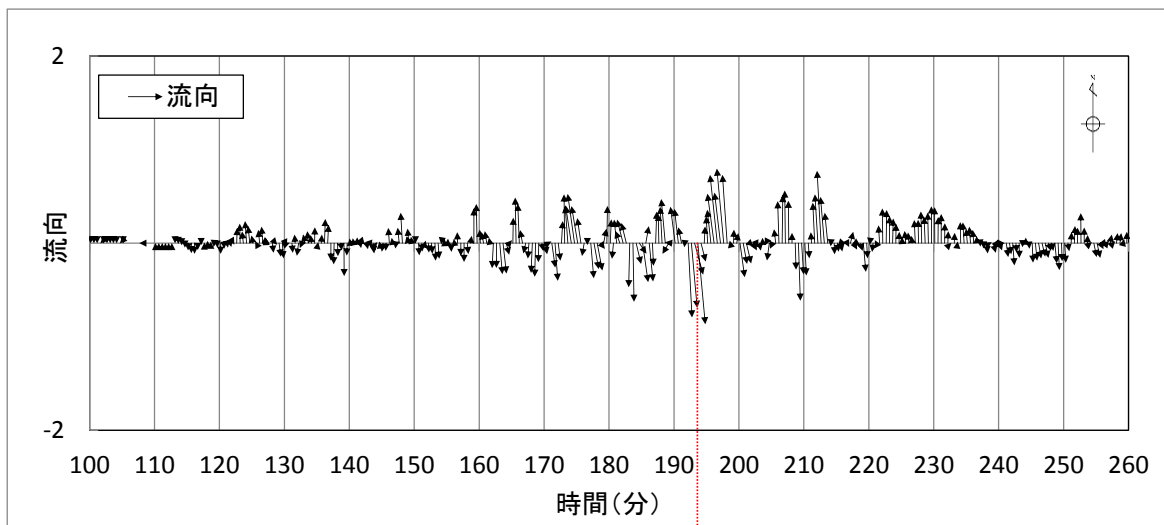
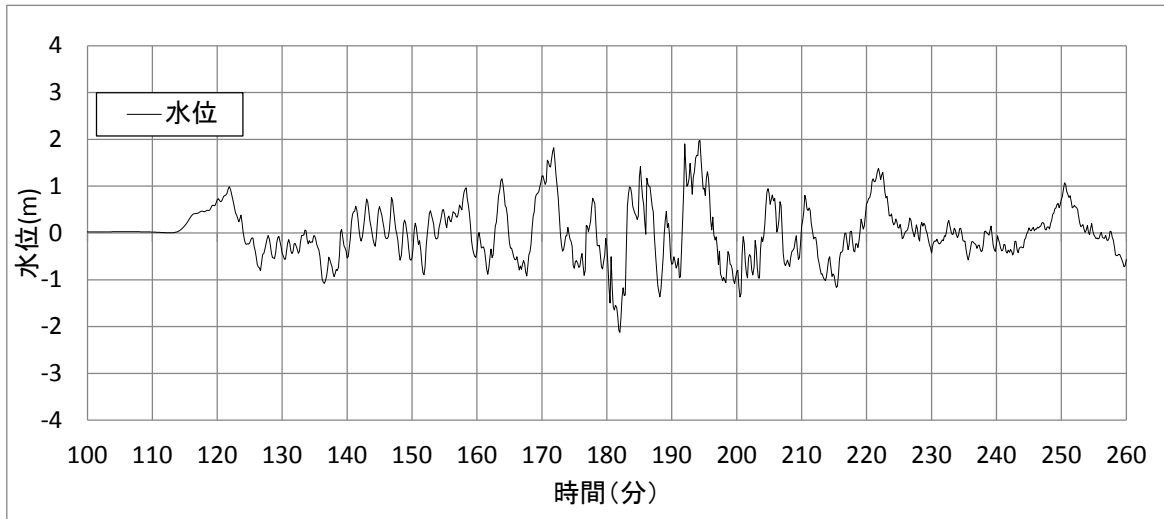


第2.5-16-1図 抽出地点1における水位，流向，流速（基準津波1）



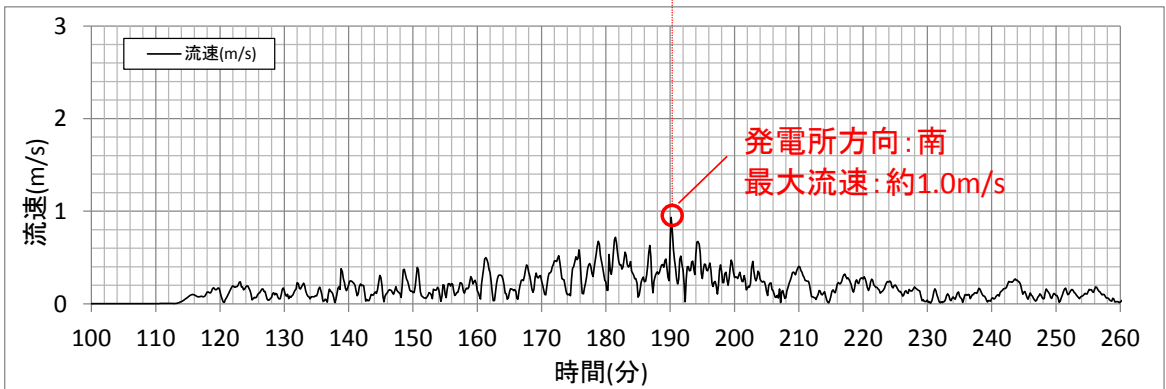
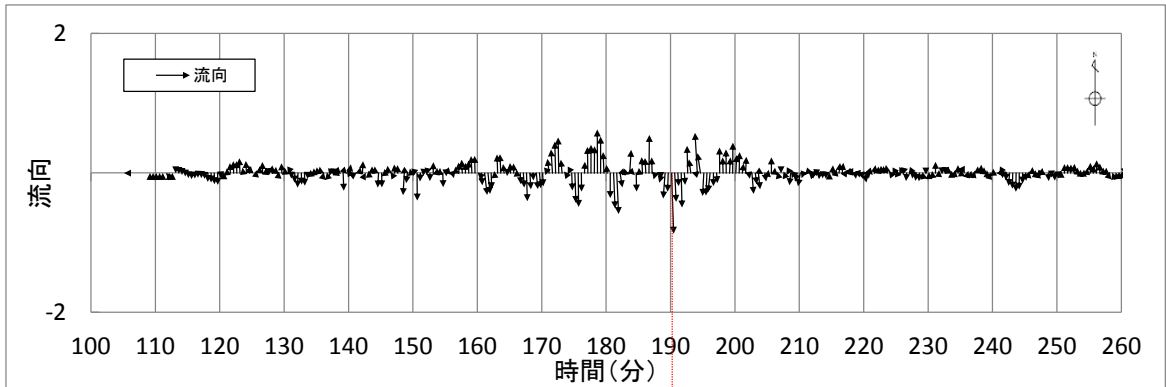
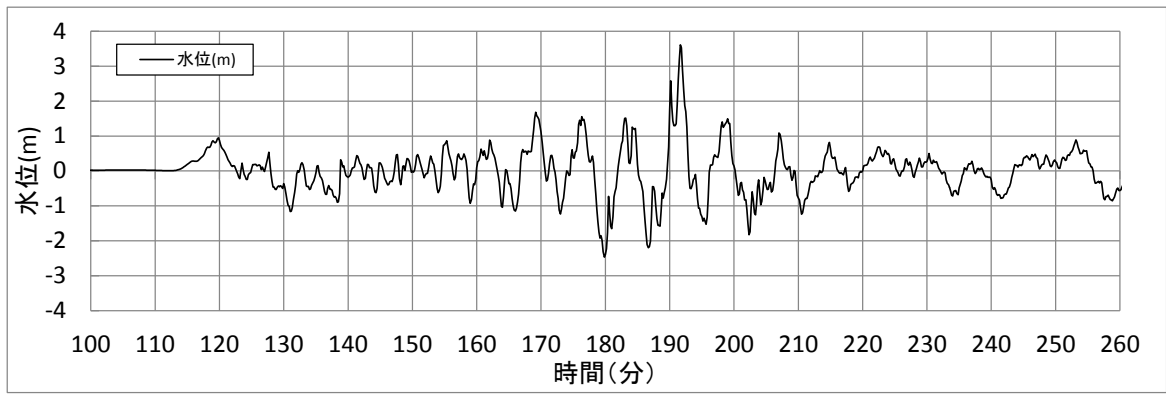
地点2

第 2.5-16-2 図 抽出地点 2 における水位，流向，流速（基準津波 1）



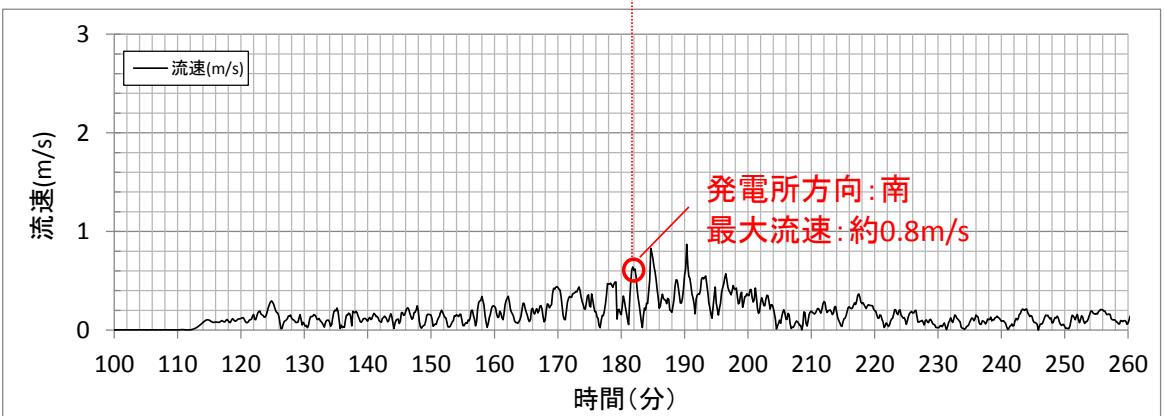
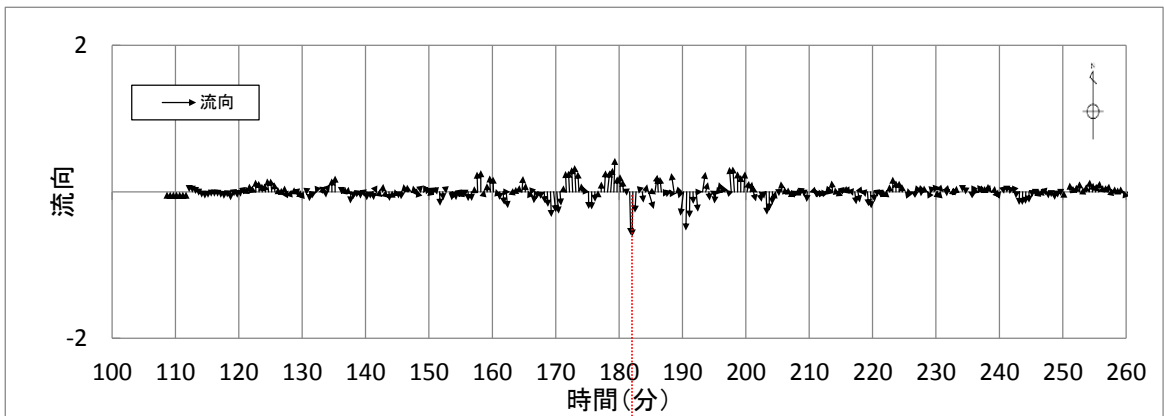
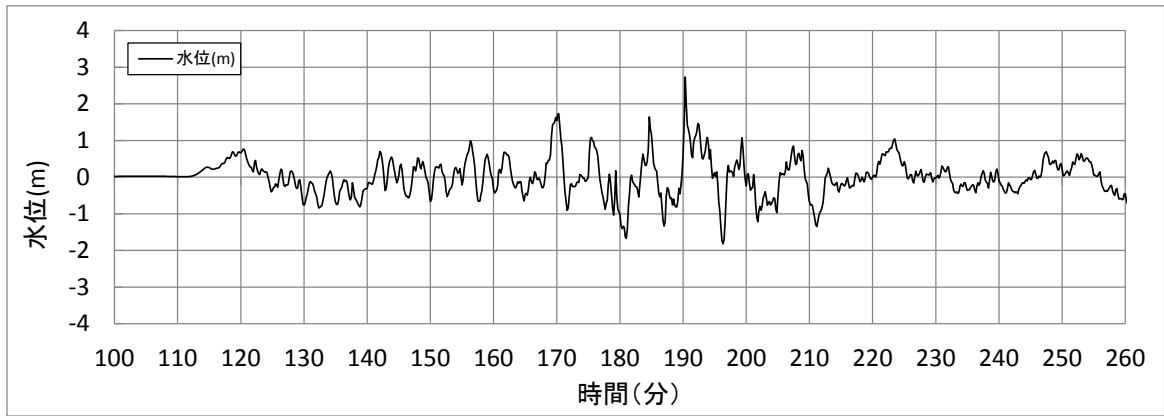
地点3

第 2.5-16-3 図 抽出地点 3 における水位，流向，流速（基準津波 1）



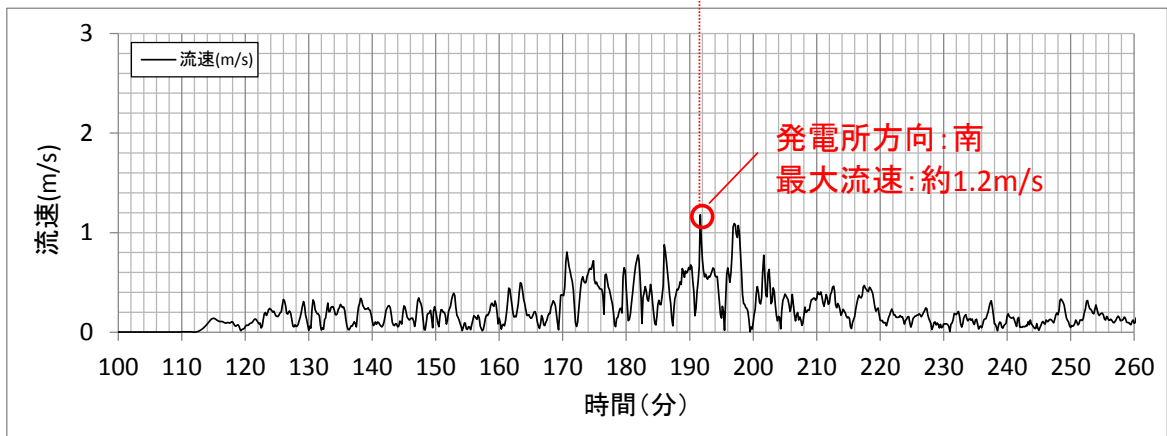
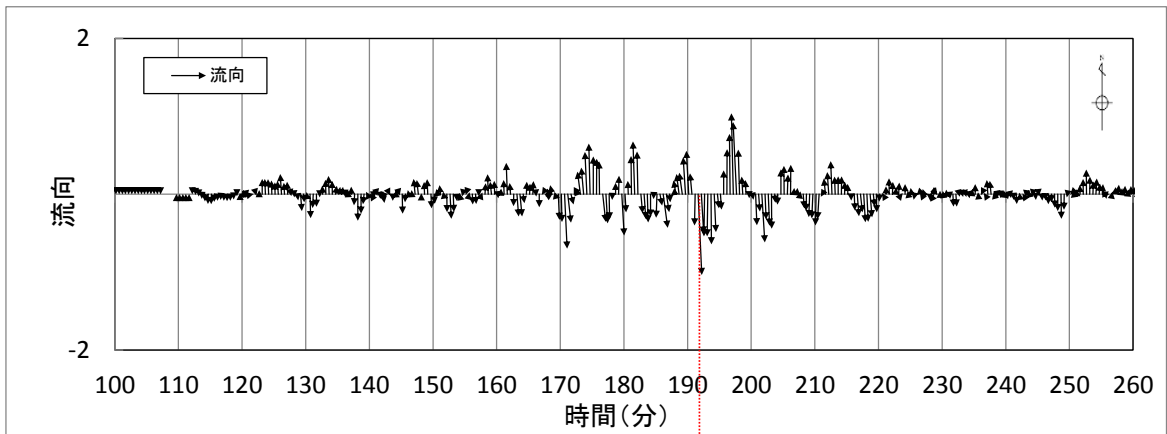
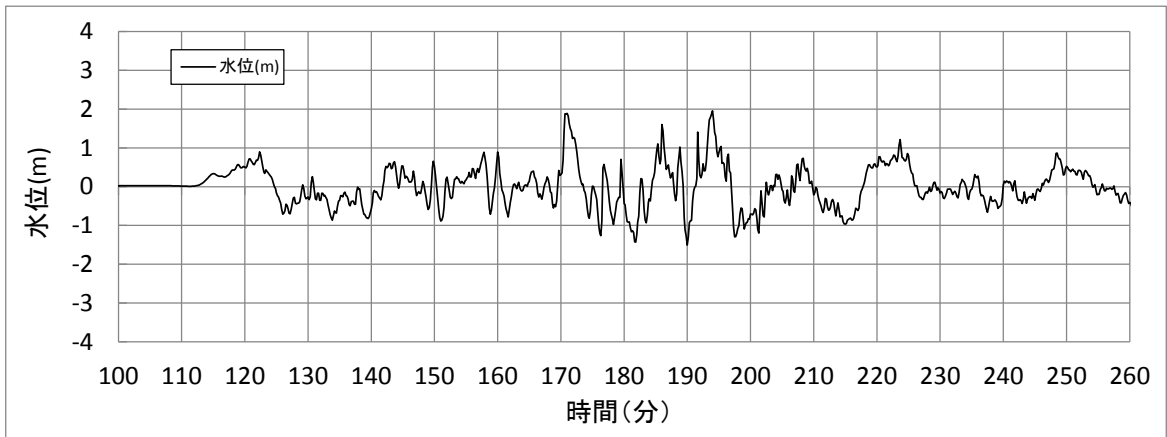
地点4

第 2.5-16-4 図 抽出地点 4 における水位，流向，流速（基準津波 1）



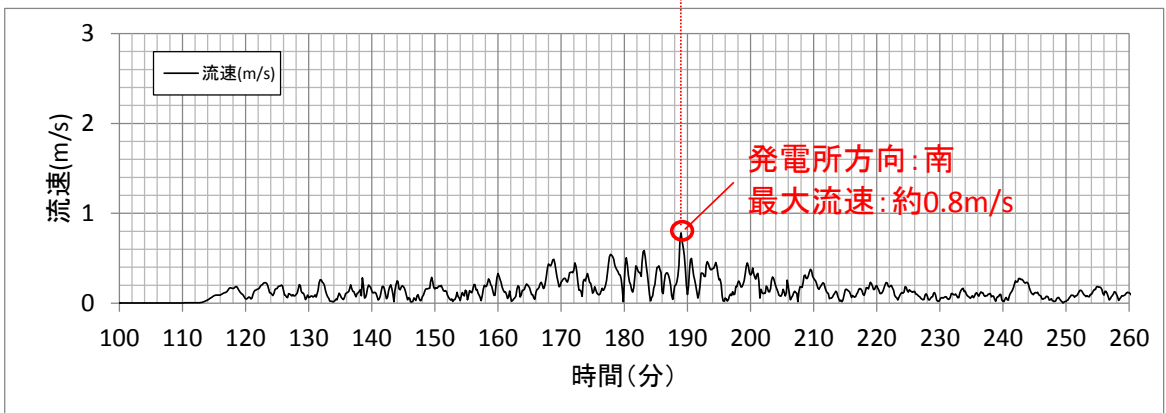
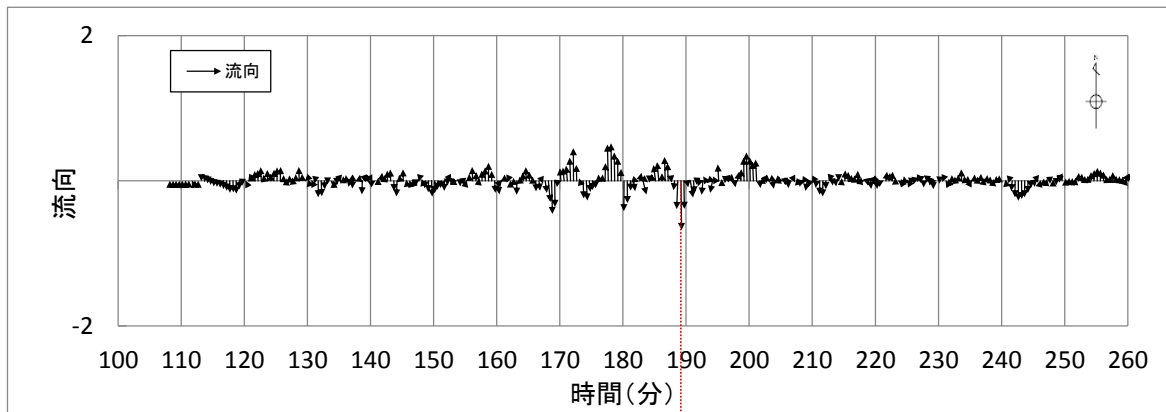
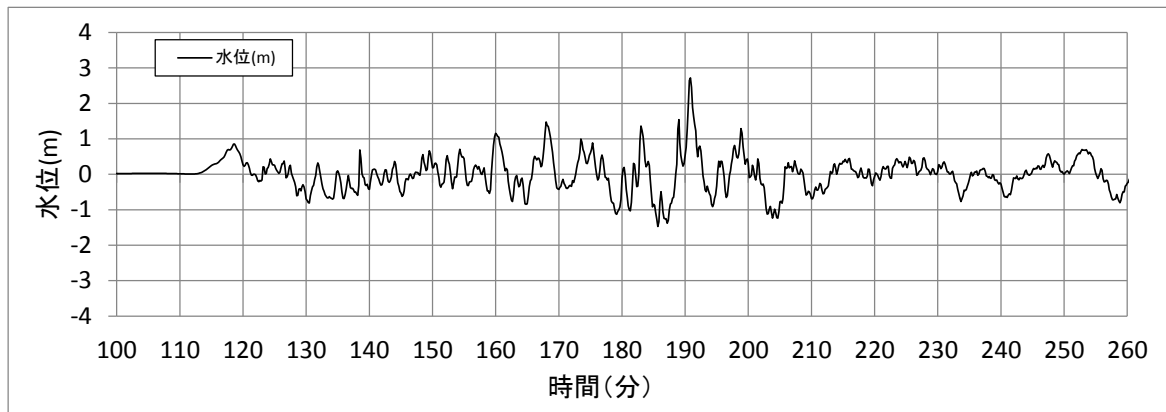
地点5

第 2.5-16-5 図 抽出地点 5 における水位，流向，流速（基準津波 1）



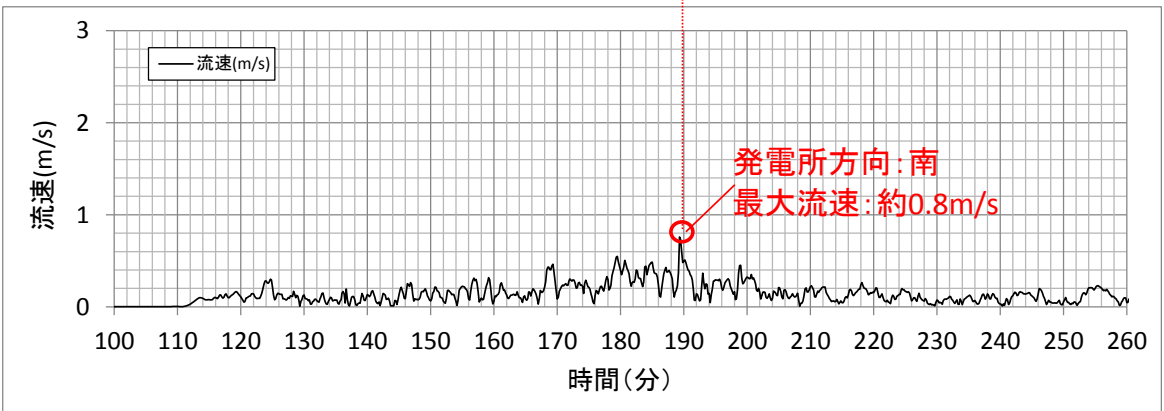
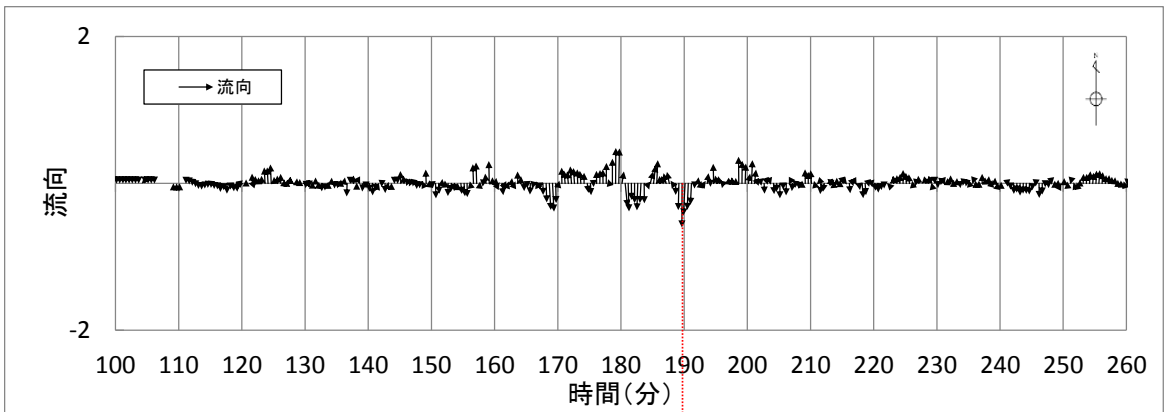
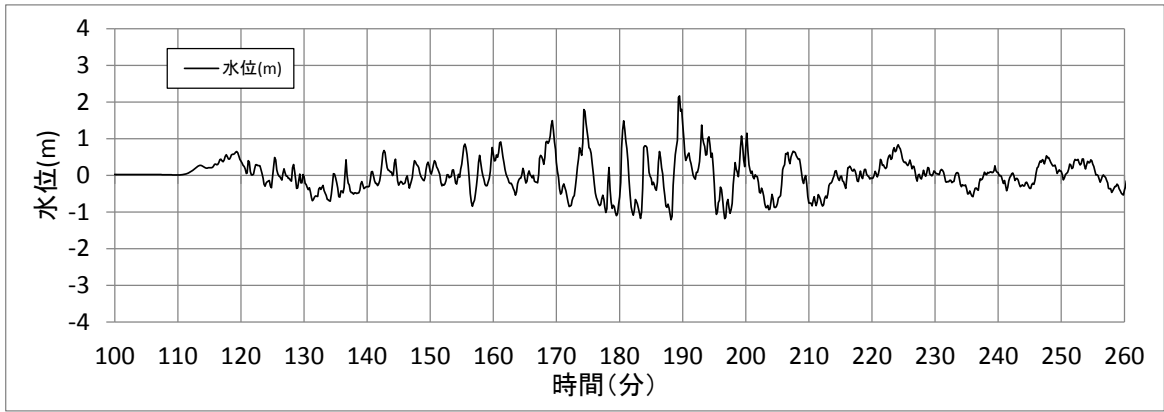
地点6

第 2.5-16-6 図 抽出地点 6 における水位，流向，流速（基準津波 1）



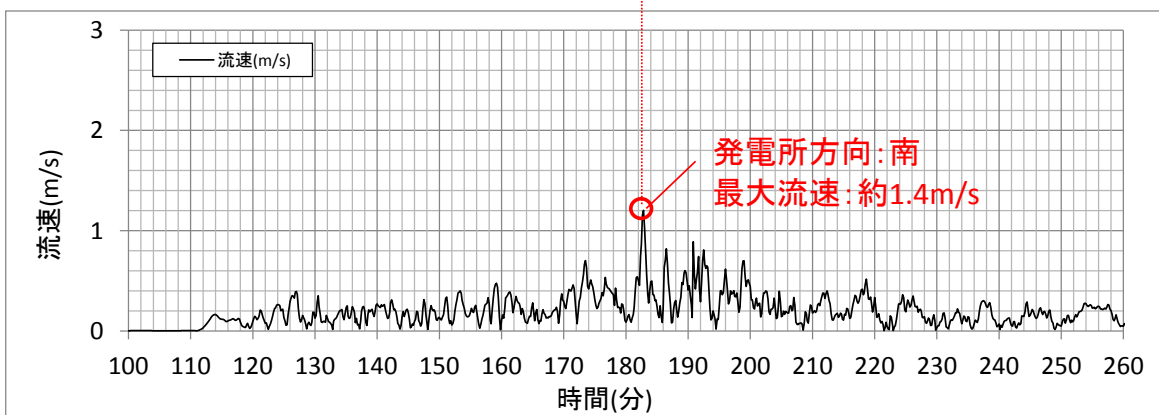
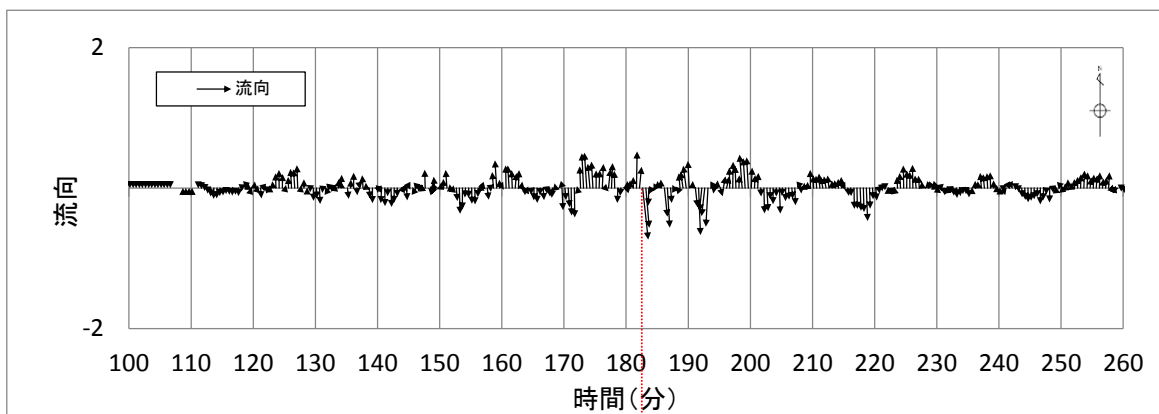
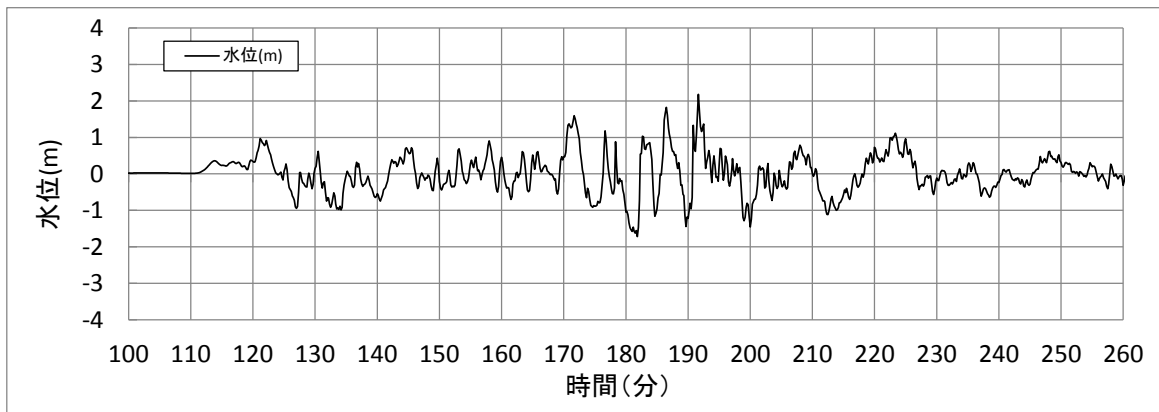
地点7

第 2.5-16-7 図 抽出地点 7 における水位，流向，流速（基準津波 1）



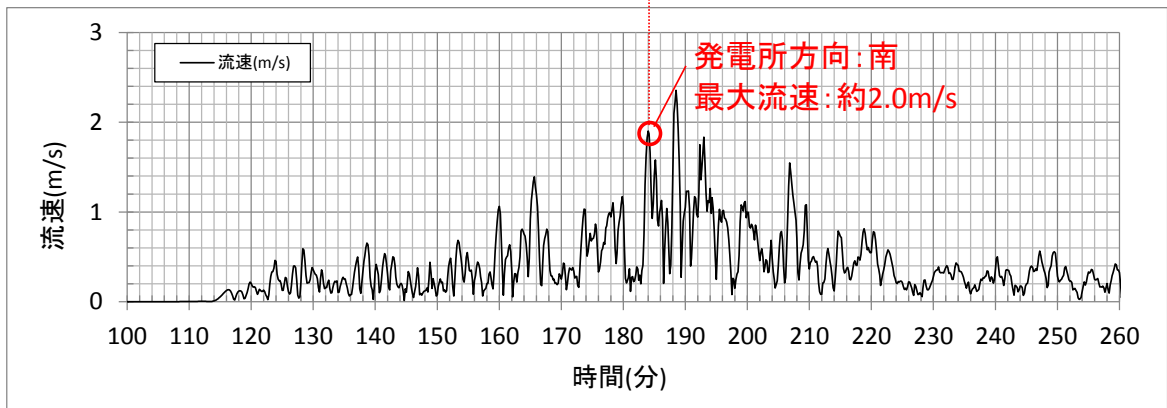
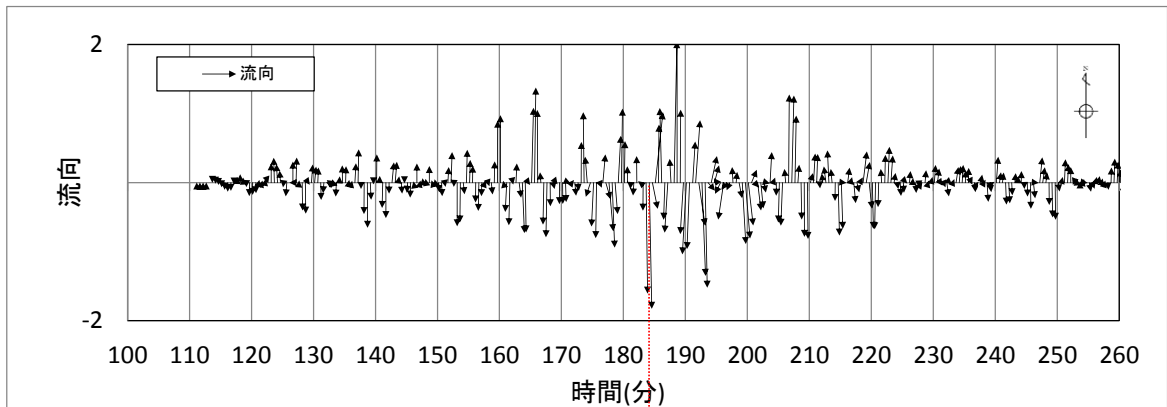
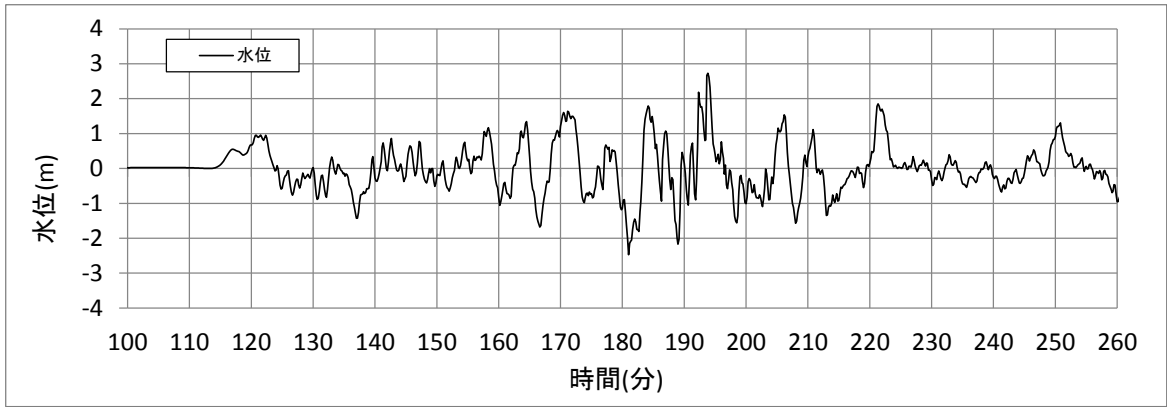
地点8

第 2.5-16-8 図 抽出地点 8 における水位，流向，流速（基準津波 1）



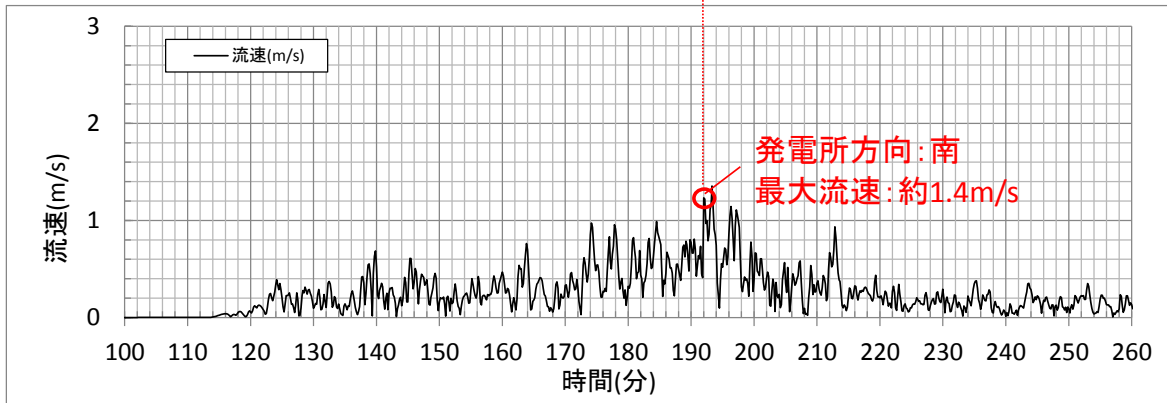
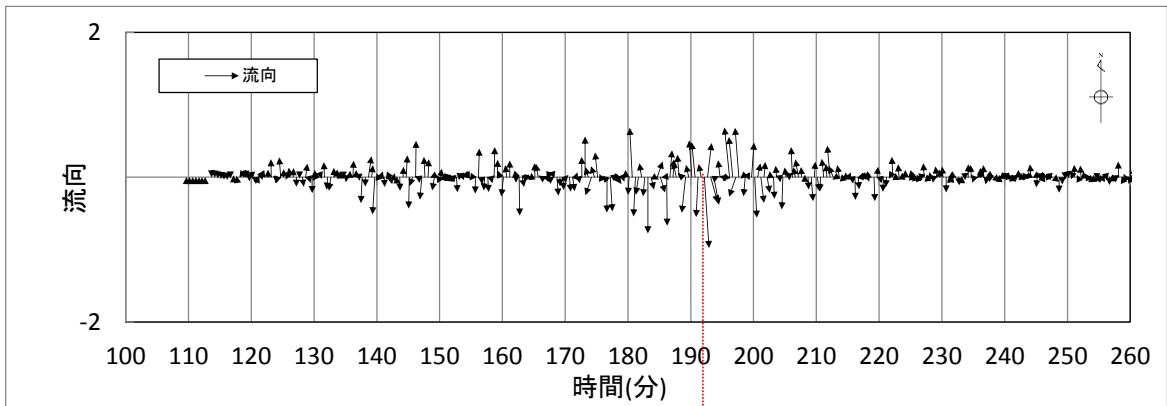
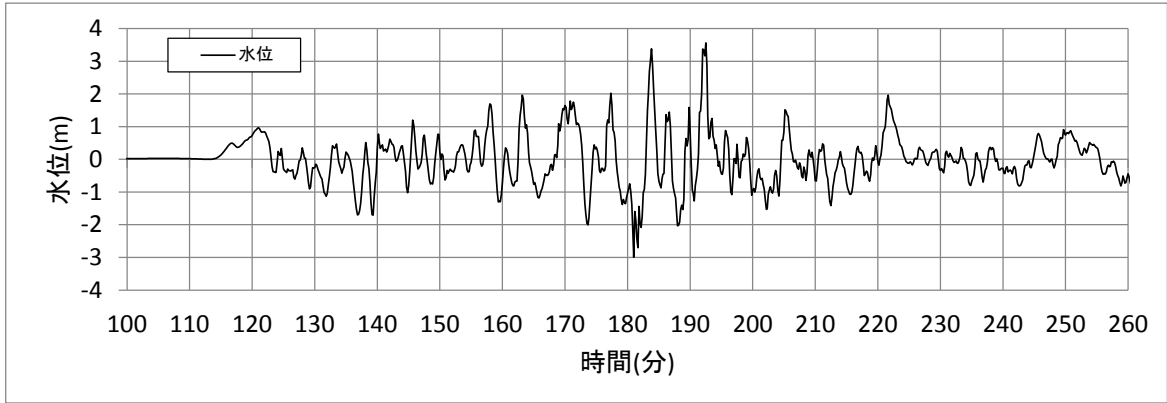
地点9

第 2.5-16-9 図 抽出地点 9 における水位，流向，流速（基準津波 1）



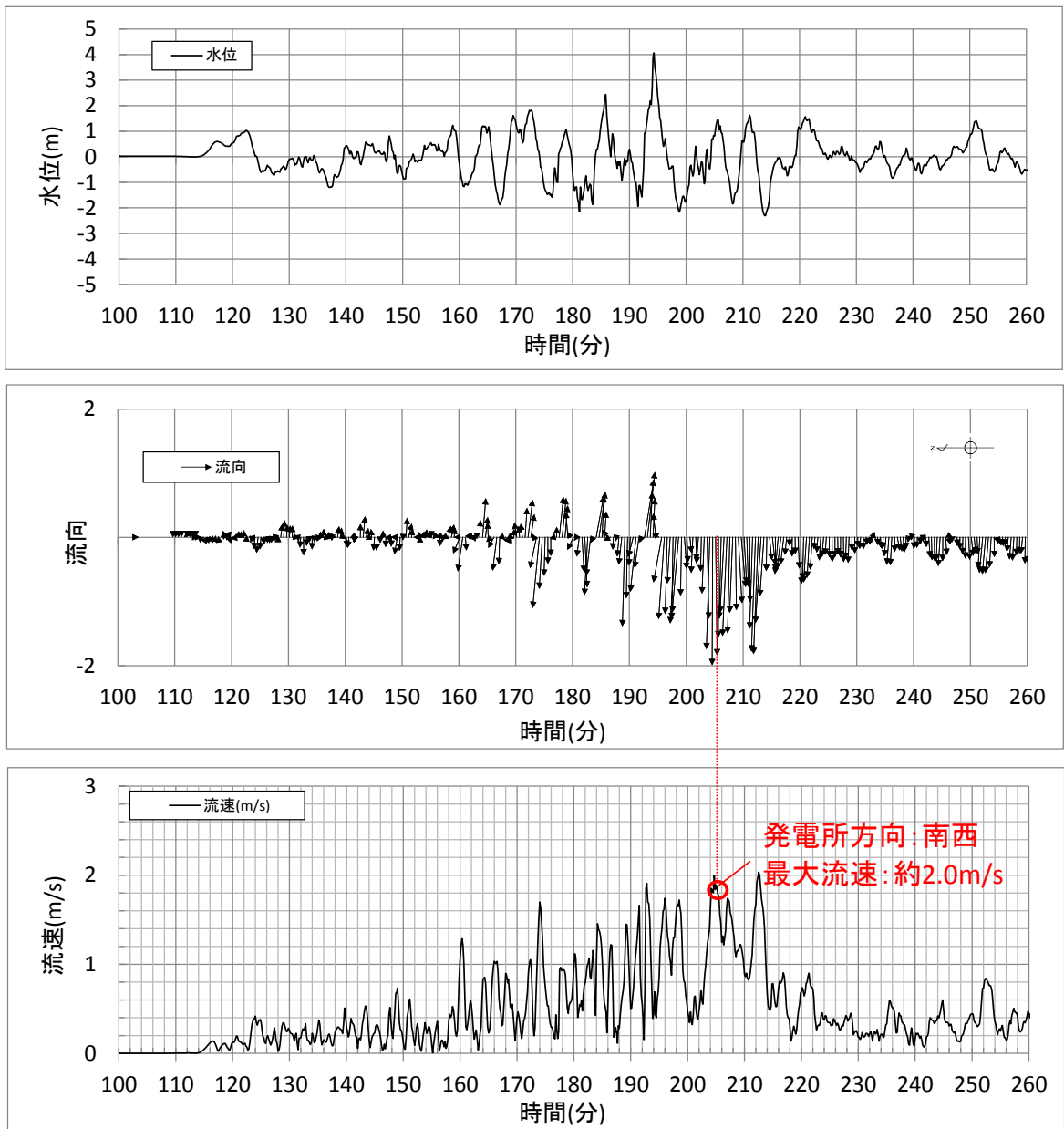
地点10

第 2.5-16-10 図 抽出地点 10 における水位，流向，流速（基準津波 1）



地点11

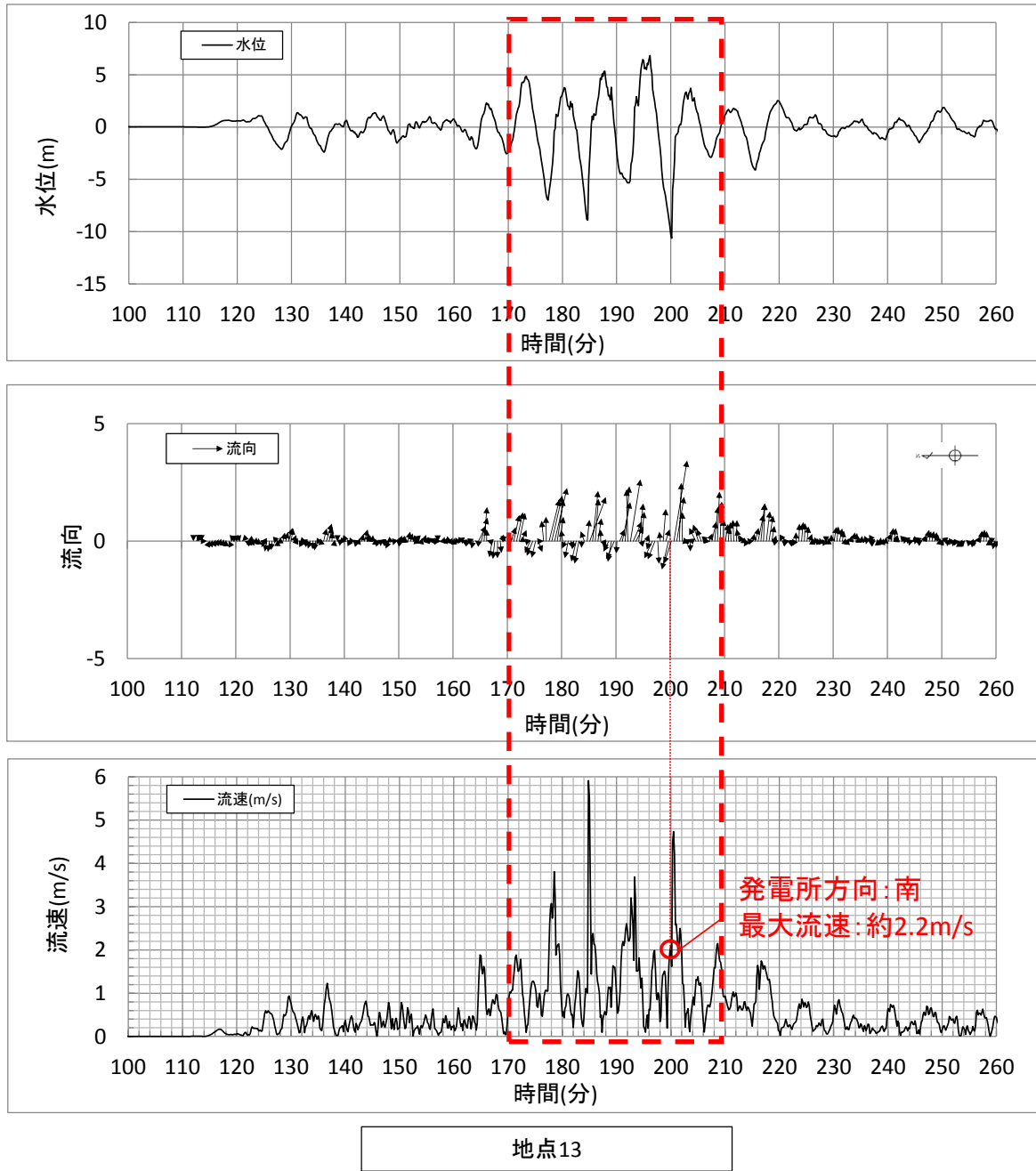
第 2.5-16-11 図 抽出地点 11 における水位，流向，流速（基準津波 1）



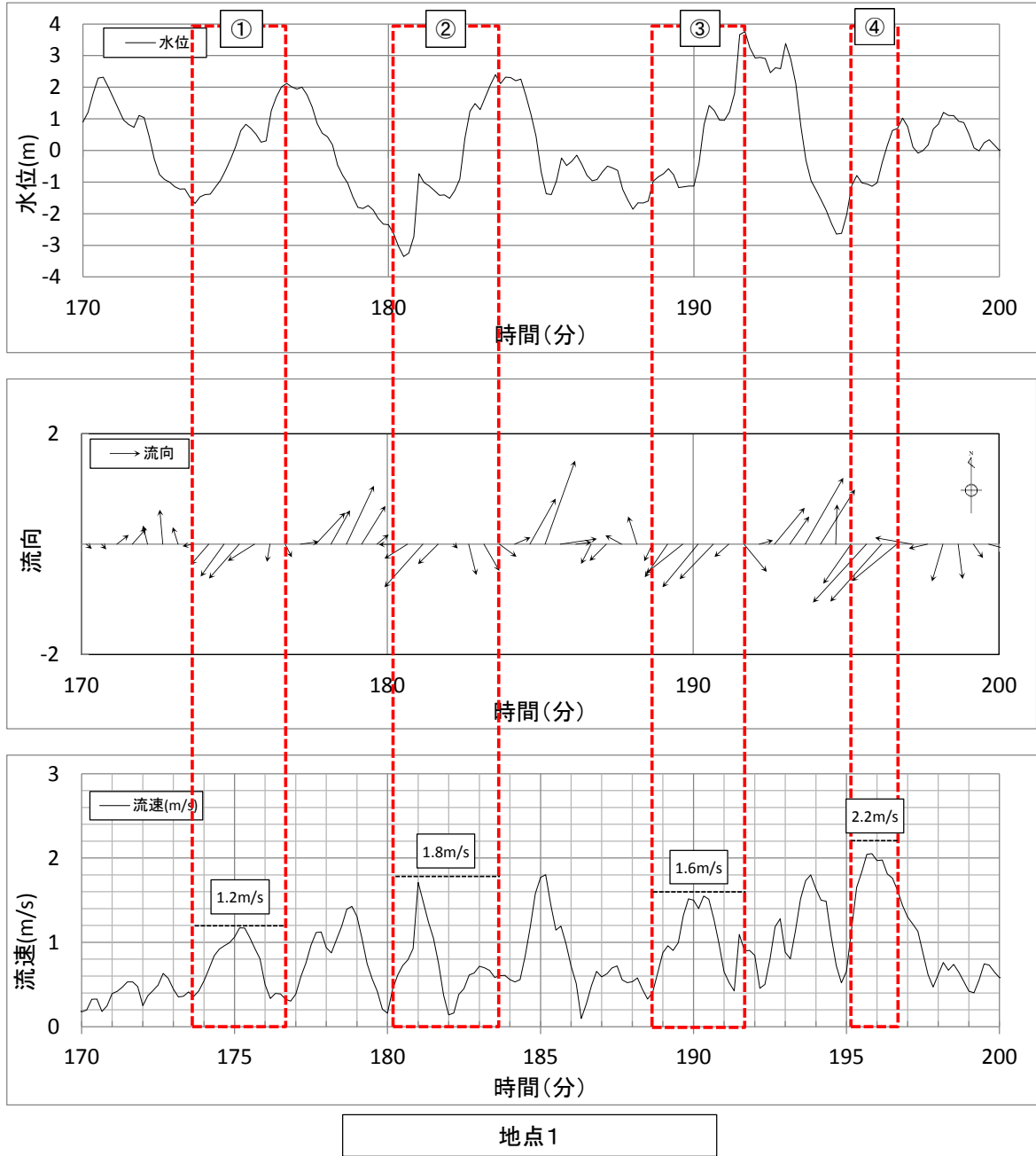
地点12

第 2.5-16-12 図 抽出地点 12 における水位，流向，流速（基準津波 1）

第2.5-16-2図



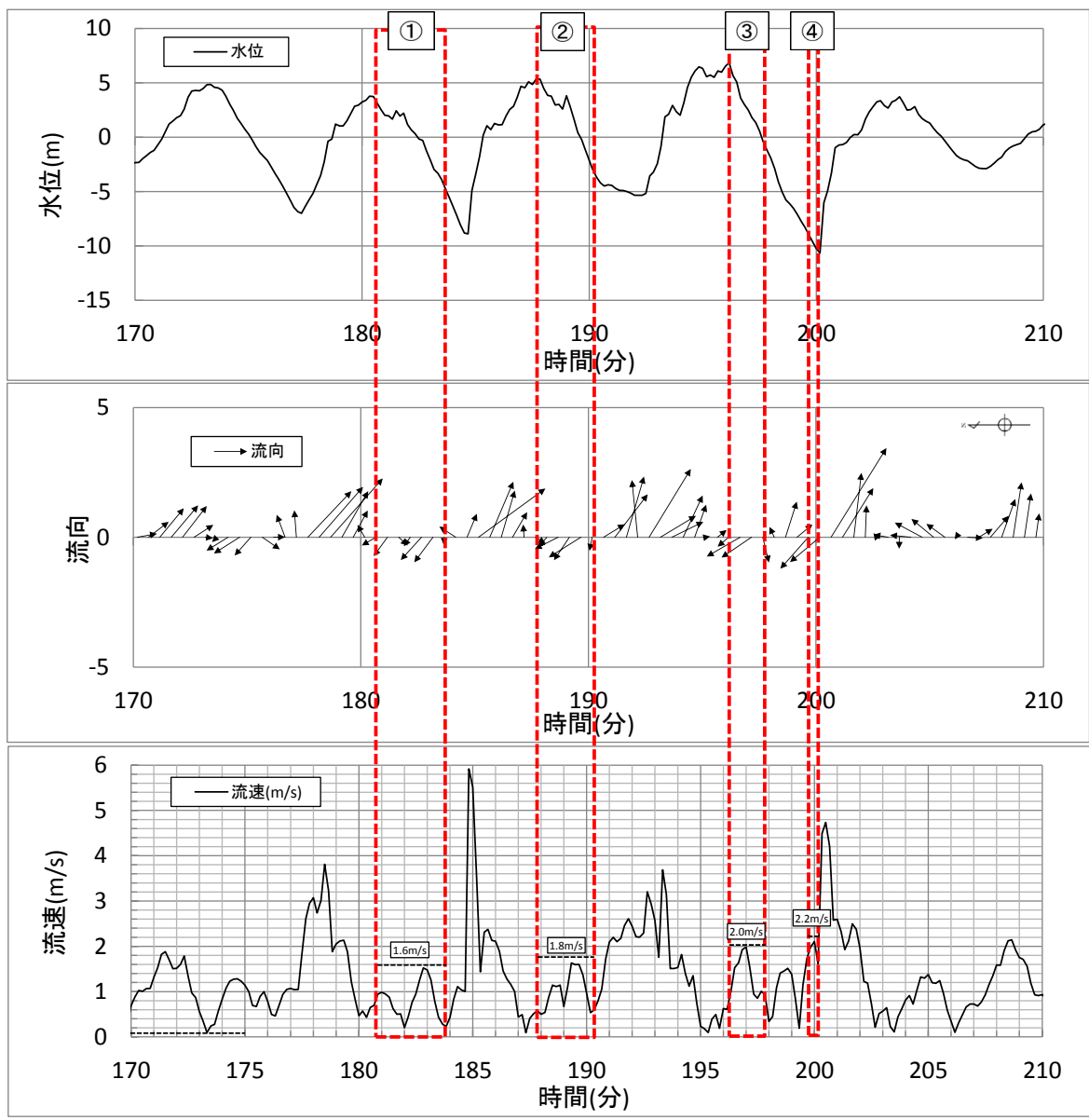
第2.5-16-13図 抽出地点13における水位，流向，流速（基準津波1）



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

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

第 2.5-17-1 図 基準津波による水の移動量(地点1)



地点13

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

※ ①における継続時間を保守的に200秒とし、移動量を約320mと算定

第 2.5-17-2 図 基準津波による水の移動量(地点13)

c. 漂流物となる可能性のある施設・設備の抽出

設定した漂流物調査範囲について、発電所構内と構外、また海域と陸域とに分類して調査を実施し、漂流物となる可能性のある施設・設備等の抽出を行った。各分類における調査対象、調査方法及び調査実施期間並びに再調査実施期間を第 2.5-2 表に示す。また、調査範囲を第 2.5-18 図に示す。

各調査の具体的な調査要領を添付資料 15 に示す。

調査結果を踏まえ、第 2.5-19 図に示す漂流物の選定・影響確認フローに基づき、取水性への影響を評価した。

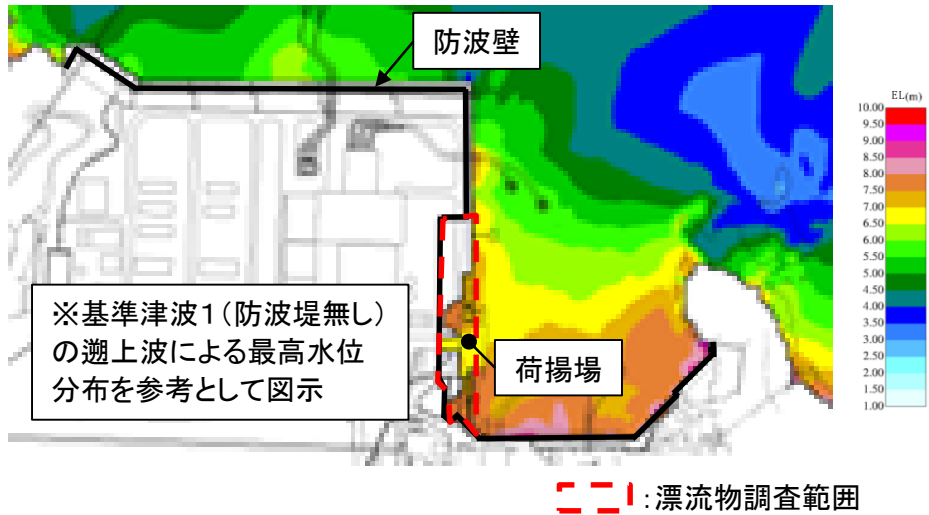
なお、漂流物の影響については、東北太平洋沖地震に伴う津波の被害実績^(注)も踏まえ評価した。

(注) 国土交通省 国土技術政策総合研究所 国土技術政策総合研究所資料第 674 号 独立行政法人 建築研究所 建築研究資料「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震被害調査報告」

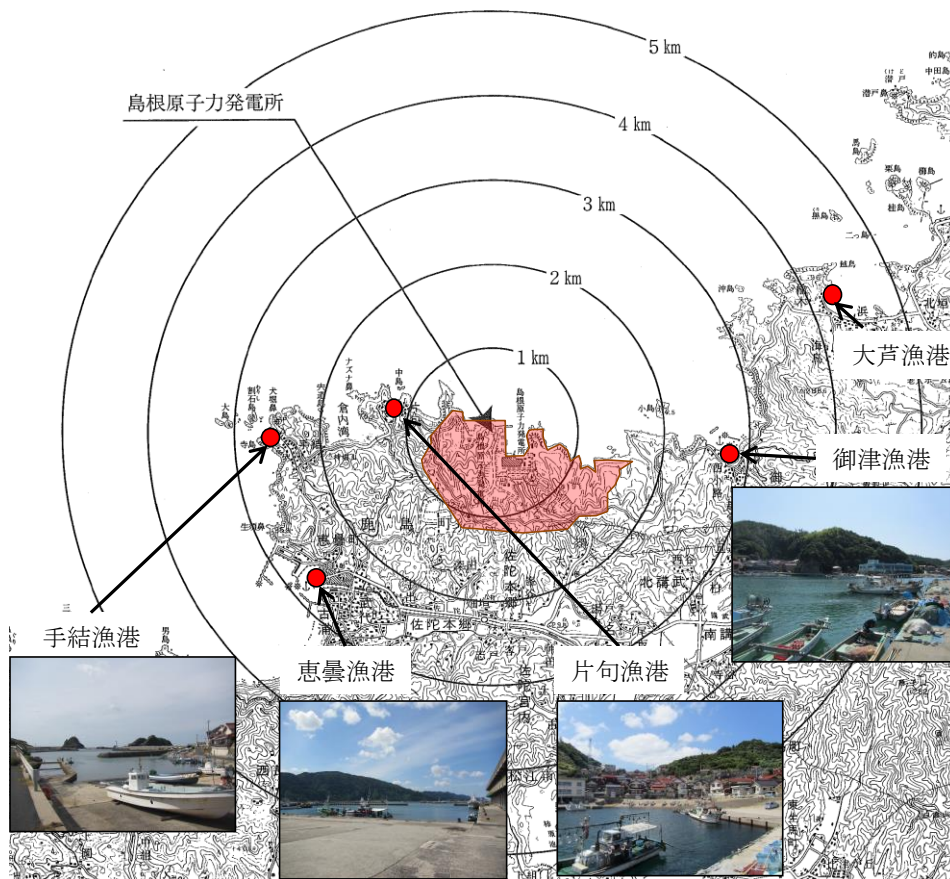
第 2.5-2 表 漂流物の調査方法

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

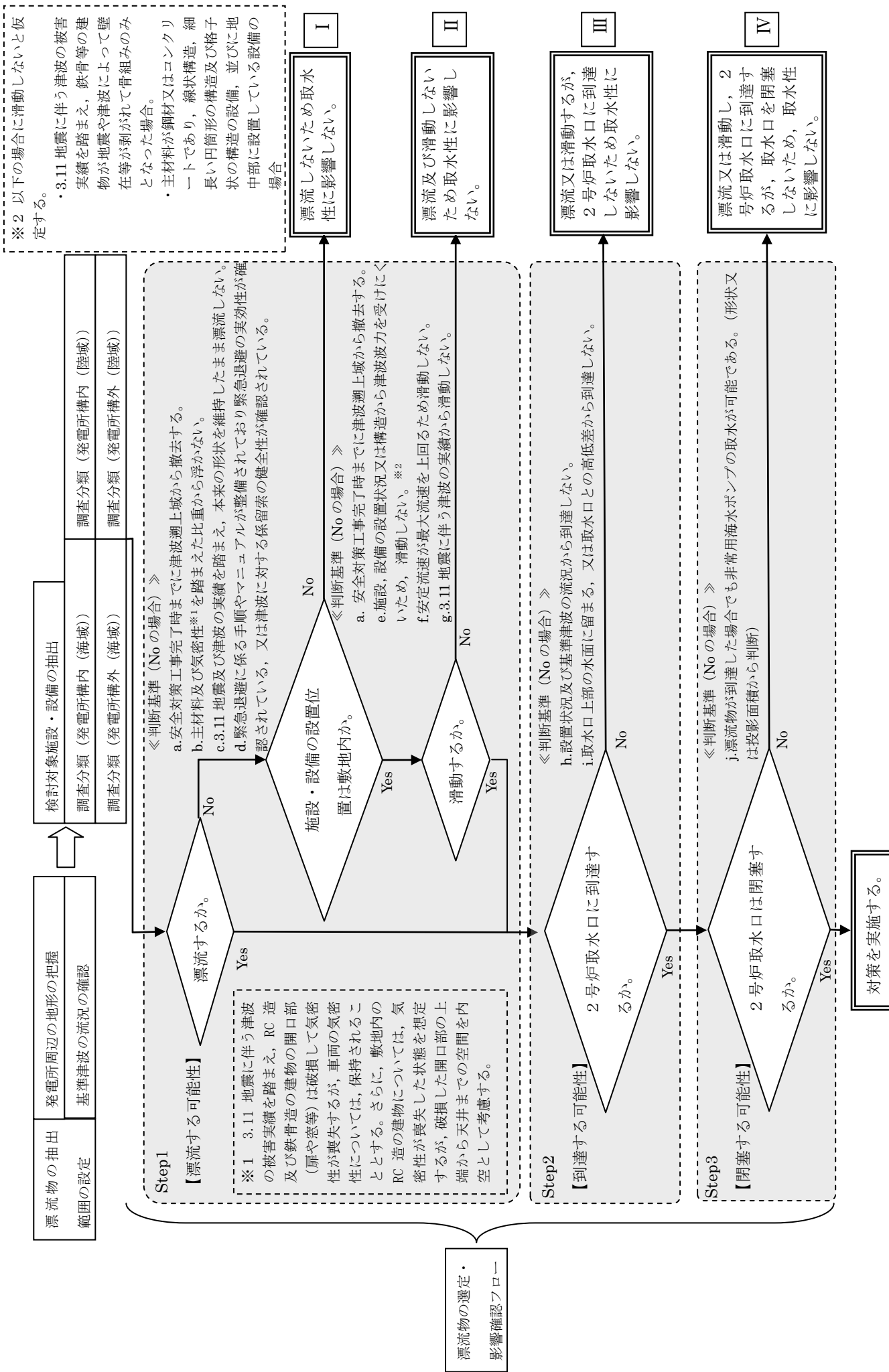
※ 発電所構外については、半径 5km までの調査を実施



第 2.5-18-1 図 漂流物調査範囲 (発電所構内陸域)



第 2.5-18-2 図 漂流物調査範囲 (発電所構外)



第 2.5-19 図 漂流物の選定・影響確認フロー

d. 通水性に与える影響の評価

(a) 発電所構内における評価

i. 発電所構内（海域）における評価

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

これらの他に、発電所港湾の境界を形成する防波堤、護岸がある。なお、発電所の港湾内には海上設置物はない。

抽出された以上の船舶等に対して第2.5-19図に示す漂流物の選定・影響フローに従って、漂流する可能性(Step1)、到達する可能性(Step2)及び閉塞する可能性(Step3)の検討を行い、取水性への影響を評価した。

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

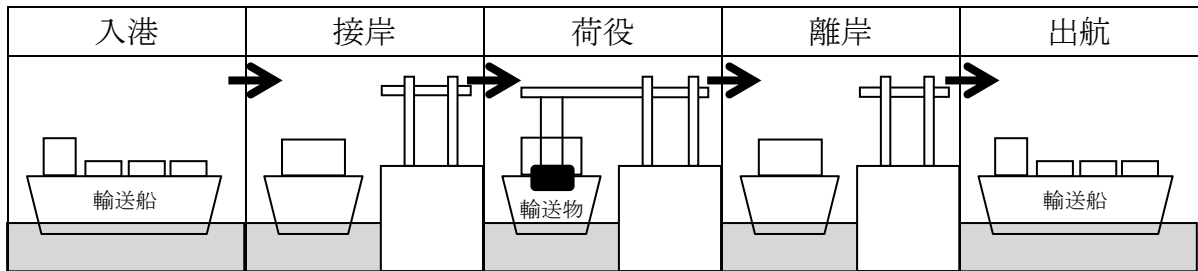
以上を踏まえ、発電所構内（海域）における評価について、以下の項目毎に、評価結果を示す。

- ①燃料等輸送船
- ②その他作業船
- ③防波堤
- ④護岸

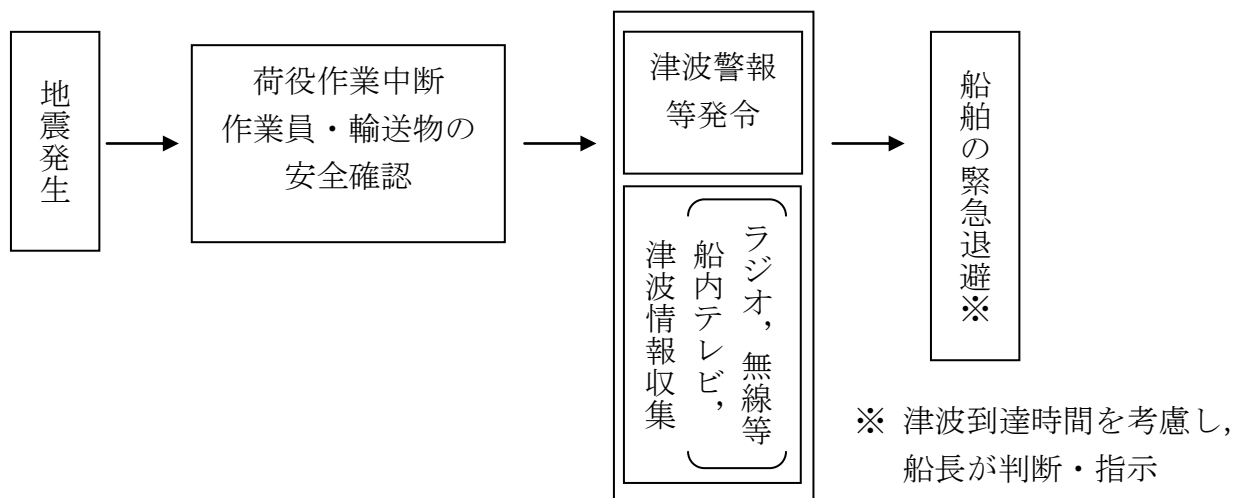
①燃料等輸送船

発電所敷地内の港湾施設として荷揚場があり、燃料等輸送船が停泊する。
燃料等輸送船の主な輸送工程を第 2.5-20 図に示す。

津波警報等発令時には、原則、緊急退避（離岸）することとしており、東日本大震災以降に、第 2.5-21 図に示すフローを取り込んだマニュアルを整備している。



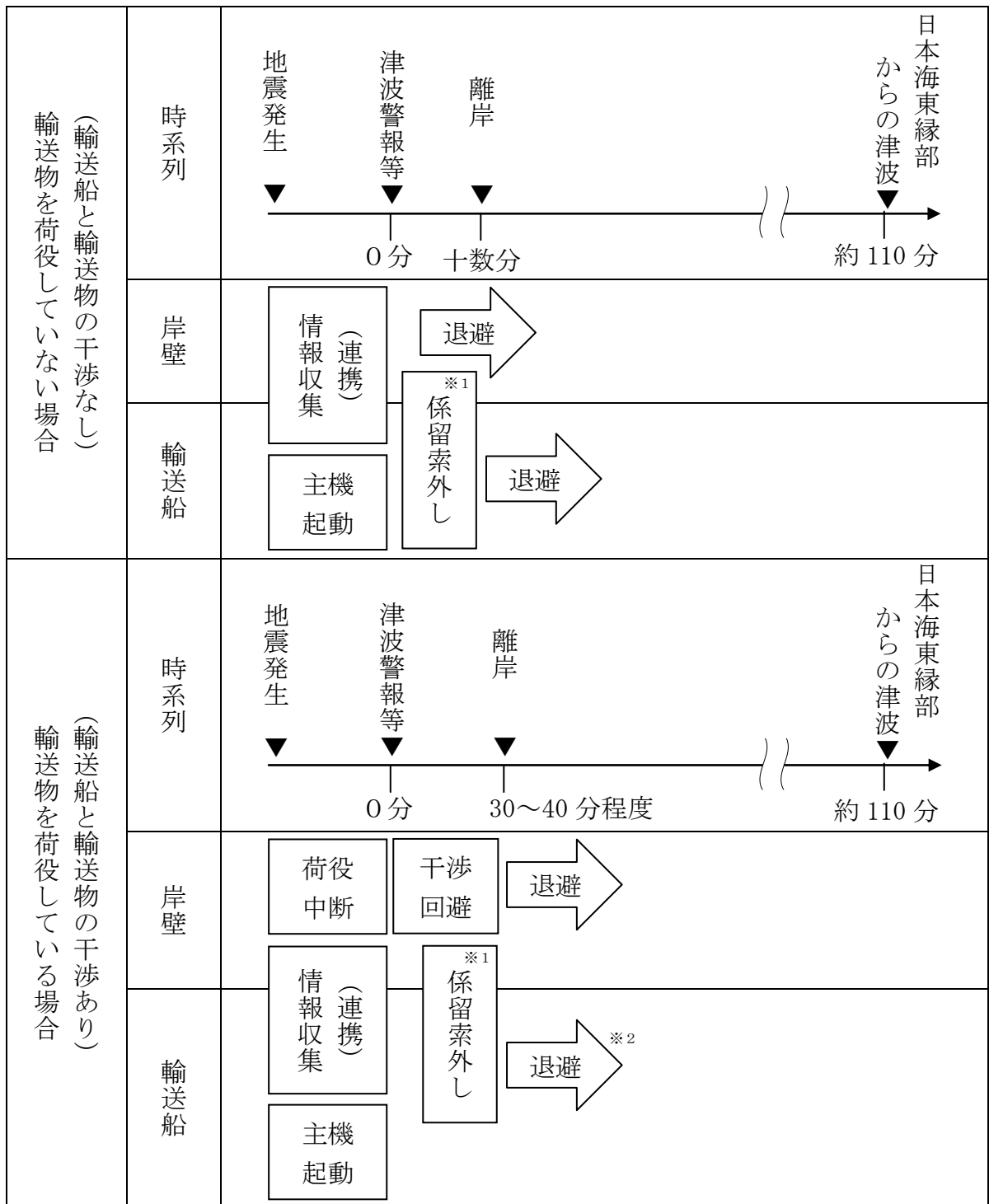
第 2.5-20 図 主な輸送工程



第 2.5-21 図 緊急退避フロー図 (例)

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

以上を踏まえ、津波の到達と緊急退避に要する時間との関係を示すと第 2.5-22 図のとおりとなる。



※1 平成24年の訓練実績では10分程度。

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

第2.5-22 図 津波の到達と燃料等輸送船の緊急退避に要する時間との関係

第 2.5-22 図より、燃料等輸送船は、島根原子力発電所に襲来が想定される津波のうち、時間的な余裕がない海域活断層に想定される地震による津波に対しては、緊急退避ができない可能性がある。しかしながら、この場合も以下の理由から輸送船は航行不能となることはなく、漂流物になることはないと考えられる。

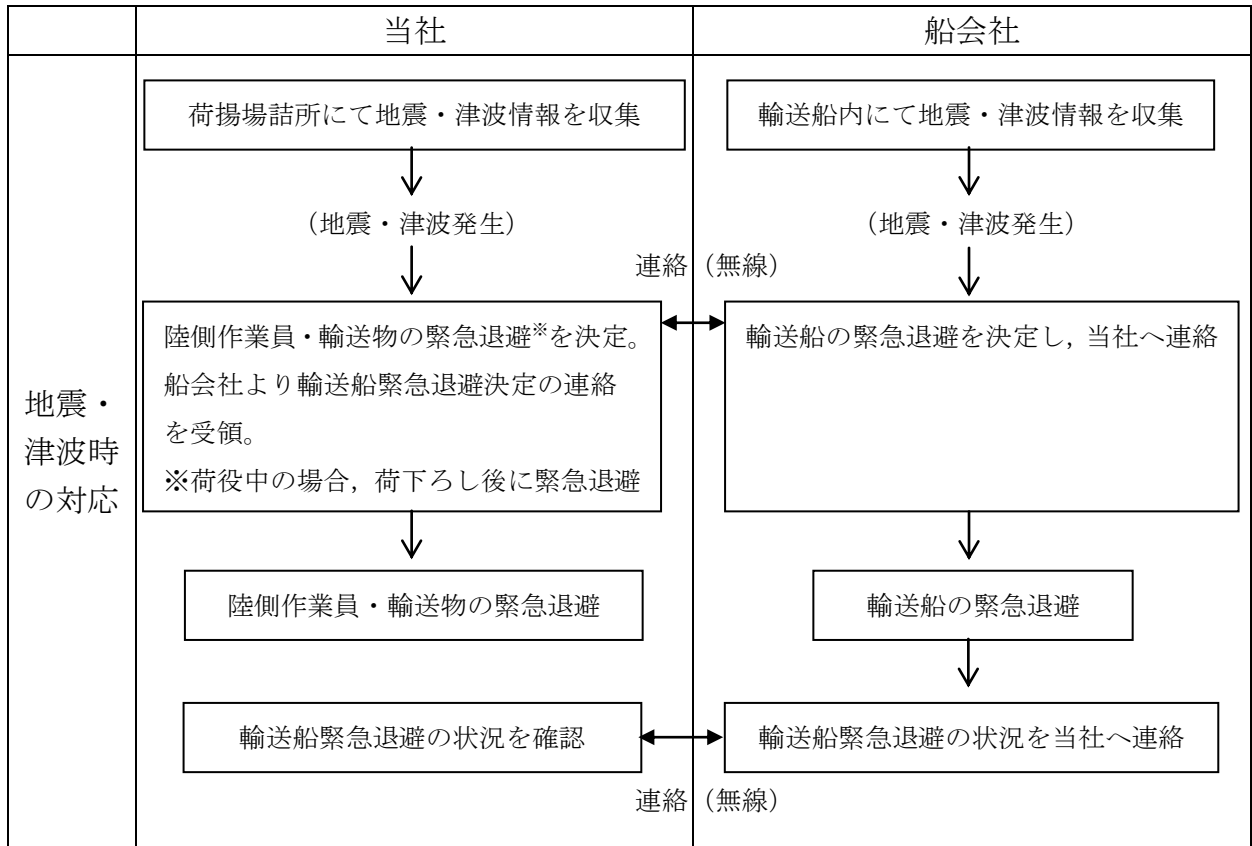
- ・輸送船は荷揚場に係留されている。
- ・津波高さと喫水高さの関係から、輸送船は荷揚場を越えない。
- ・荷揚場に接触しても防げん材を有しており、かつ通達(海査第 520 号：照射済核燃料等運搬船の取扱いについて)に基づく二重船殻構造等十分な船体強度を有する。

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

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

なお、燃料等輸送船の緊急退避は輸送事業者・船会社（以下、船会社）と協働で行うことになるが、その運用における当社と船会社の関係を示すと第 2.5-23 図のとおりとなる。すなわち、地震・津波が発生した場合には、速やかに作業を中断するとともに、船会社及び当社は地震・津波の情報を収集し、船会社が津波襲来までに時間的余裕があると判断した際の船会社からの輸送船緊急退避の決定連絡を受け、当社にて輸送船と輸送物の干渉回避や係留索取り外し等の陸側の必要な措置を実施し、また陸側作業員・輸送物の退避を決定するなど、両者で互いに連絡を取りながら協調して緊急退避を行う。ここで、電源喪失時にも荷揚場のクレーンを使用して上記の対応ができるように、同クレーンには非常用電源を用意している。

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



第 2.5-23 図 輸送船緊急退避時の当社と船会社の関係性

②その他作業船

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

これらの作業のうち発電所港湾内で実施する温排水影響調査等においては、津波の際には作業員は陸域に避難する可能性があるため、作業船が漂流物化し2号炉の取水口に接近する可能性が考えられる。しかしながら、この場合でも、取水口呑口の高さがEL-9.5mであり、十分に低く、作業船は取水口上部の水面に留まることから、取水口に到達せず、海水ポンプに必要な通水性が損なわれることはない。さらに、万一、防波堤に衝突する等により沈降した場合においても、以下に示す取水口呑口の断面寸法並びに非常用海水冷却系に必要な通水量及び作業船の寸法から、その接近により取水口が閉塞し、非常用海水冷却系に必要な取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼさないと考えられる。

〈作業船の取水路通水性に与える影響に関わる諸元〉

○取水口呑口断面寸法(第 2.5-24 図)

- ・高さ：3.0m
- ・幅：17m

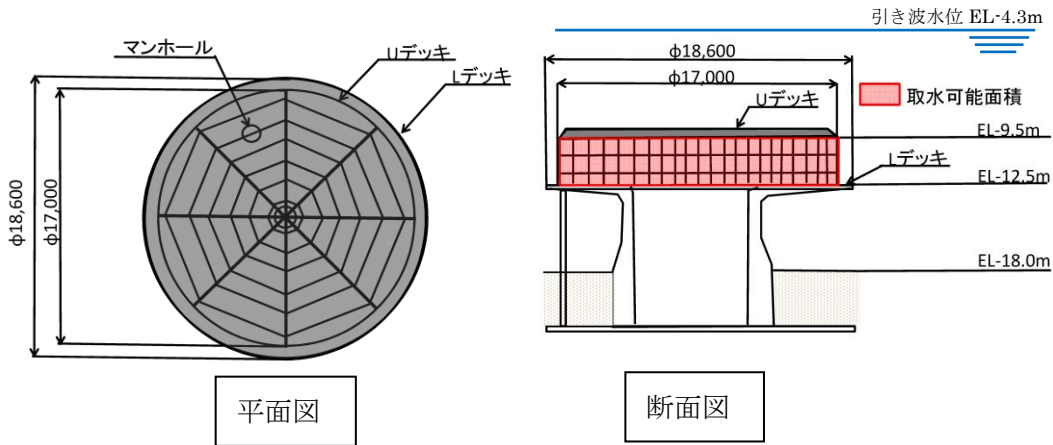
○非常用海水冷却系必要通水量

- ・通常時（循環水系）の 5%未満

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

○作業船寸法(総トン数約 10t の作業船代表例)

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



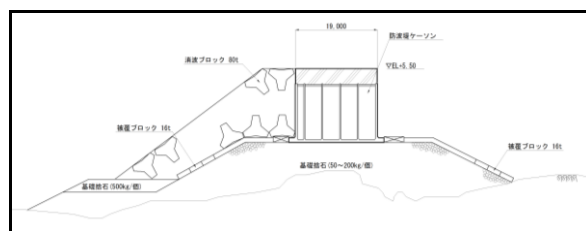
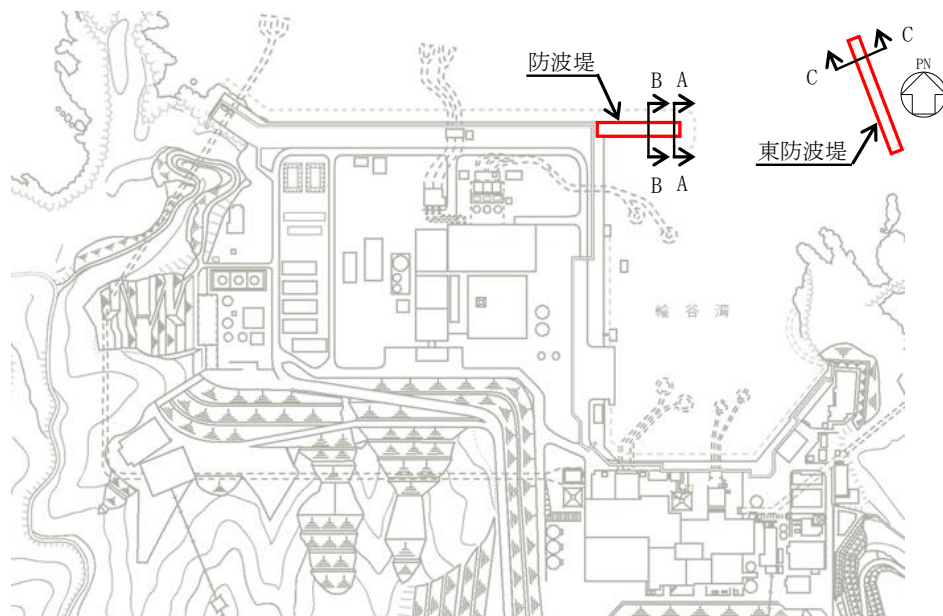
第 2.5-24 図 取水口呑口概要図

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

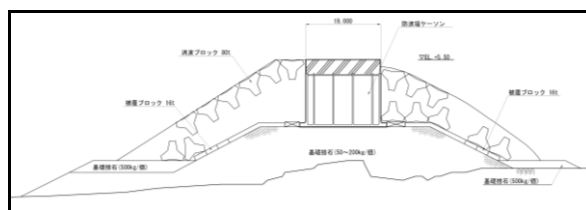
③防波堤

防波堤の配置及び構造概要を第 2.5-25 図に示す。

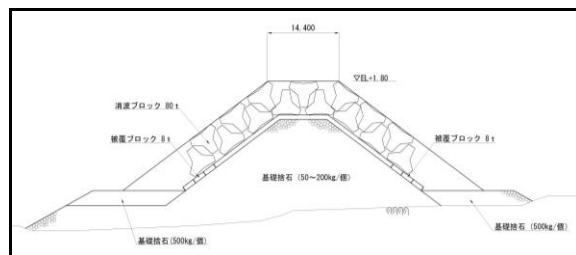
図に示されるとおり、防波堤と東防波堤から成り、ケーソン式混成堤と混成傾斜堤により構成されている。2号炉の取水口との位置関係としては、取水口から最短約 340m の位置に防波堤（ケーソン式混成堤）が配置されている。



防波堤 標準部 (A-A 断面)



防波堤 堤頭部 (B-B 断面)



東防波堤 標準部 (C-C 断面)

第 2.5-25 図 防波堤の配置及び構造概要

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

漂流に対する評価として、第2.5-25図に示す防波堤の主たる構成要素である防波堤ケーソン、消波ブロック、被覆ブロック及び基礎捨石は海水の比重より大きいことから、漂流して取水口に到達することはない。

また、損傷した状態で津波による流圧力を受けることにより、滑動する可能性が考えられるが、防波堤近傍の津波流速(3m/s)に対して保守的に発電所近傍の最大流速(10m/s)を用いて安定質量の評価を行うと、コンクリートの安定質量は約195t、石材の安定質量は215tと算定される。これに対し、防波堤ケーソンを除く消波ブロック、被覆ブロック及び基礎捨石は、安定質量を有しないことから、滑動すると評価する。

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

なお、1tよりも軽量なものとしては50kg～500kg程度の捨石があるが、これは被覆ブロック等の下層に敷かれていること、2号炉の取水口との間に距離があることを考えると、津波により滑動、転動し、取水口に到達する可能性は小さいと考えられ、仮に到達するものがあっても、第2.5-24図に示した取水口呑口の断面寸法と非常用海水冷却系に必要な通水量を考慮すると、非常用海水冷却系に必要な取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼさないと考えられる。

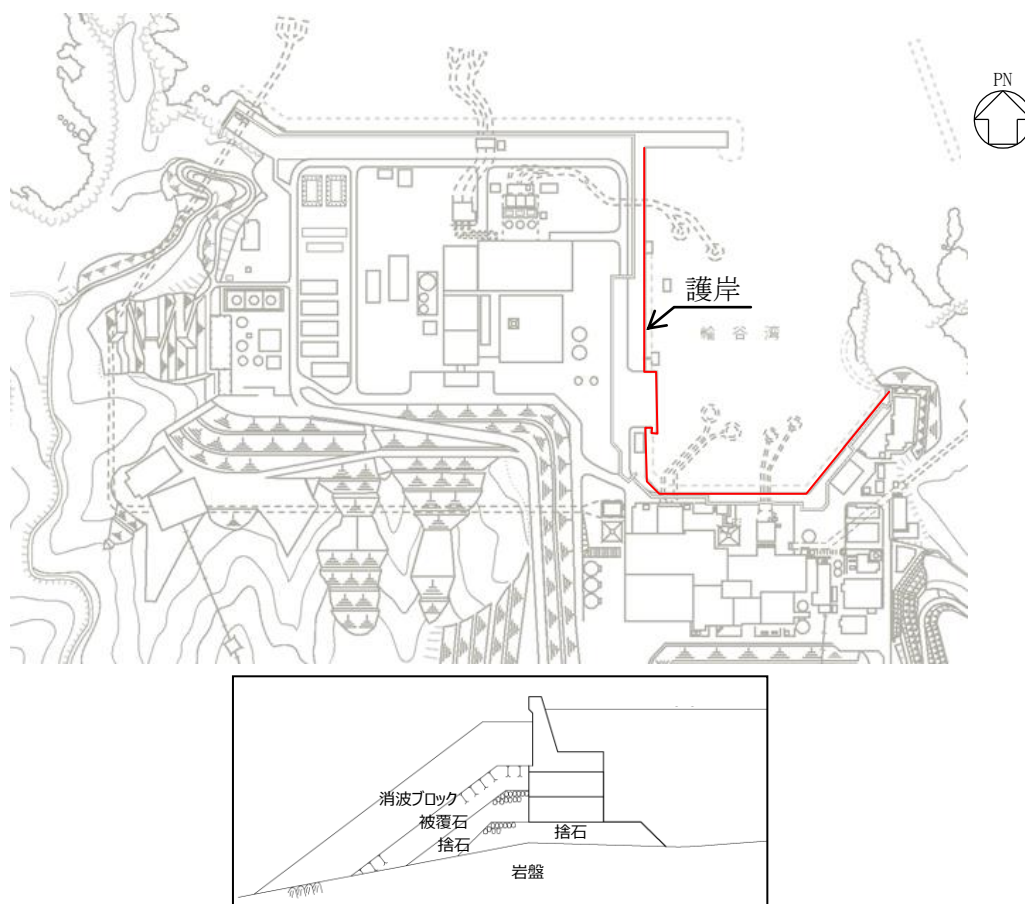
以上より、防波堤は地震あるいは津波により損傷した場合においても、非常用海水冷却系に必要な2号炉の取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼすことはないものと評価する。

④護岸

護岸の配置及び構造概要を第 2.5-26 図に示す。

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

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



第 2.5-26 図 護岸の配置及び構造概要

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

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

また、護岸近傍の津波流速 (7m/s) に対して保守的に発電所近傍の最大流速 (10m/s) を用いて安定質量の評価を行うと、コンクリートの安定質量は約 195t、石材の安定質量は 215t と算定される。護岸の主たる構成要素である消波ブロック、被覆石及び捨石はいずれも安定質量を有しないことから、滑動すると評価する。

滑動すると評価した護岸構成要素のうち、消波ブロック及び被覆石については、イスバッシュ式より安定流速がそれぞれ 6.3m/s、4.3m/s と算出されており、安定流速を上回る取水口への連続的な流れが発生していないこ

と、防波堤から 2 号炉取水口との間に距離があることから取水口に到達することはない。

なお、1t よりも軽量なものとしては 30kg 以上の捨石があるが、これは被覆石の下層に敷かれていること、2 号炉の取水口との間に距離があることを考えると、津波により滑動、転動し、取水口に到達する可能性は小さいと考えられ、仮に到達するものがあつた場合でも、第 2.5-23 図に示した取水口呑口の断面寸法と非常用海水冷却系に必要な通水量を考慮すると、非常用海水冷却系に必要な取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼさないと考えられる。また、防波壁東端部付近に落石を確認しているが、落石は消波ブロック(12.5t)より小さく、上記と同様な評価となる。

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

これらの評価結果について、第 2.5-3 表にまとめて示す。

＜安定質量の試算＞

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

これより、コンクリート塊については質量が 195t 程度、石材については質量が 215t 程度あれば安定することが分かる。

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

港湾の施設の技術上の基準・同解説 (抜粋)

<p>1. 7. 3 流れに対する被覆石及びブロックの所要質量</p> <p>(1) 一般</p> <p>水の流れに対するマウンドの捨石等の被覆材の所要質量は、一般的に、適切な水理模型実験又は次式によって算定することができる。式中において、記号γはその添字に関する部分係数であり、添字k及びdはそれぞれ特性値及び設計用値を示す。</p> $M_d = \frac{\pi \rho_r U_d^6}{48 g^3 (\gamma_d)^6 (S_r - 1)^3 (\cos \theta - \sin \theta)^3} \quad (1.7.18)$ <p>ここに、</p> <p>M : 捨石等の安定質量 (t)</p> <p>ρ_r : 捨石等の密度 (t/m³)</p> <p>U : 捨石等の上面における水の流れの速度 (m/s)</p> <p>g : 重力加速度 (m/s²)</p> <p>γ : イスバッシュ(Isbash)の定数(埋め込まれた石にあつては 1.20,露出した石にあつては 0.86)</p> <p>S_r : 捨石等の水に対する比重</p> <p>θ : 水路床の軸方向の斜面の勾配 (°)</p>
--

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

材料	ρ (t/m ³) ※	S_r (= $\rho / 1.03$)	M (t)
コンクリート	2.34	2.27	195
石材	2.29	2.22	215

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

参考文献

- 1) (社)日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説(下巻)，pp.561，2007.
 2) 三井順，松本朗，半沢稔：イスバッシュ式の導出過程と防波堤を越流する津波への適用性，土木学会論文集 B2 (海岸工学)，Vol. 71，No. 2，pp. I_1063-I_1068，2015.

第 2.5-3 表 漂流物評価結果（発電所構内・海域）

No.	分類	名称	重量	Step1（漂流する可能性）		Step2 （到達する可能性）	Step3 （閉塞する可能性）	評価
				検討結果	比重			
①		燃料等輸送船	約 5,000t	【判断基準:d】 緊急退避に係る手順が整備されてお り緊急退避の実効性を確認した。 また、津波に対する係留索の健全性を確認した。	-	-	-	I
②	船舶	温排水影響調査作業船	約 10t	【判断基準:i】 漂流した場合においても、取水口上 部の水面に留まることから、取水口 に到達しない。 輪谷湾内で漂流物となる可能性がある。	-		-	III (IV)
		人工リーフ海藻草調査作業船	約 3～6t					
		格子状定線水温測定作業船	約 3t					
		港漏油拡散防止業務作業船	1t 未満～約 10t					
		環境試料採取作業船	1t 未満～約 3t					
		海象計点検作業船	約 2～10t					
		使用済燃料の輸送に伴う作業船	約 2～10t					
フラップゲート点検作業船	約 7t							

第 2.5-3 表 漂流物評価結果 (発電所構内・海域)

No.	分類	名称	重量	Step1 (漂流する可能性)			Step2 (到達する可能性)	Step3 (閉塞する可能性)	評価
				漂流		滑動			
				検討結果	比重*				
③	防波堤	防波堤 ケーソン	10,000t 以上	【判断基準:b】 当該設備と海水の比重を比較した結果、漂流物とはならない。	コンクリート比重 【2.34】	【判断基準:f】 発電所近傍の最大流速 10.0m/s に対して、当該設備の安定流速は 19.2m/s 以上であることから、滑動しない。	-	II	
					コンクリート比重 【2.34】				【判断基準:h】 取水口への連続的な流れは確認されないことから取水口へ到達しない。
		基礎捨石	50~500kg	石材比重 【2.29】	石材比重 【2.29】	比較的量であるため、取水口への到達を考慮	【判断基準:j】 取水口呑口の断面寸法と非常用海水冷却系に必要な通水量を考慮すると、通水性に影響を及ぼさない。	IV	
									【判断基準:i】 8~16t

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

第 2.5-3 表 漂流物評価結果（発電所構内・海域）

No.	分類	名称	重量	Step1（漂流する可能性）		Step2 （到達する可能性）	Step3 （閉塞する可能性）	評価
				漂流				
				検討結果	比重※			
④	護岸	消波ブロック	12.5t	【判断基準:b】 当該設備と海水の比重を比較した結果、漂流物とはならない。	比重※ コンクリート比重 【2.34】 石材比重 【2.29】	【判断基準:h】 取水口への連続的な流れは確認されないことから取水口へ到達しない。	-	III
		被覆石	1.5t					
		捨石	30kg 以上					

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

ii. 発電所構内（陸域）における評価

本調査範囲（構内・陸域）は防波壁外側の津波遡上域である荷揚場周辺である。第 2.5-18 図に示した本調査範囲にある漂流物となる可能性のある施設・設備等は、大別すると、第 2.5-4 表のように分類でき、評価はこの施設・設備等の分類ごとに行った。抽出した設備を第 2.5-27 図に示す。なお、車両については、以下の理由から漂流物になることはない。


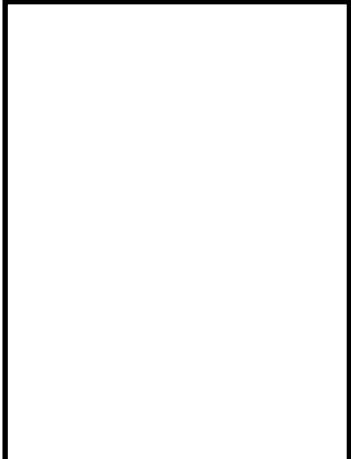






- ・荷揚場に常駐する車両はない。
- ・作業等で一時的に荷揚場に存在する場合でも、荷揚場に遡上する可能性のある日本海東縁部に想定される地震による津波は、発電所に到達するまでの時間は約 110 分であり、十分な退避時間がある。
- ・海域活断層に想定される地震による津波（基準津波 4）は、荷揚場に遡上しない。（第 2.5-28 図）

第 2.5-4 表 荷揚場にある漂流物となる可能性のある施設・設備等の分類

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



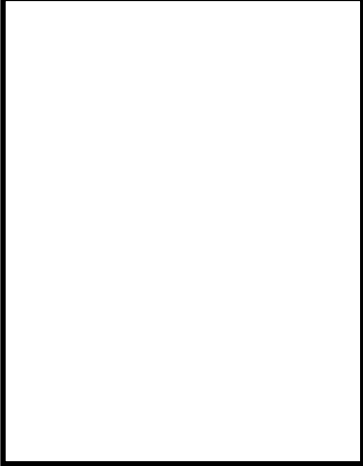


			
荷揚場詰所	デリッククレーン巻上装置建物	キャスタク取扱収納庫	デリッククレーン
			
デリッククレーン荷重試験用品 ①	デリッククレーン荷重試験用品 ②	デリッククレーン荷重試験用品 ③	デリッククレーン荷重試験用ウ エイト

第2.5-27-1 図 荷揚場周辺にある漂流物となる可能性のある施設・設備

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

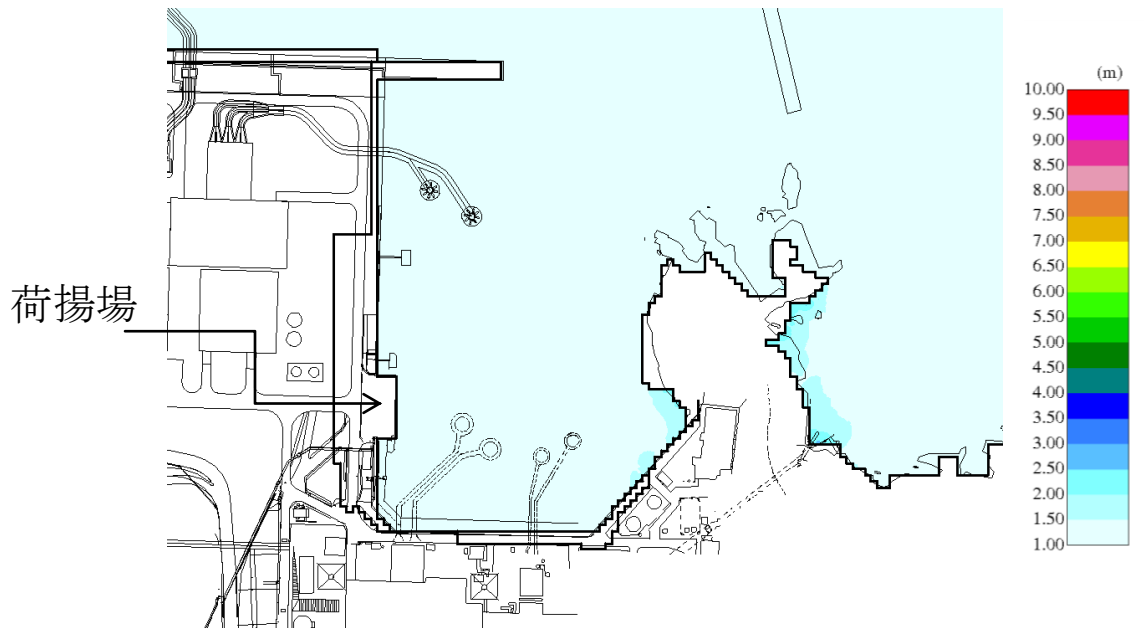
第2.5-27-2 図 荷揚場周辺にある漂流物となる可能性のある施設・設備

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

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

第 2.5-27-3 図 荷揚場周辺にある漂流物となる可能性のある施設・設備

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。



第 2.5-28 図 基準津波 4 における最大水位上昇量分布※

※ 荷揚場 (EL6.0m) に対し，朔望平均満潮位+0.46m，潮位のばらつき 0.16m を併せた+0.62m を考慮しても遡上しない。

漂流物となる可能性のある施設・設備等として抽出されたもののうち、第 2.5-19 図に示す漂流物の選定・影響フローに従って、漂流する可能性 (Step1)、到達する可能性 (Step2) 及び閉塞する可能性 (Step3) の検討を行い、取水性への影響を評価した。

なお、調査範囲 (発電所構内 (陸域)) については、漂流する可能性 (Step1) において、滑動する可能性の検討を実施する。滑動する可能性を検討する上で用いる流速は、2 号炉取水口が港湾内に位置することを踏まえ、発電所近傍の最大流速とする。(添付資料 18 参照。) また、評価にあたっては、発電所構内 (海域) における評価において示したイスバッシュ式を用いた。

①鉄骨造建物

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

②機器類

キャスク取扱収納庫については、中が空洞であり、気密性を有するため、漂流するものとして評価した。ただし、気密性があり漂流物となる設備は、水面に留まることから、水中にある取水口に到達することはないと考える。万一、取水口呑口上部で沈降したとしても、取水口呑口の断面寸法並びに非常用海水冷却系に必要な通水量及びキャスク取扱収納庫の寸法 (長さ約 8m, 高さ約 4.5m, 幅約 4.5m) から、その接近により取水口が閉塞し、非常用海水冷却系に必要な取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼさないと考えられる。

デリッククレーン及びデリッククレーン荷重試験用品①～③については、主材料である鋼材の比重 (7.85) と海水比重 (1.03) を比較した結果、当該設備の比重の方が大きいことから漂流物ならないと評価した。また、

滑動については、当該設備は線状構造であり、津波波力を受けにくい構造であることから、滑動しないと評価した。

デリッククレーン荷重試験用ウェイトについては、主材料であるコンクリートの比重（2.34）と海水比重（1.03）を比較した結果、当該設備の比重の方が大きいことから漂流物とならないと評価した。また、滑動については、発電所近傍の最大流速 10.0m/s に対し、安定流速が 6.9m/s であったことから、滑動すると評価した。ただし、滑動し港湾内に沈んだ場合においても、海底面から取水口呑口下端まで 5.5m の高さがあることから、本設備の形状（高さ約 1.5m×長さ約 3m×幅 1.25m）を考慮すると取水口に到達することはないと評価した。

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

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

③その他漂流物になり得る物品

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

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

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

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

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

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

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

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

以上の評価を第2.5-5表にまとめて示す。

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

No.	評価分類	種類	名称	主材料	重量	Step1			評価	
						漂流	比重	滑動		
						検討結果	比重	設置場所	検討結果	
1	①	鉄骨造 建物	荷揚場 詰所	施設本体 (鋼材) 壁材 (ALC 版)	-	【判断基準:b, c】 扉や窓等の開口部及び壁材等が地震又は津波波力により破損して気密性が喪失し、施設内部に津波が流入する。施設本体については、主材料である鋼材の比重から漂流物とはならない。また、壁材 (スレート) は海水の比重と比較した結果、漂流物とはならない。	《施設本体》 鋼材比重 【7.85】	発電 所敷 地内	【判断基準:e, g】 施設本体 (鉄骨のみ) は、津波波力を受けにくい構造であるとともに、3.11 地震に伴う津波の実績から滑動しない。	II
2						デリック クレーン 巻上装置 建物	施設本体 (鋼材) 壁材 (スレート)		-	《施設本体以外》 ALC 版比重 【0.65】

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

No.	評価分類	種類	名称	主材料	重量	Step1		評価
						漂流	滑動	
3			キヤスク 取扱収納庫	鋼材	カバー部： 約 4.3t 定盤部： 約 7.9t	中が空洞であり，気密性を有する ため，漂流するものとして評価。	—	Step2 (漂流)
4			デリック クレーン	鋼材	約 144 t	【判断基準:b】 当該設備の比重と海水の比重を比較した結果，漂流物とはならない。	【判断基準:e】 線状構造であり，津波波力を受けにくい ため，滑動しない。	II
5	②	機器類	試験用品①	鋼材	約 6.2t	【判断基準:b】 当該設備の比重と海水の比重を比較した結果，漂流物とはならない。	【判断基準:e】 線状構造であり，津波波力を受けにくい ため，滑動しない。	II
試験用品②			約 11t					
試験用品③			—					
8			試験用 ウエイト	コンクリート	約 22t	【判断基準:b】 当該設備の比重と海水の比重を比較した結果，漂流物とはならない。	コンクリート 比重 【2.34】	Step2 (滑動)

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

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

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

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

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

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

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

No.	評価分類	種類	名称	主材料	Step1 の結果	Step2 (到達する可能性)	Step3 (閉塞する可能性)	評価
2	①	鉄骨造 建物	デリックク レーン巻上 装置建物	施設本体 (鋼材) 壁材 (スレート)	地震又は津波波力により 施設本体から分離した海 水比重を下回る壁材につ いては、がれき化して漂 流物となる。	【判断基準 i】 想定する壁在等については、がれ き化して漂流物となる可能性があ るが、想定するがれきは軽量であ り、水面に留まることから、水中 にある取水口に到達しない。	—	Ⅲ
3	②	機器類	キヤスク 取扱収納庫	鋼材	中が空洞であり、気密性 を有するため、漂流する。	【判断基準 i】 気密性があり漂流物となる設備 は、水面に留まるため、取水口に 到達しない。	— 【判断基準 j】 万一、取水口呑口上部で沈降 したとしても、取水口呑口の 断面寸法並びに非常用海水 冷却系に必要な通水量及び キヤスク取扱収納庫の寸法 から、その接近により取水口 が閉塞しない。	Ⅲ (Ⅳ)
8			デリックク レーン試験 用ウエイト	コンクリート	発電所の港湾内の最大流 速 10.0m/s に対して、当 該設備の安定流速は 6.9m/s であることから、 滑動する。	【判断基準 i】 滑動し港湾内に沈んだ場合におい ても、海底面から 5.5m の高さを有 する取水口に到達することはな い。	—	Ⅲ

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

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

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

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

(b) 発電所構外における評価

i. 発電所構外（海域）における評価

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

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

この他に調査範囲内を航行し得る船舶として引き船、タンカー、貨物船、漁船等が挙げられた。

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

抽出された以上の船舶に対して第2.5-19 図に示したフローにより2号炉の取水口及び取水路の通水性に与える影響評価を実施した。

第2.5-6 表 発電所構外（海域）における漂流物調査結果

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

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

※2 船種・船体長から「漁港、漁場の施設の設計参考図書」に基づき算定。なお、プレジャーボートについては、船体長が不明であることから、同設計図書に示される最大排水トン数とした。

※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。

①船舶（漁船等）

発電所周辺の漁港に停泊する船舶等が到達する可能性について、流向、流速から評価するため、仮想的な浮遊物の動きを把握する方法として有効な軌跡解析を実施した。

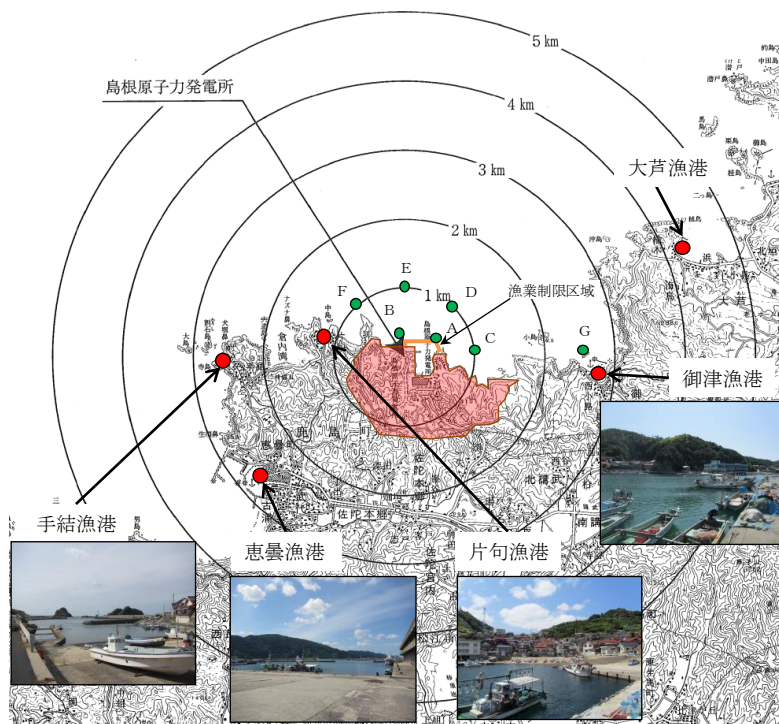
軌跡解析の初期位置としては、周辺漁港の位置や、漁船が発電所付近で操業することも考慮し、7地点設定した。軌跡解析の初期位置を第2.5-29図に、軌跡解析結果を図2.5-30図に示す。

軌跡の特徴としては、基準津波1～6の軌跡解析の始点・終点の関係から東から西方向へ移動する傾向がある。また、基準津波1～6のうち移動量が大きい基準津波1について評価する。評価結果を第2.5-31図に示す。軌跡の特徴を評価した結果は以下のとおり。

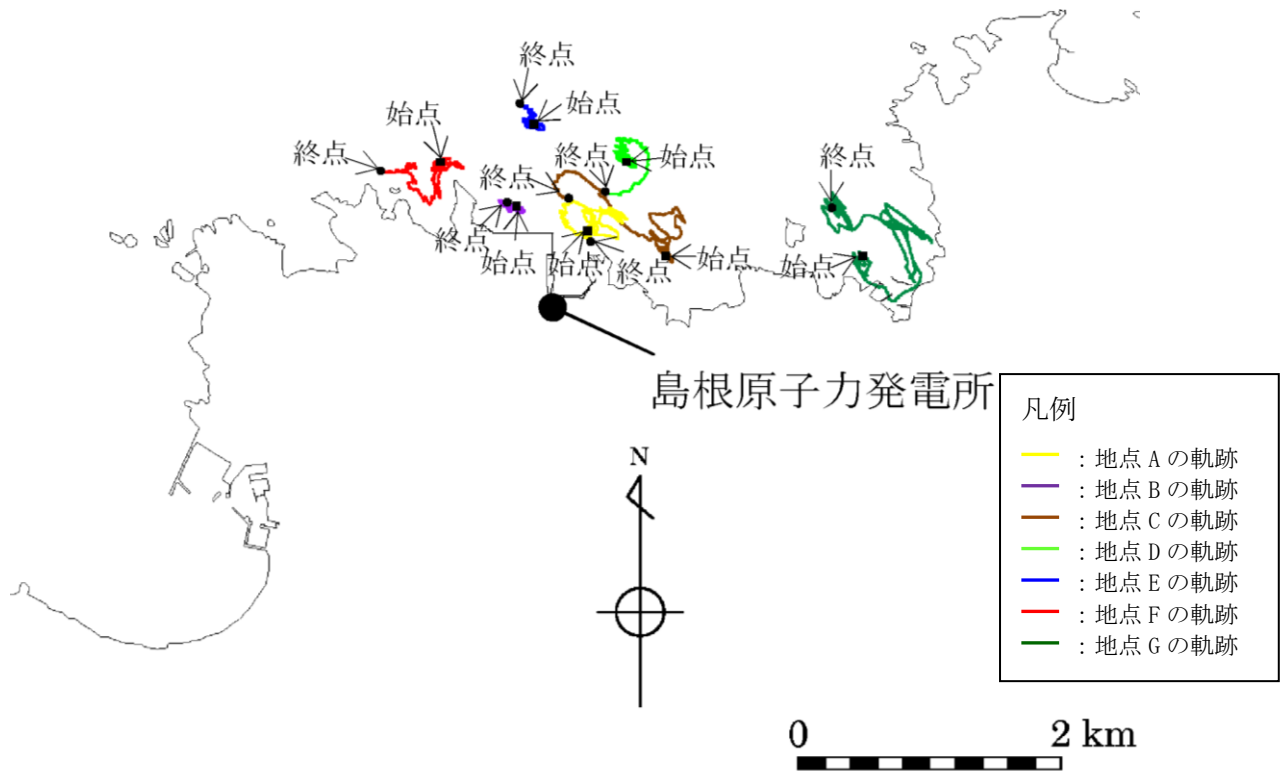
- ・軌跡解析の初期位置により多少の違いはあるものの190分程度までは流速が遅く移動量は小さい。また、始点近傍を主に北西・南東方向に不規則に移動している。
- ・190分から215分までは、流速が速く移動量が大きくなっているが、主に北西・南東方向に不規則に移動しており、その傾向は190分以前と変化はない。
- ・215分以降においては、流速が遅く移動量は小さい。また、215分以前と傾向に変化はなく、主に東西方向の移動を繰り返していることがわかる。
- ・津波の周期が短いこと及び輪谷湾の形状から、押し波後はすぐに反射波により逆向きの流向となり、輪谷湾内へ向かう継続的な流れはない。

以上の結果、発電所方向への連続的な流れはなく、発電所に到達しないと判断した。なお、仮に輪谷湾内に侵入すると想定した場合においても、第2.5-24図に示したとおり、取水口は海中にあり、取水口に到達しないと考えられる。

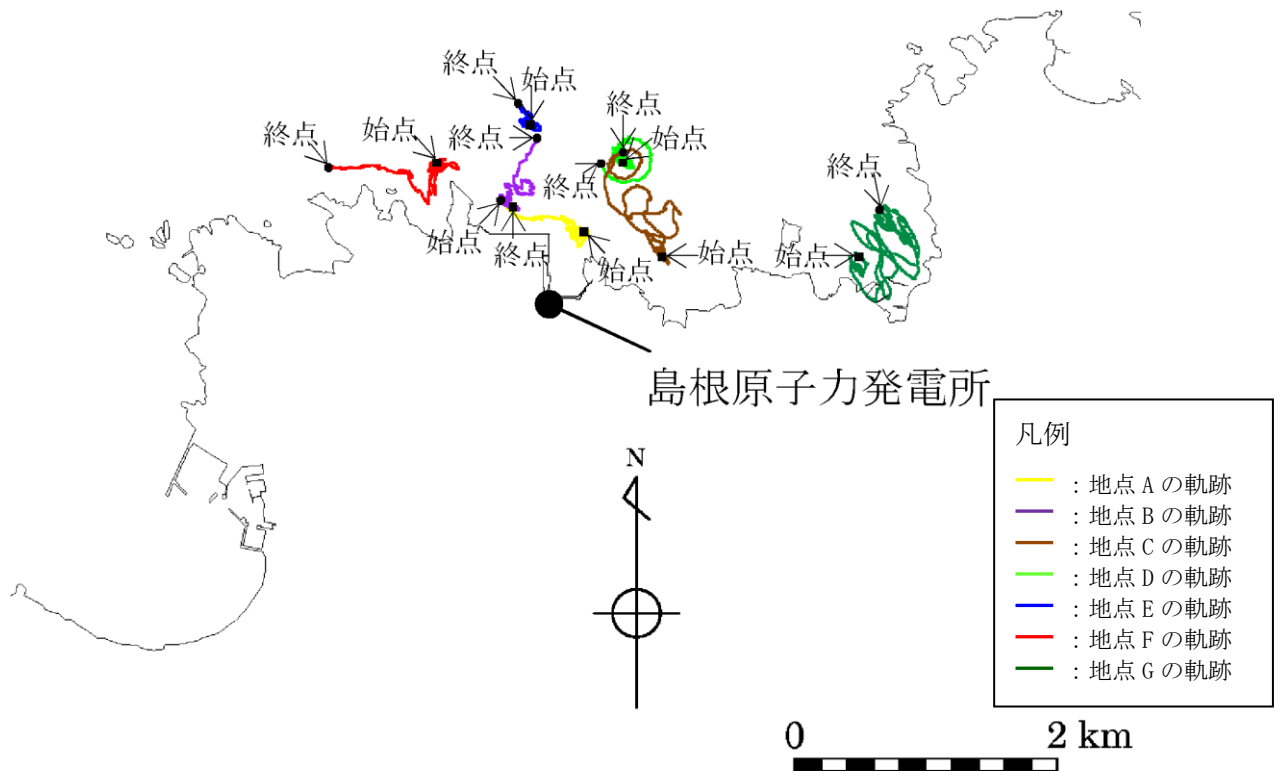
以上のことから、発電所構外（海域）において抽出された周辺漁港の漁船、航行中の漁船については、いずれも取水口に到達しないと評価した。



第 2.5-29 図 軌跡解析の初期配置

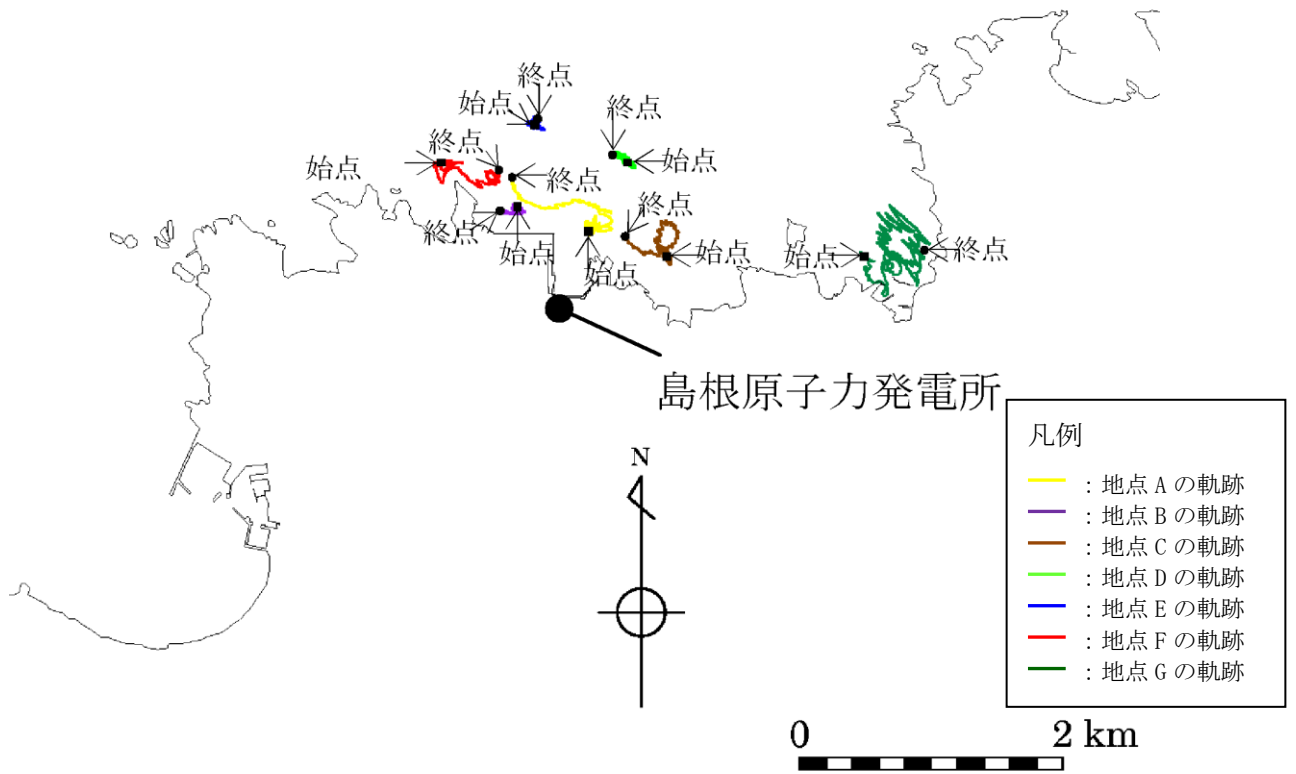


(基準津波 1 (防波堤有り))

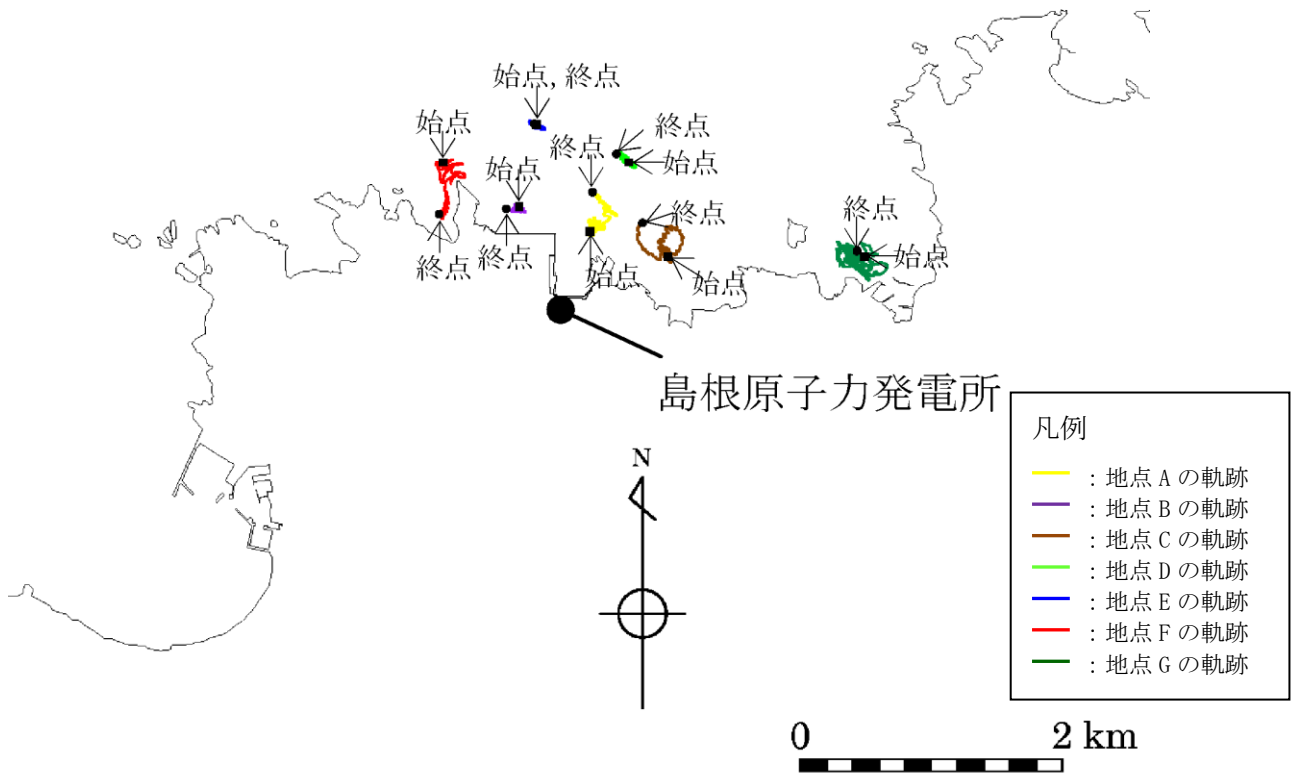


(基準津波 1 (防波堤無し))

第 2.5-30-1 図 軌跡解析結果

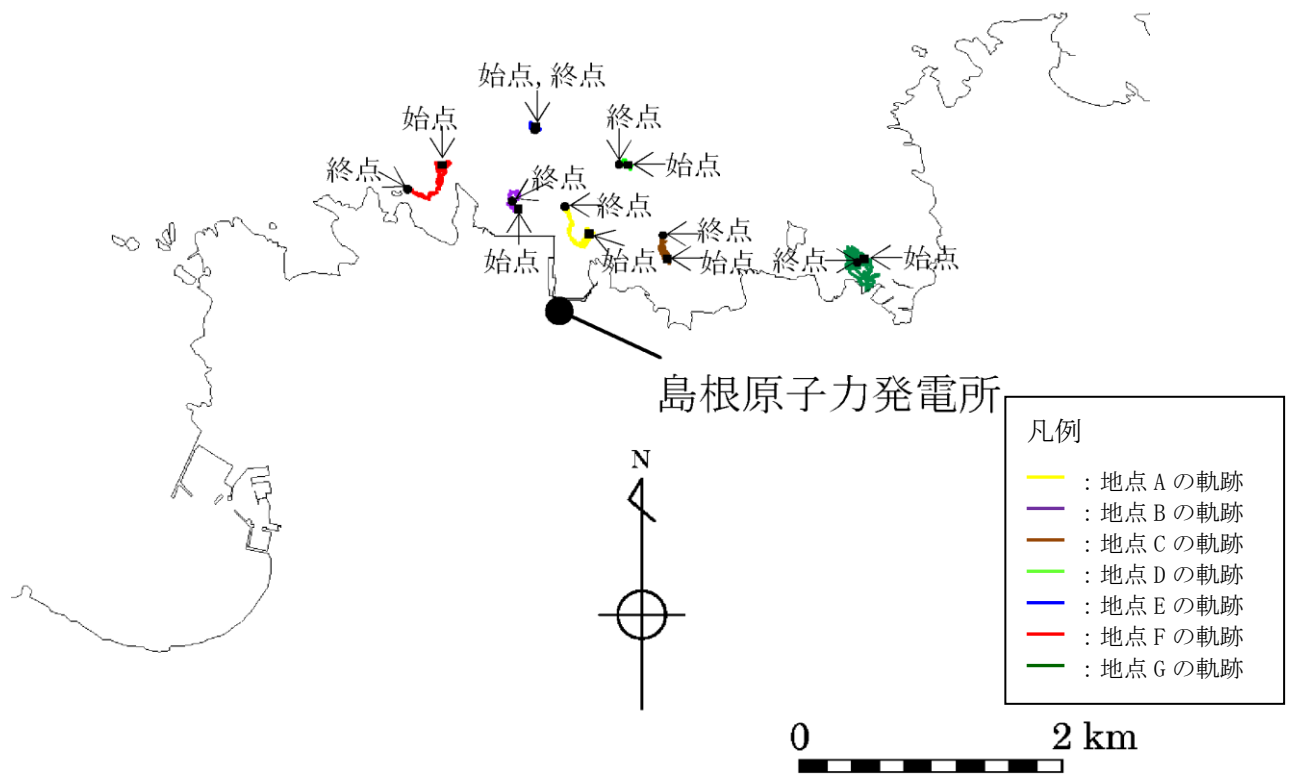


(基準津波 2 (防波堤有り))

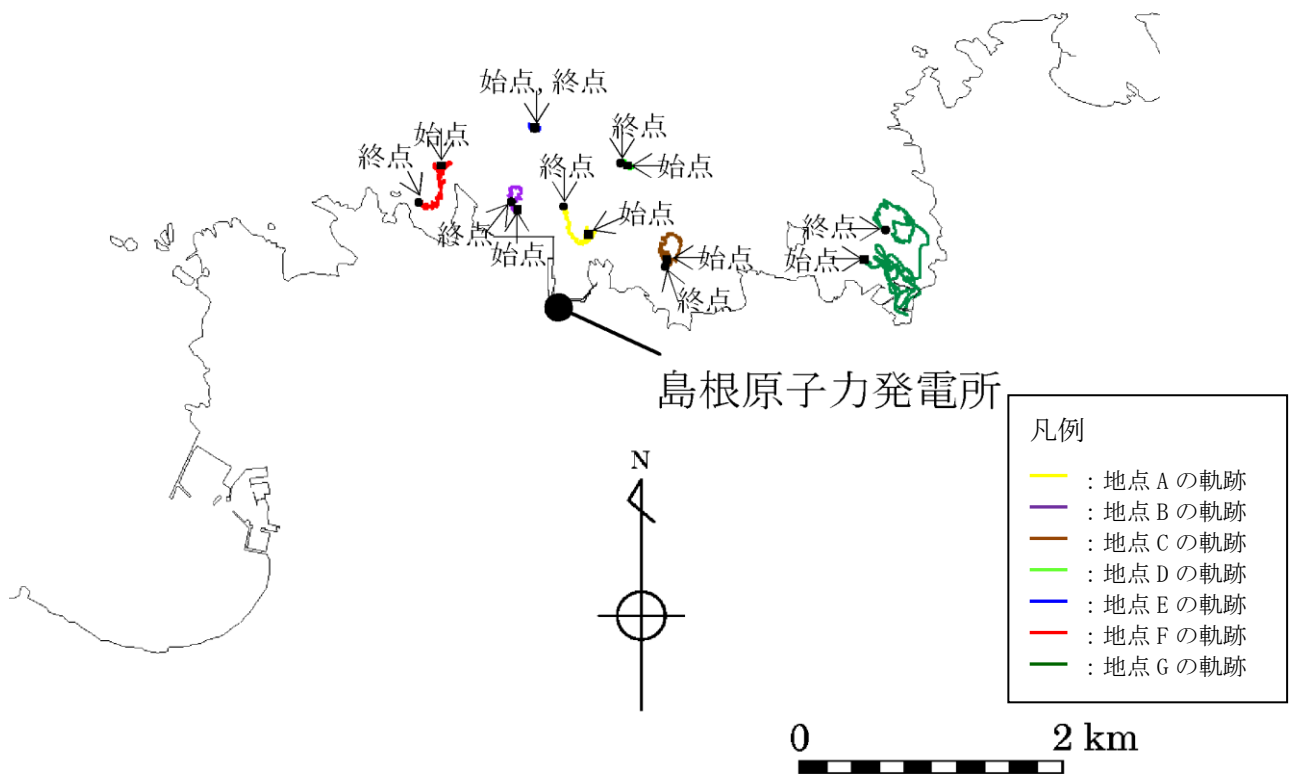


(基準津波 3 (防波堤有り))

第 2.5-30-2 図 軌跡解析結果

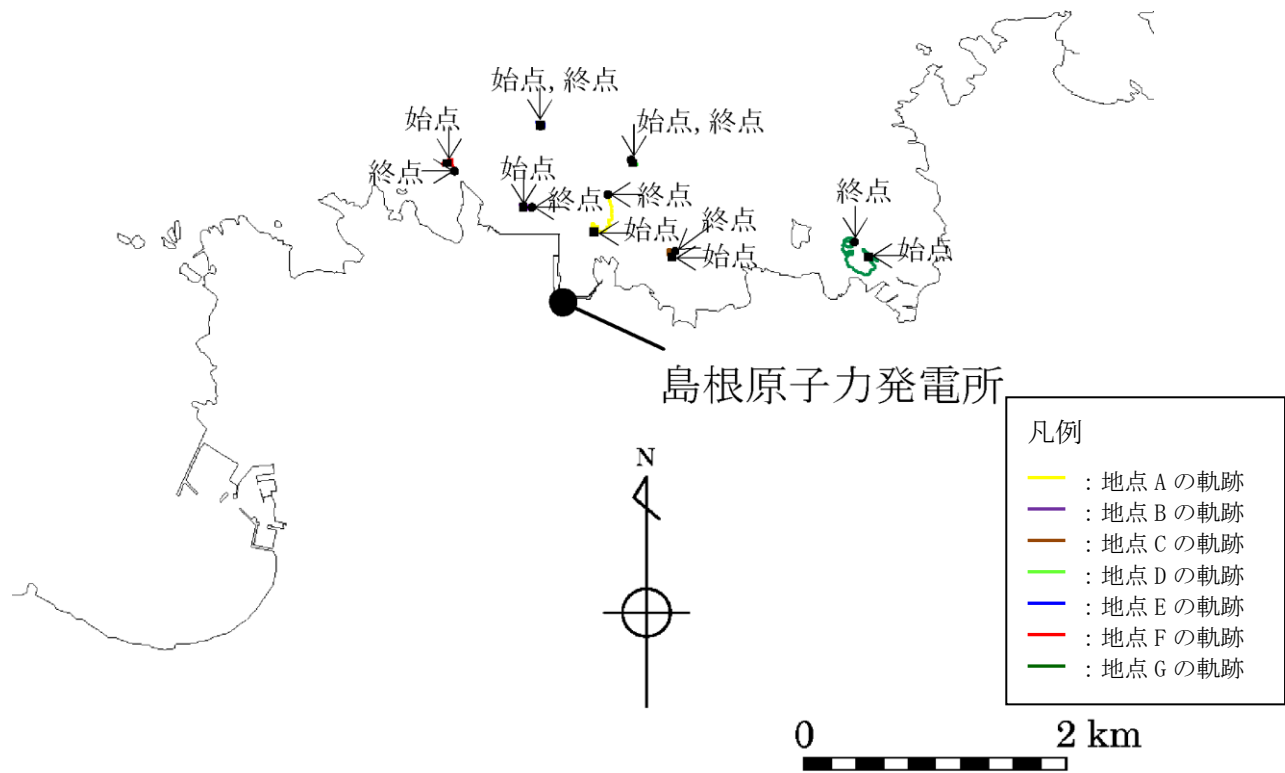


(基準津波 5 (防波堤無し))

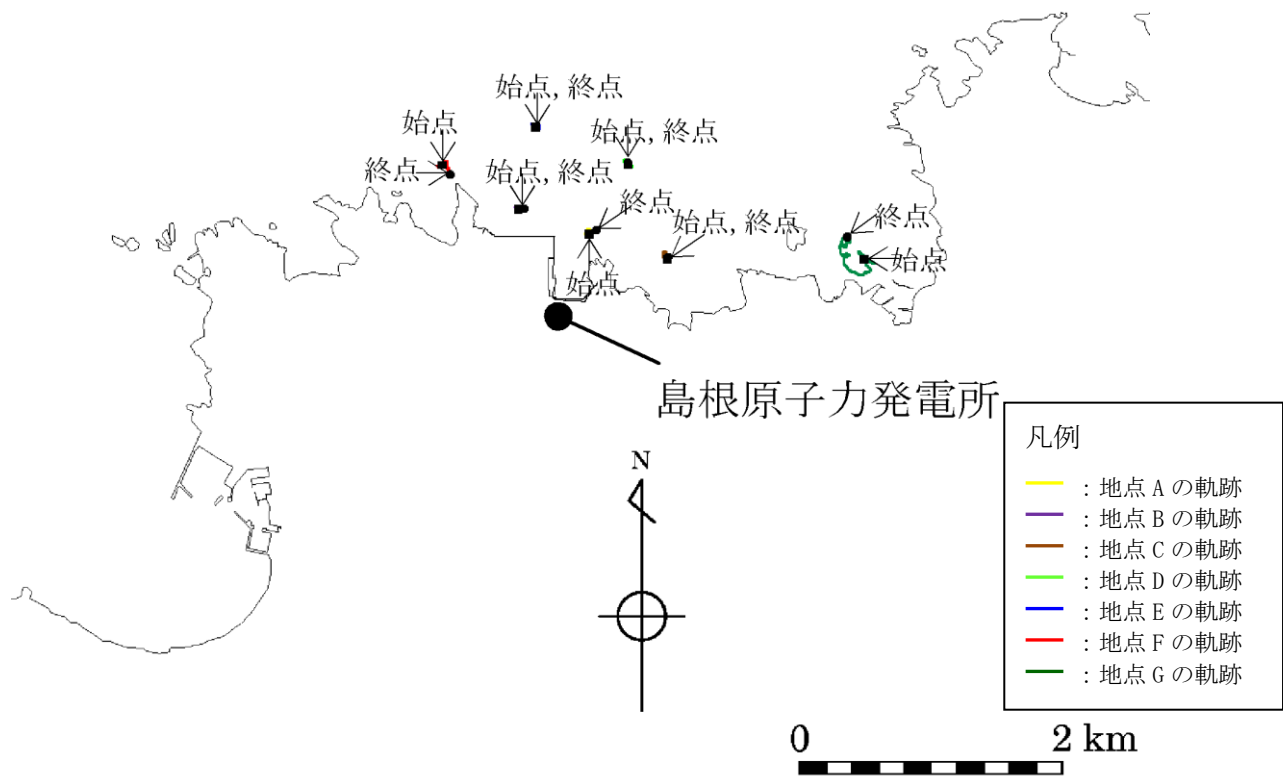


(基準津波 6 (防波堤無し))

第 2.5-30-3 図 軌跡解析結果

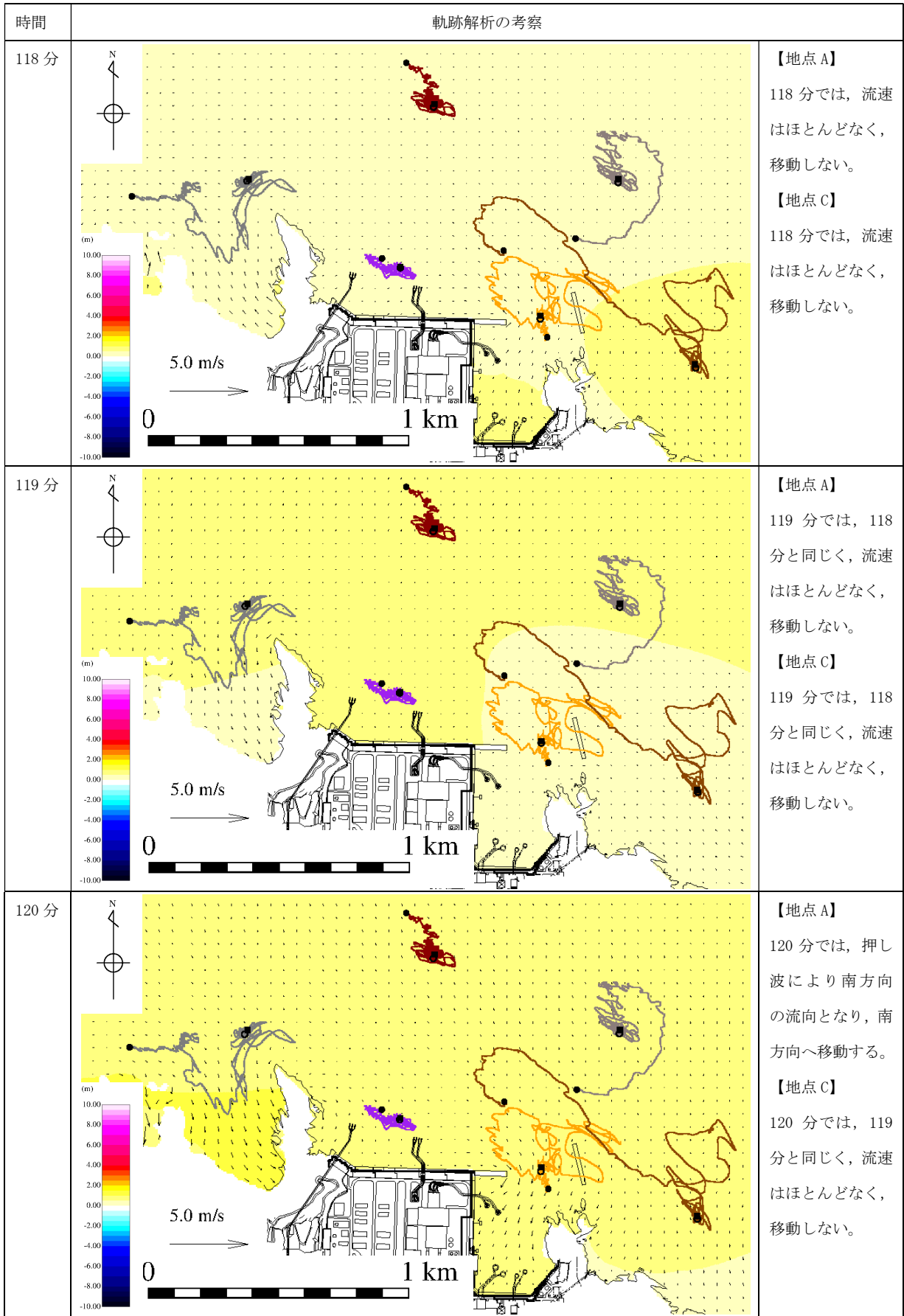


(基準津波 4 (防波堤有り))

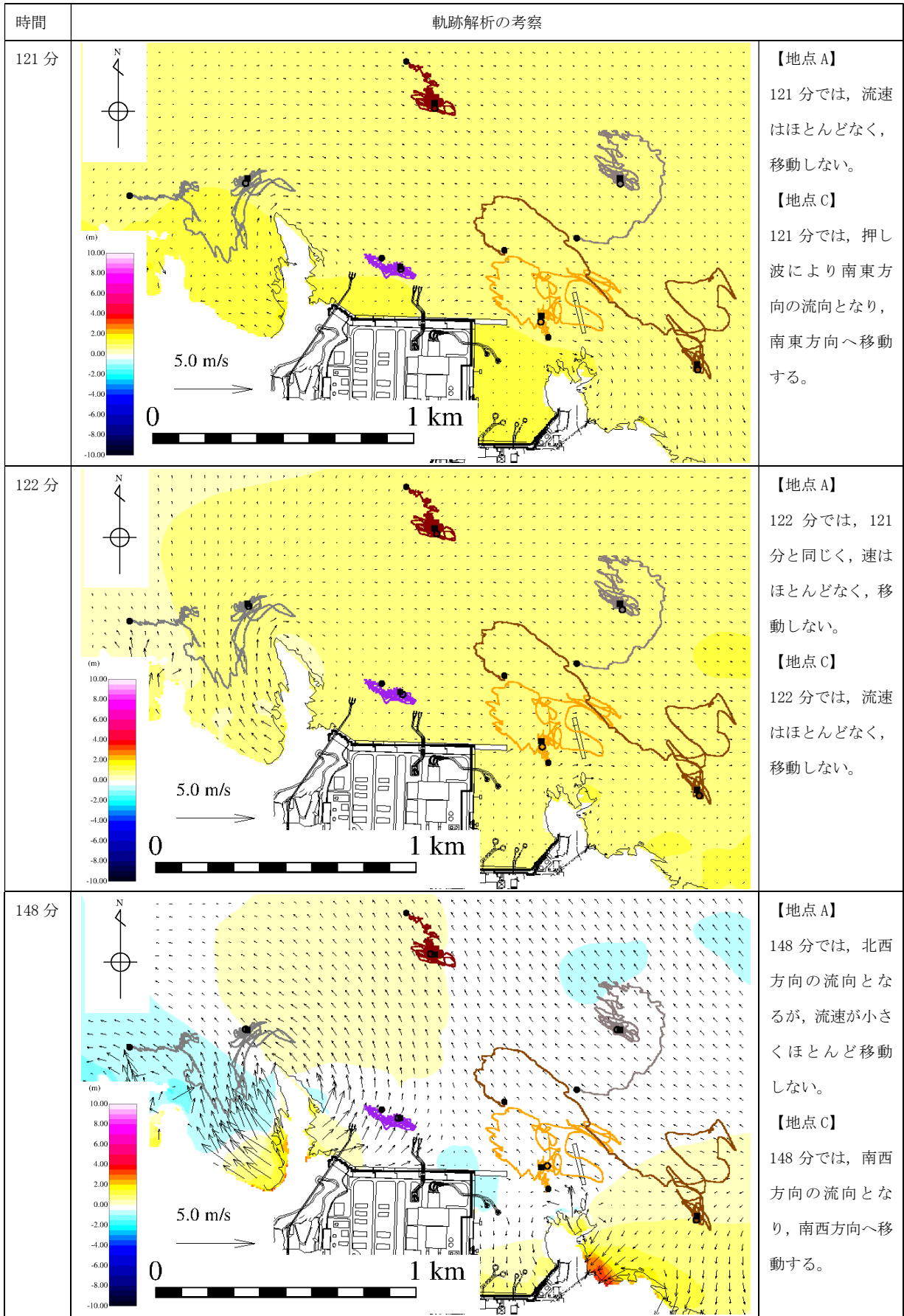


(基準津波 4 (防波堤無し))

第 2.5-30-4 図 軌跡解析結果



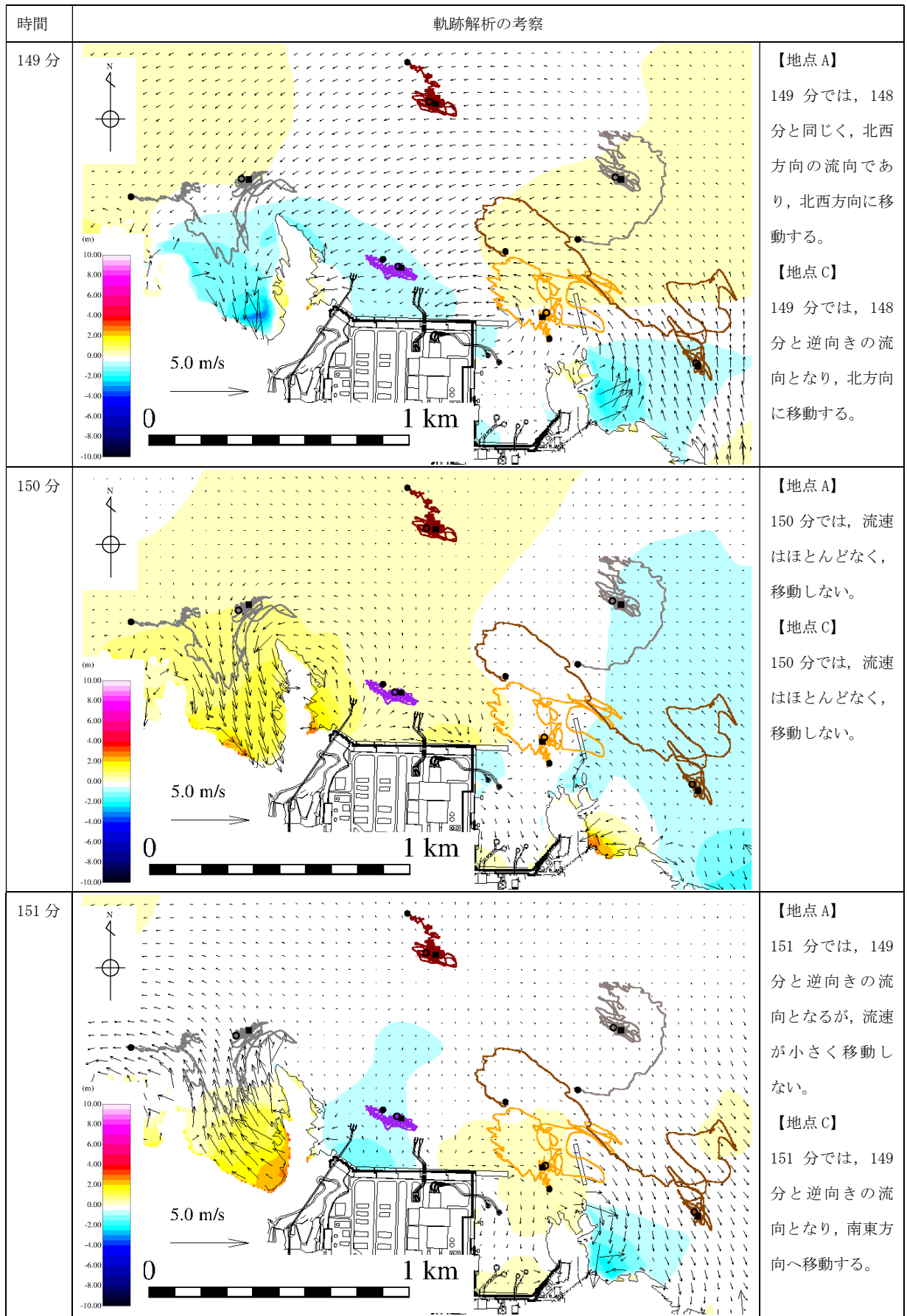
第 2.5-31-1 図 軌跡解析の評価結果



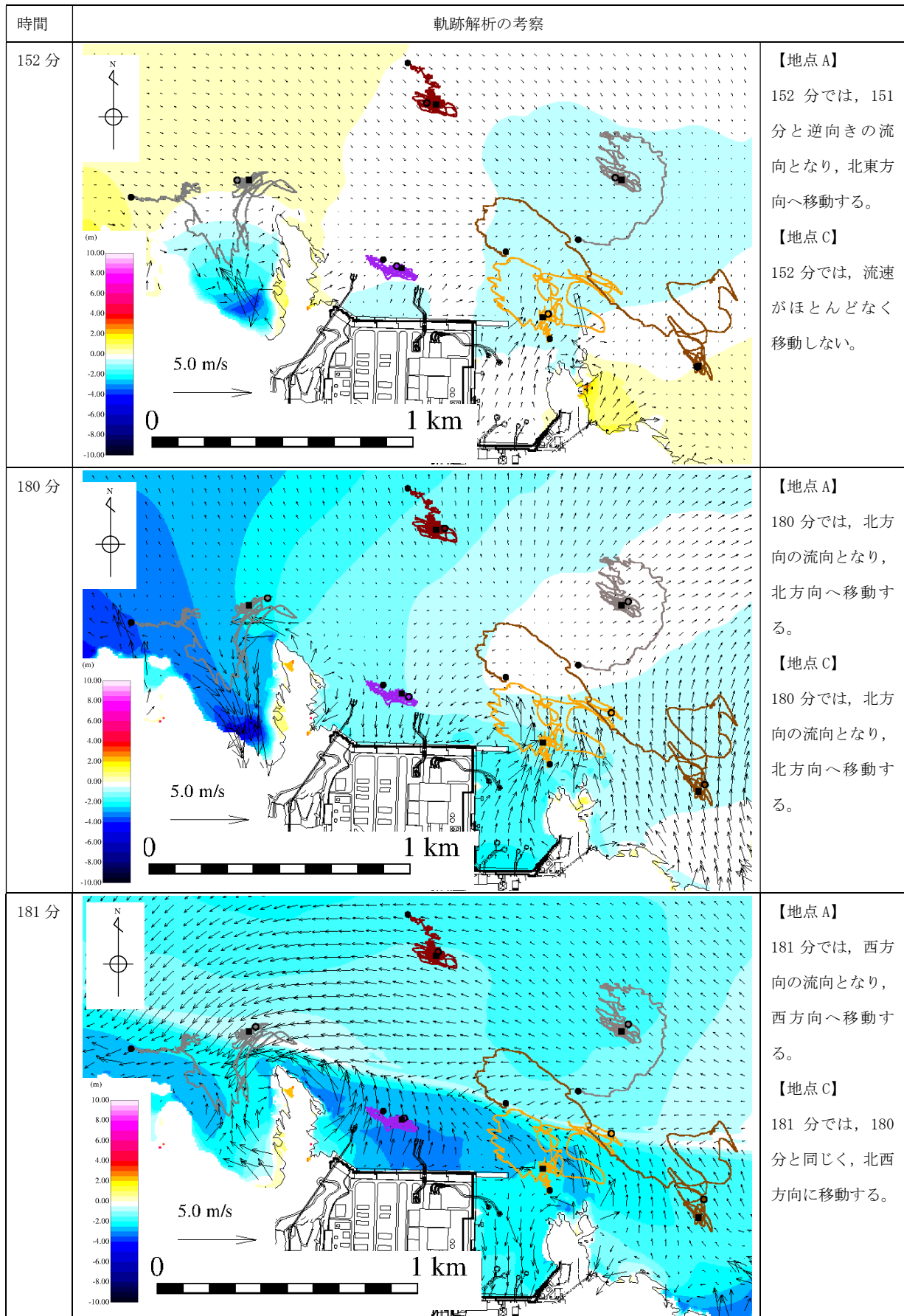
※123 分から 147 分まで同様な傾向であり省略する。



第 2.5-31-2 図 軌跡解析の評価結果



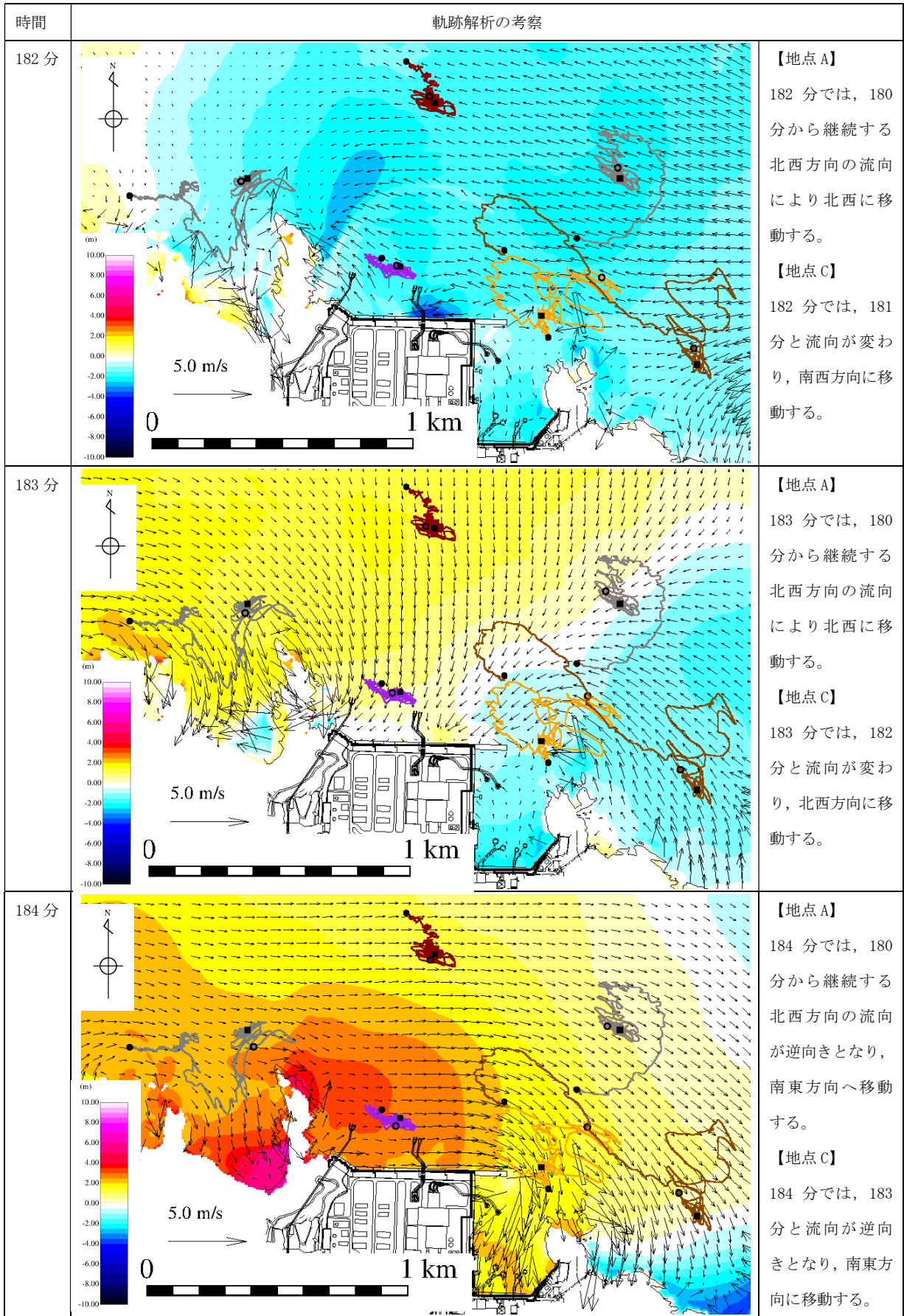
第 2.5-31-3 図 軌跡解析の評価結果



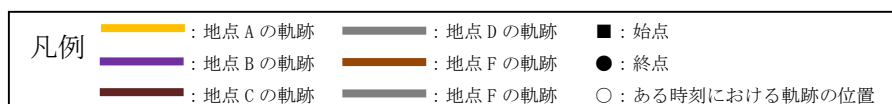
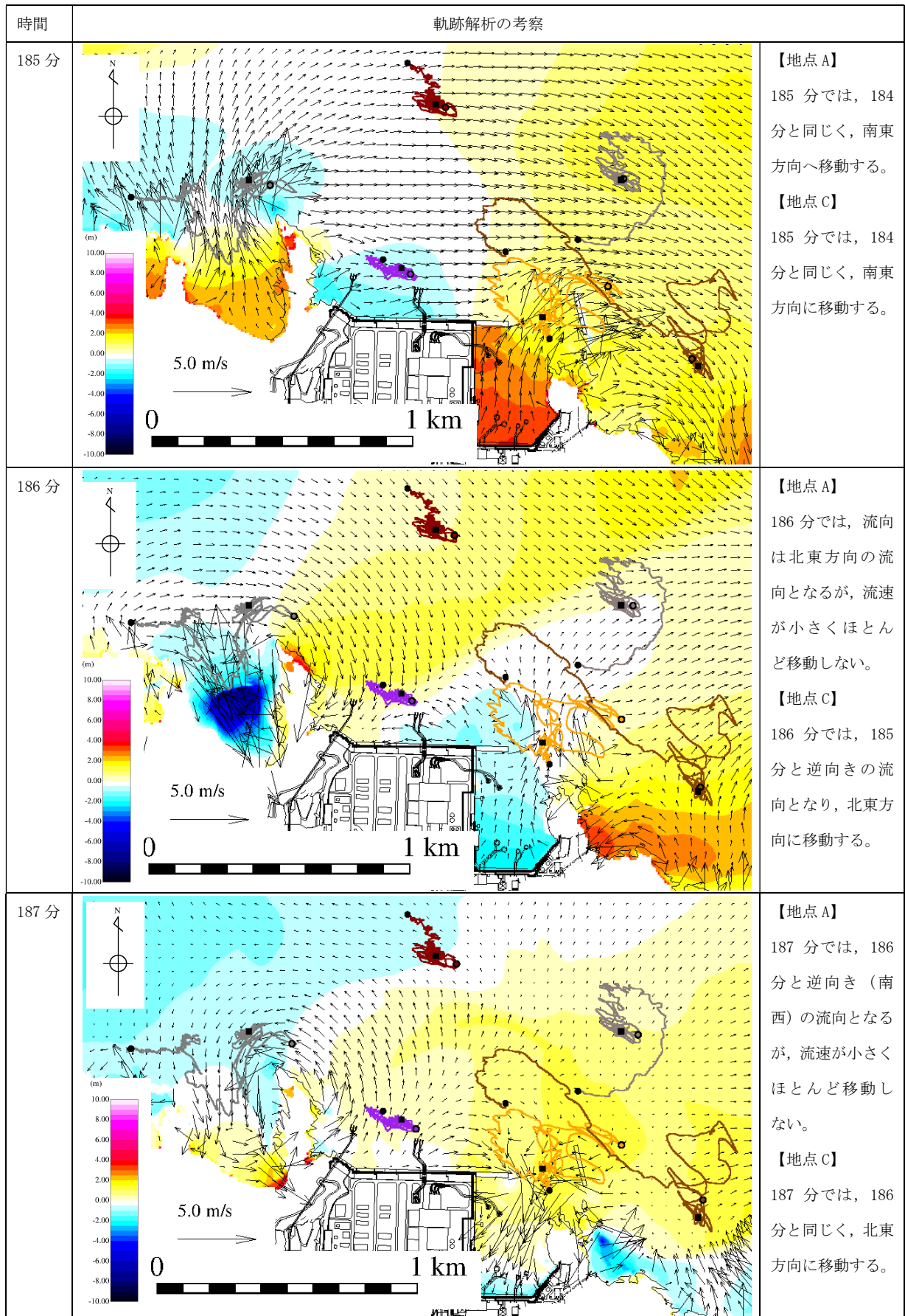
※153分から179分まで同様な傾向であり省略する。



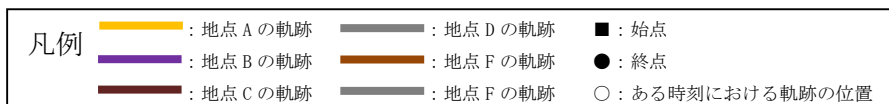
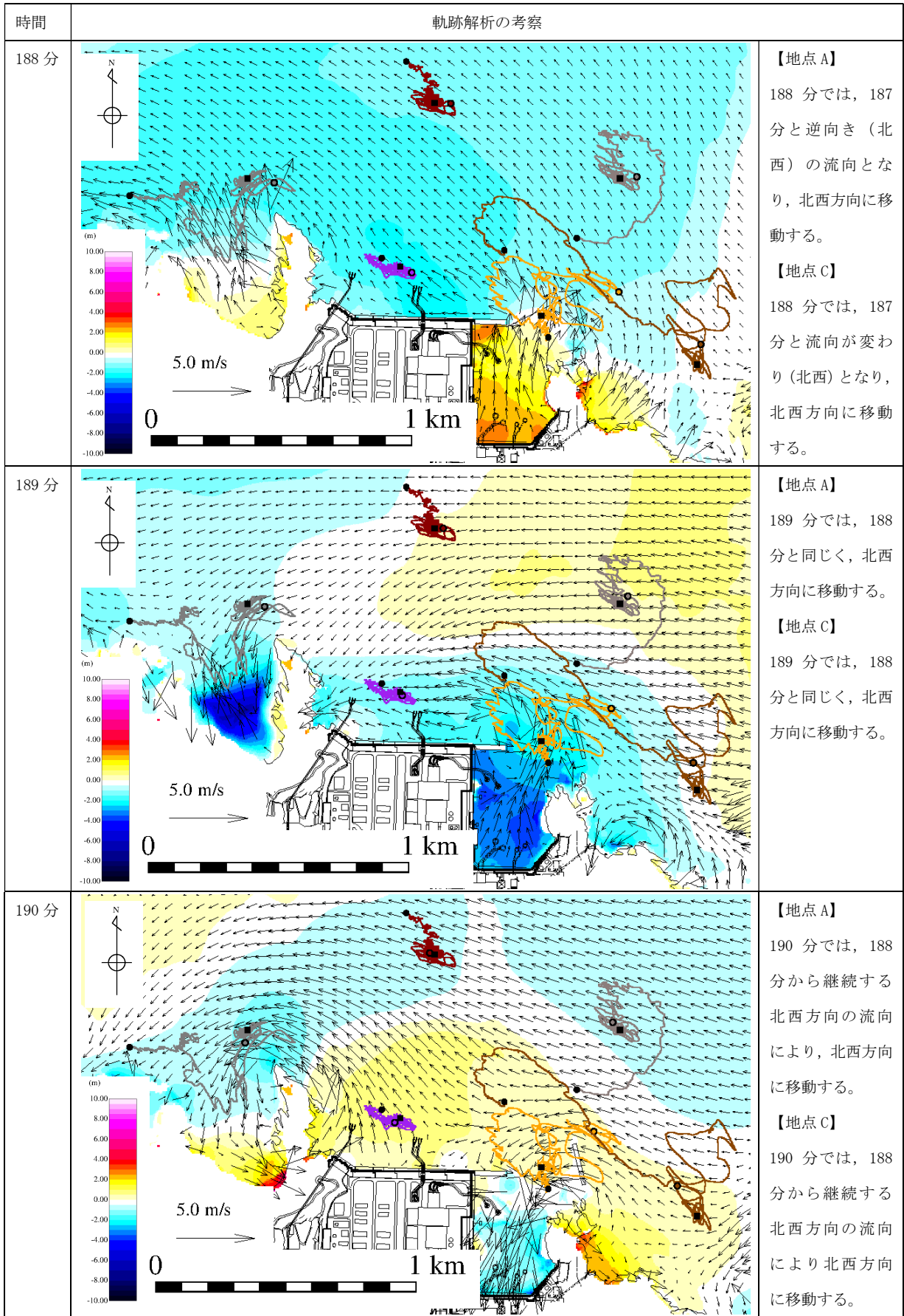
第 2.5-31-4 図 軌跡解析の評価結果



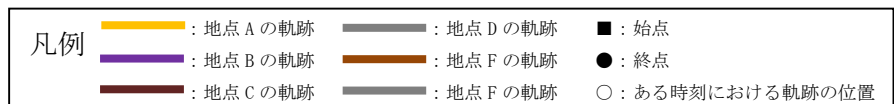
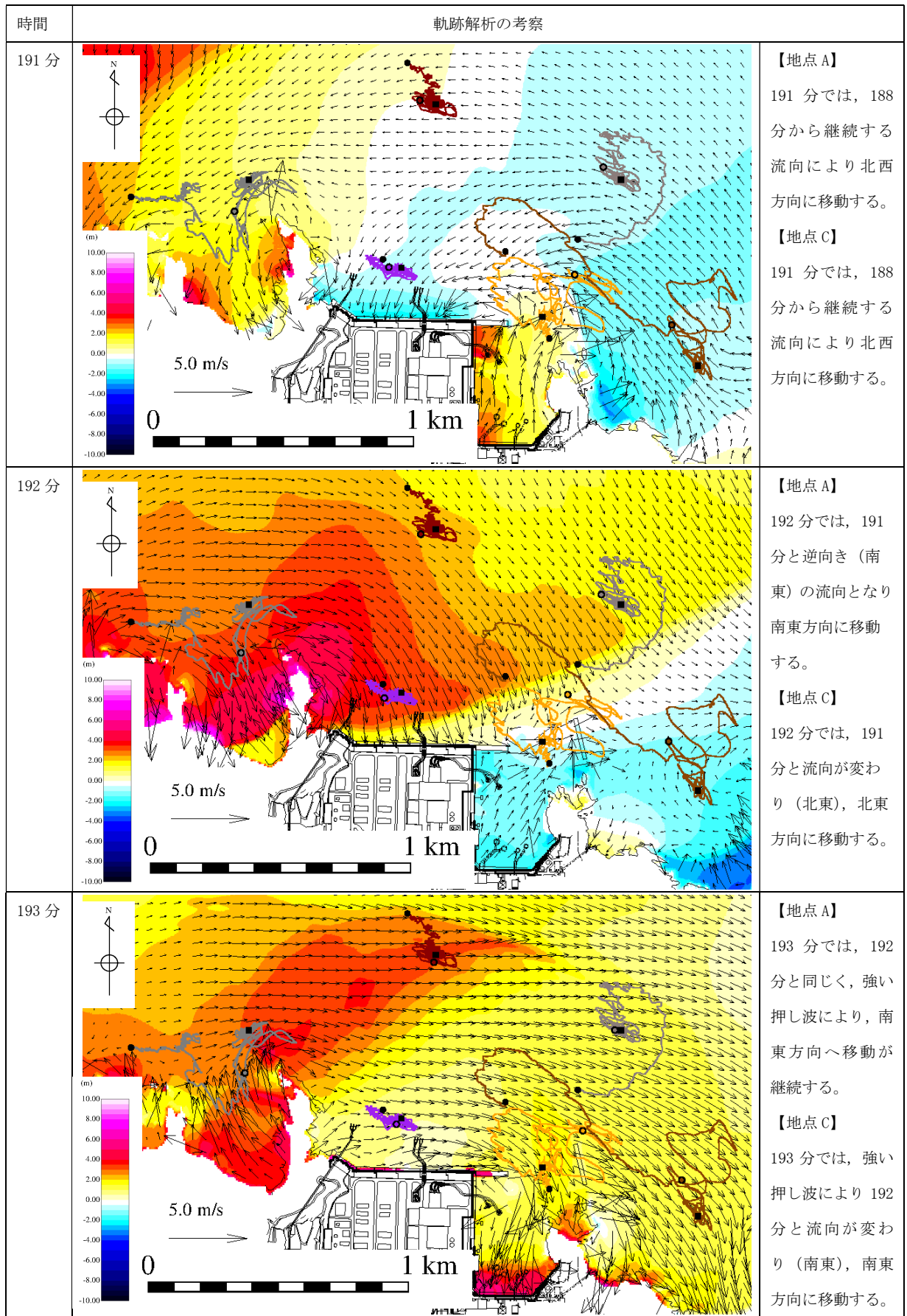
第 2.5-31-5 図 軌跡解析の評価結果



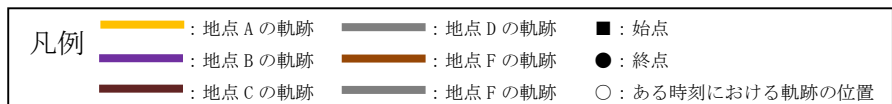
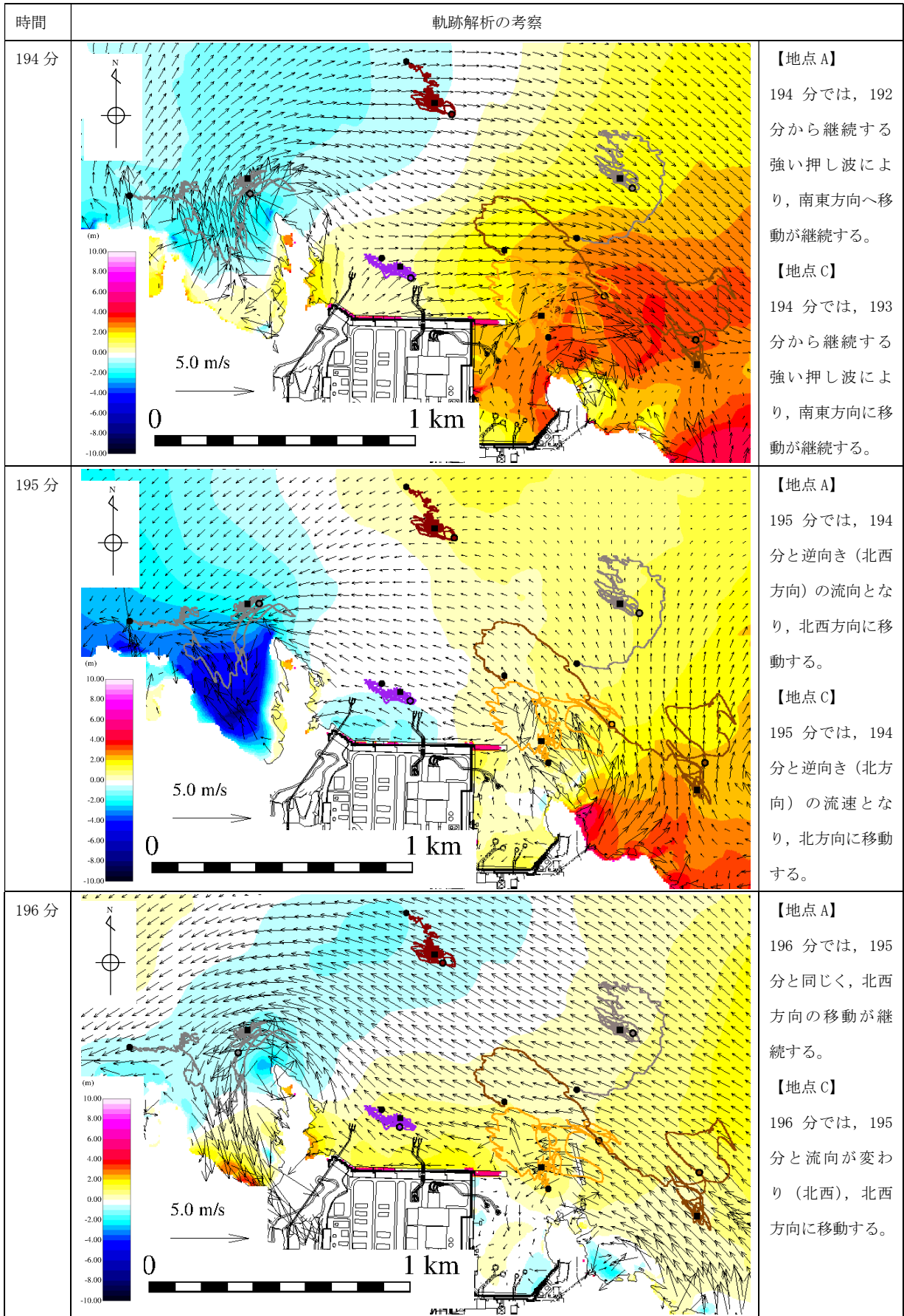
第 2.5-31-6 図 軌跡解析の評価結果



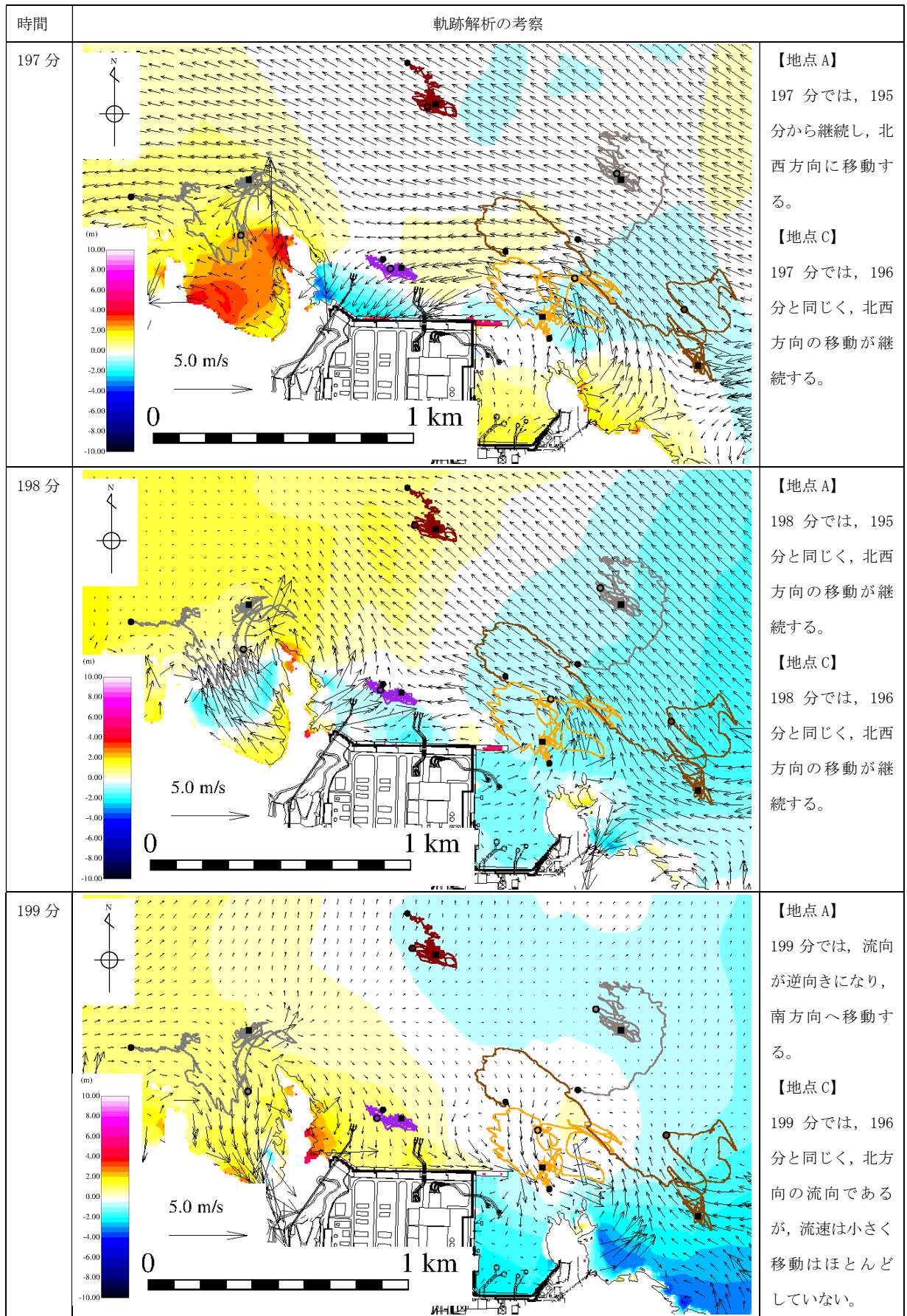
第 2.5-31-7 図 軌跡解析の評価結果



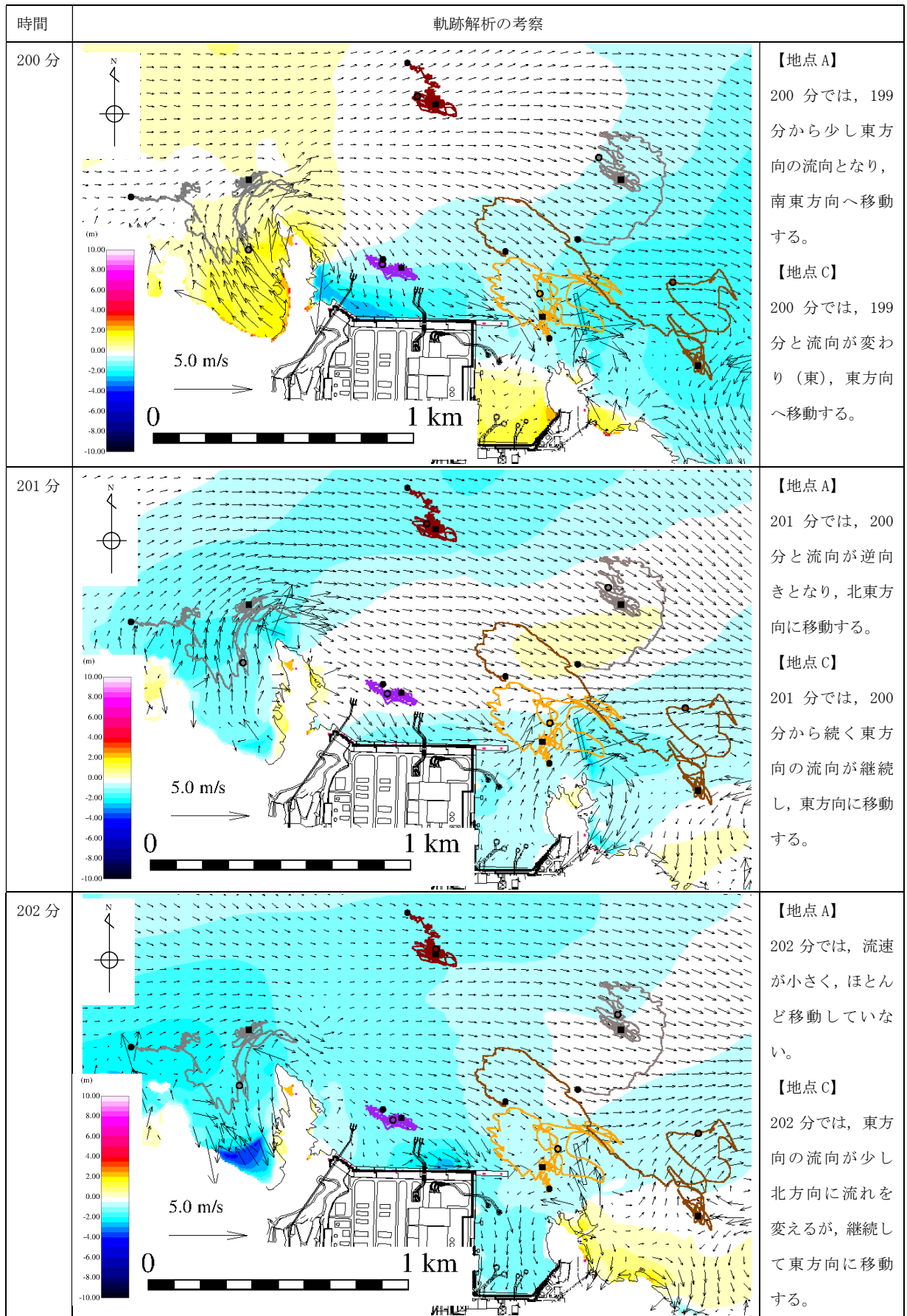
第 2.5-31-8 図 軌跡解析の評価結果



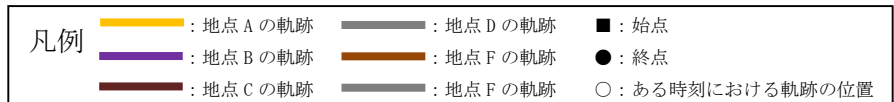
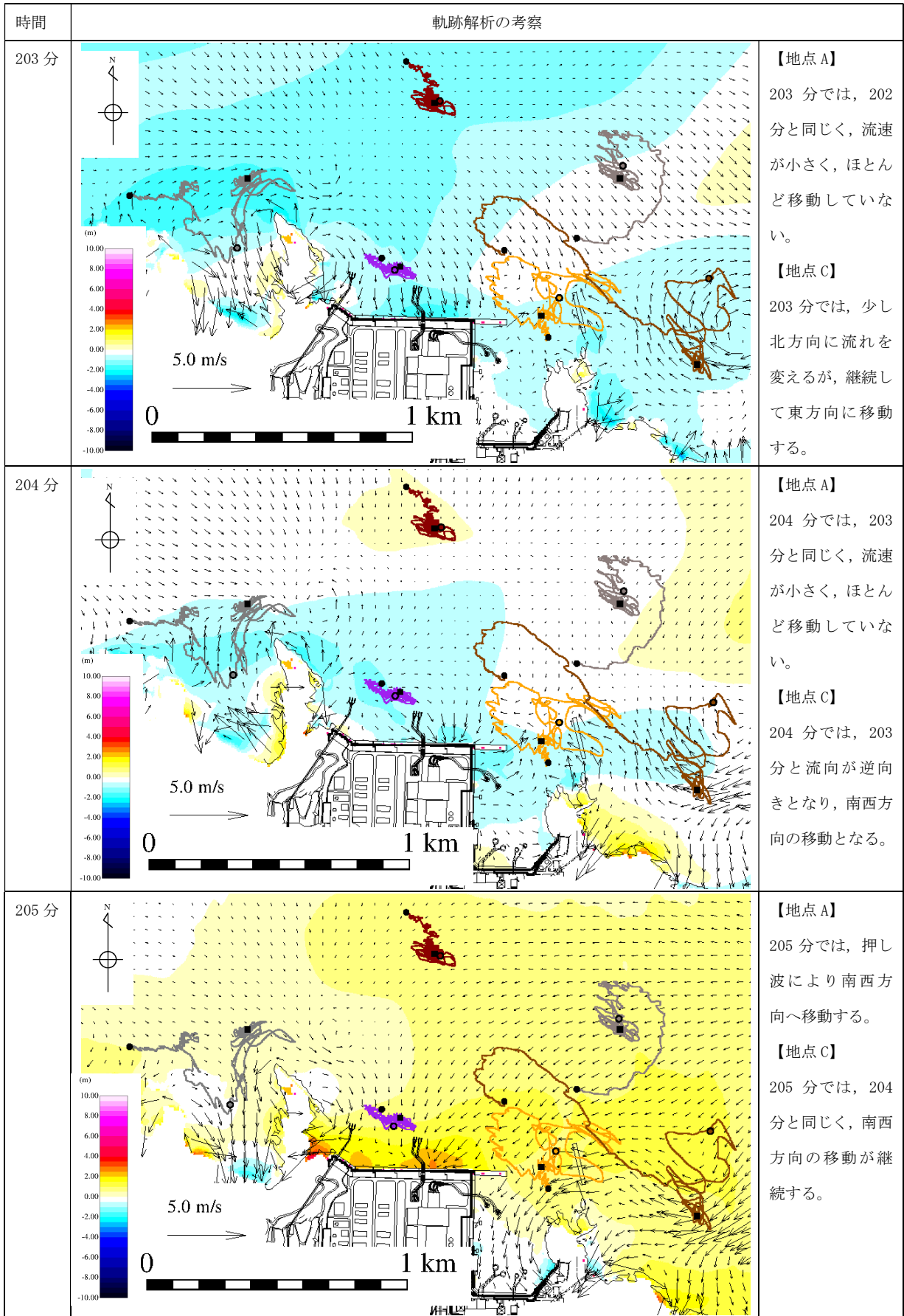
第 2.5-31-9 図 軌跡解析の評価結果



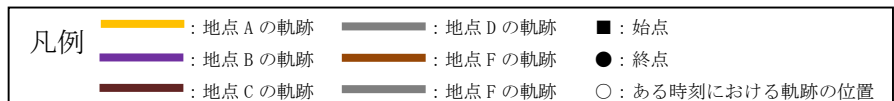
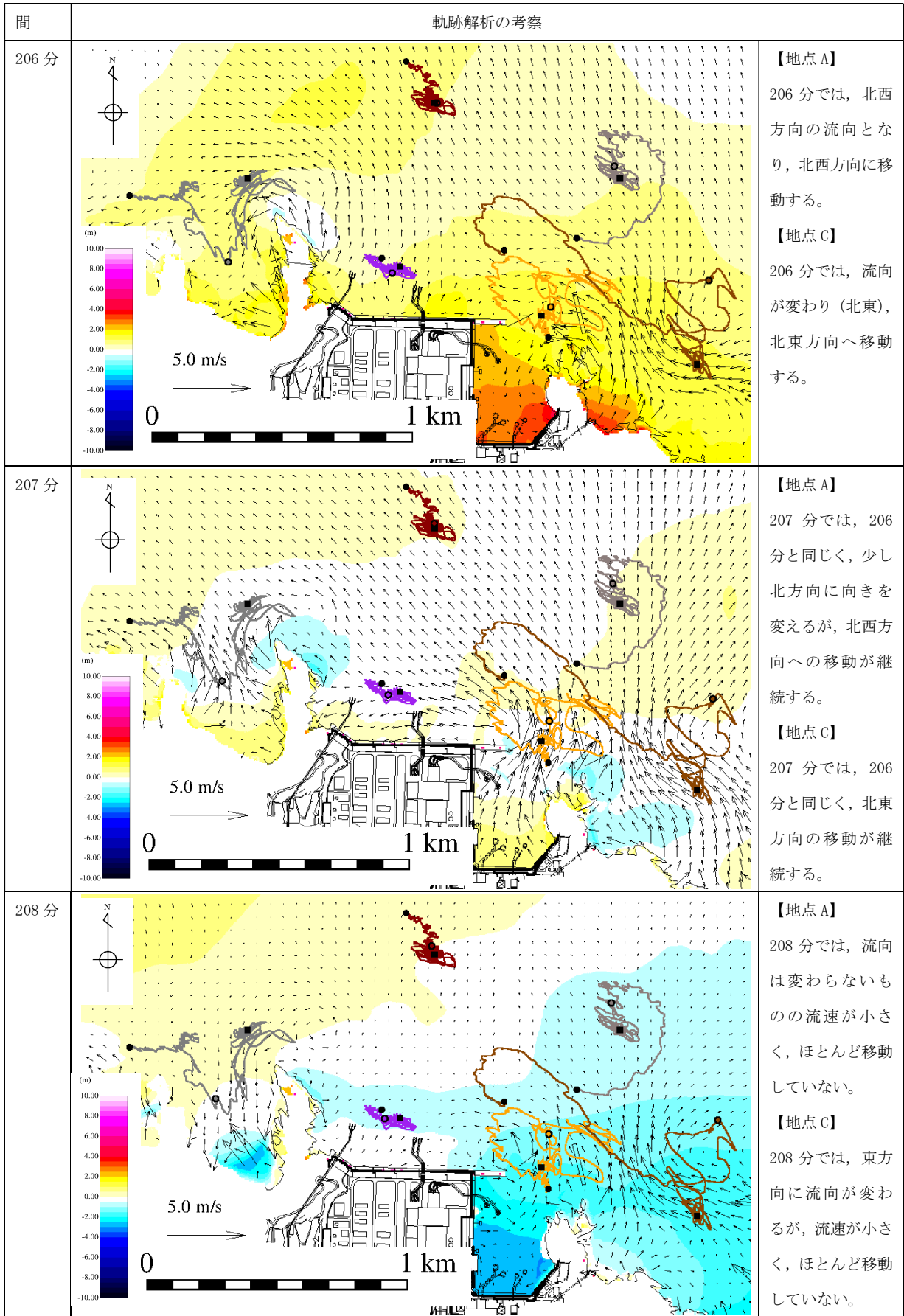
第 2.5-31-10 図 軌跡解析の評価結果



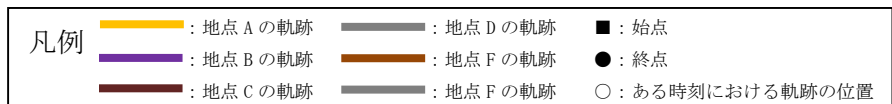
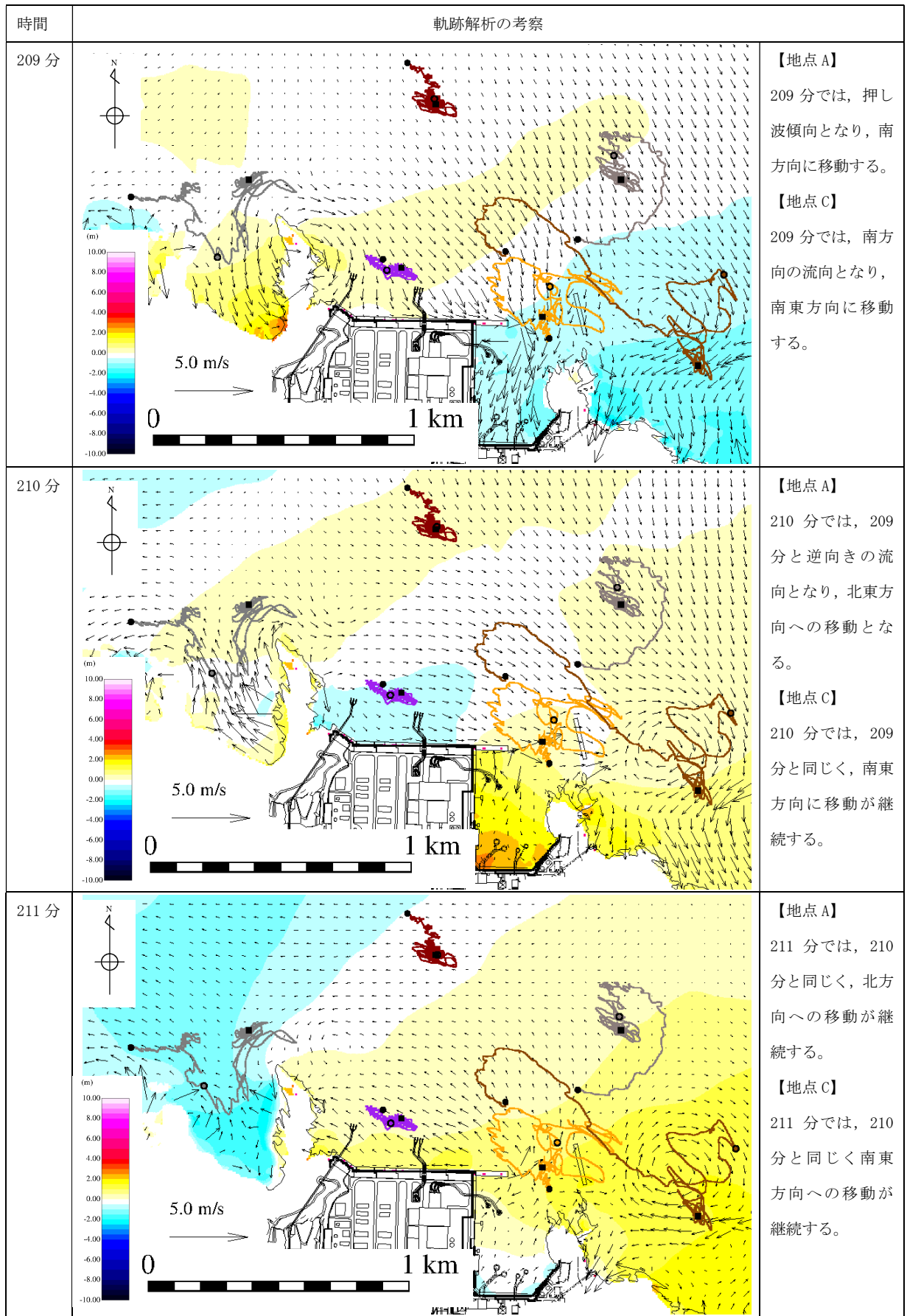
第 2.5-31-11 図 軌跡解析の評価結果



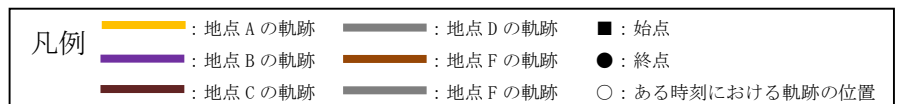
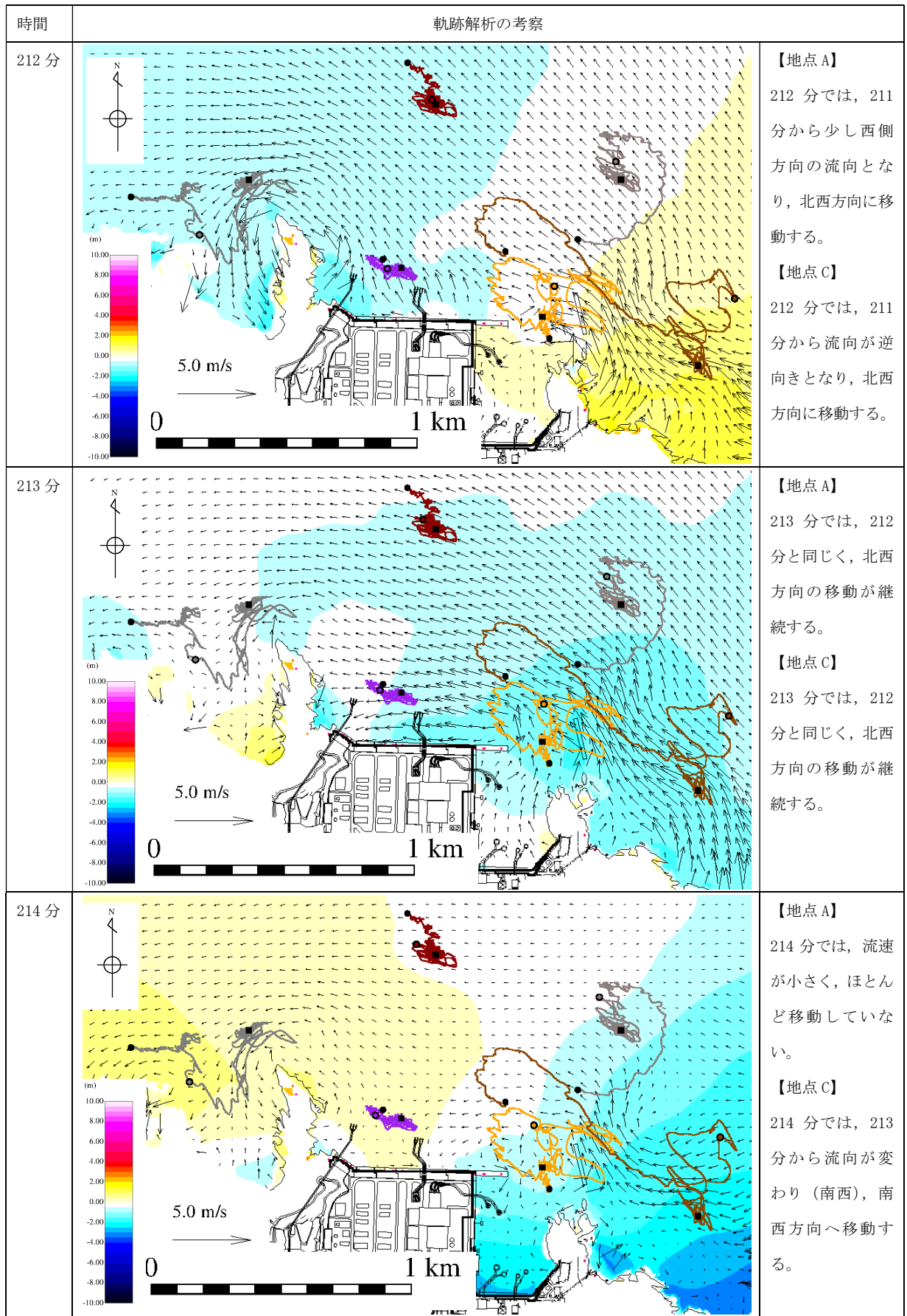
第 2.5-31-12 図 軌跡解析の評価結果



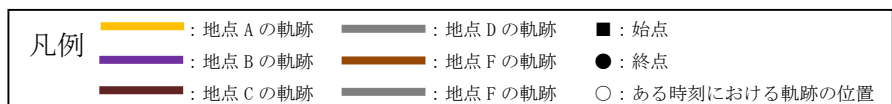
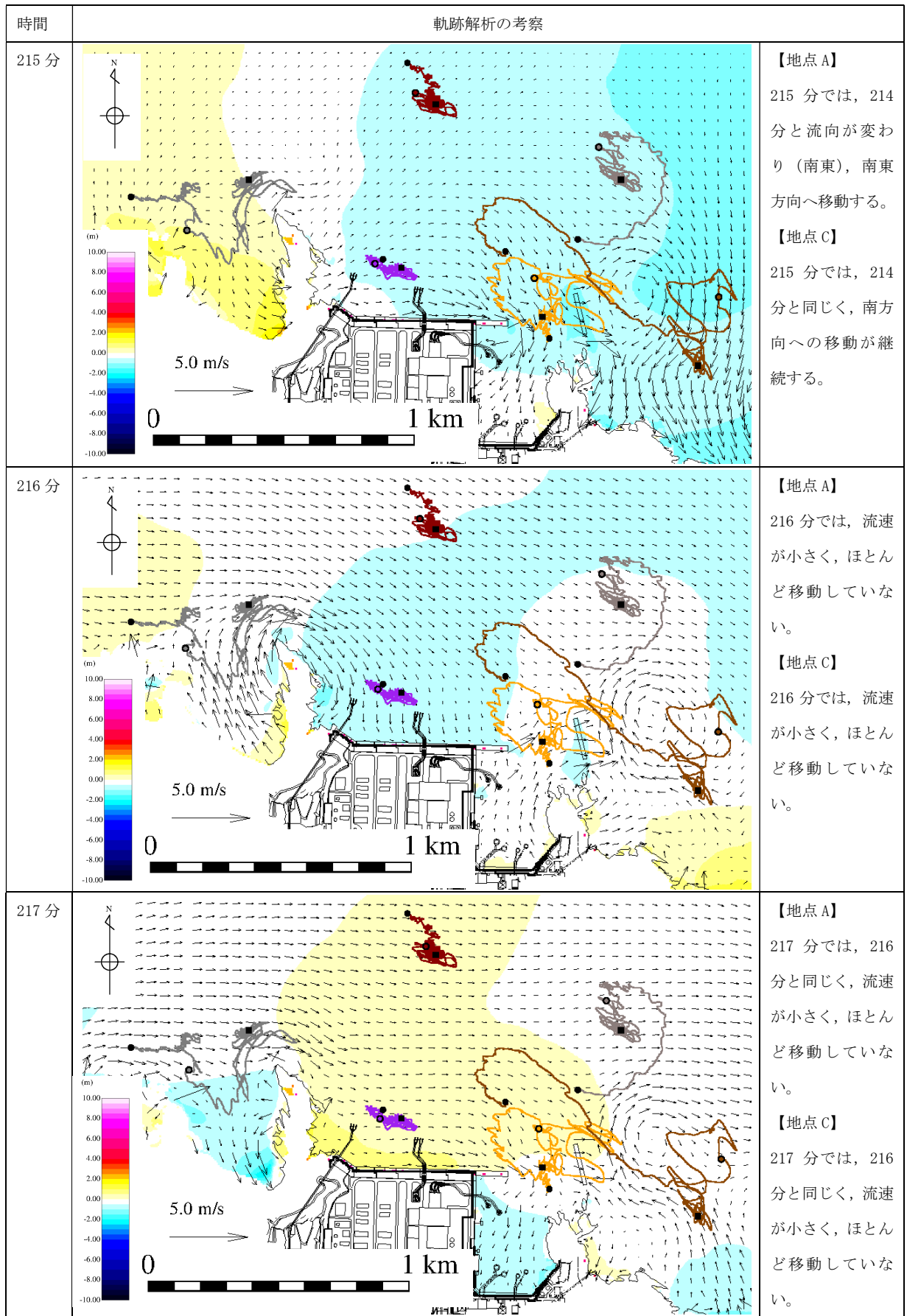
第 2.5-31-13 図 軌跡解析の評価結果



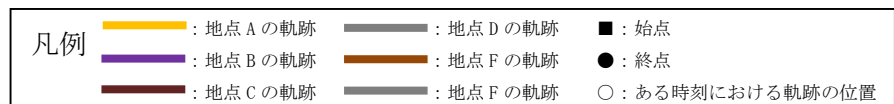
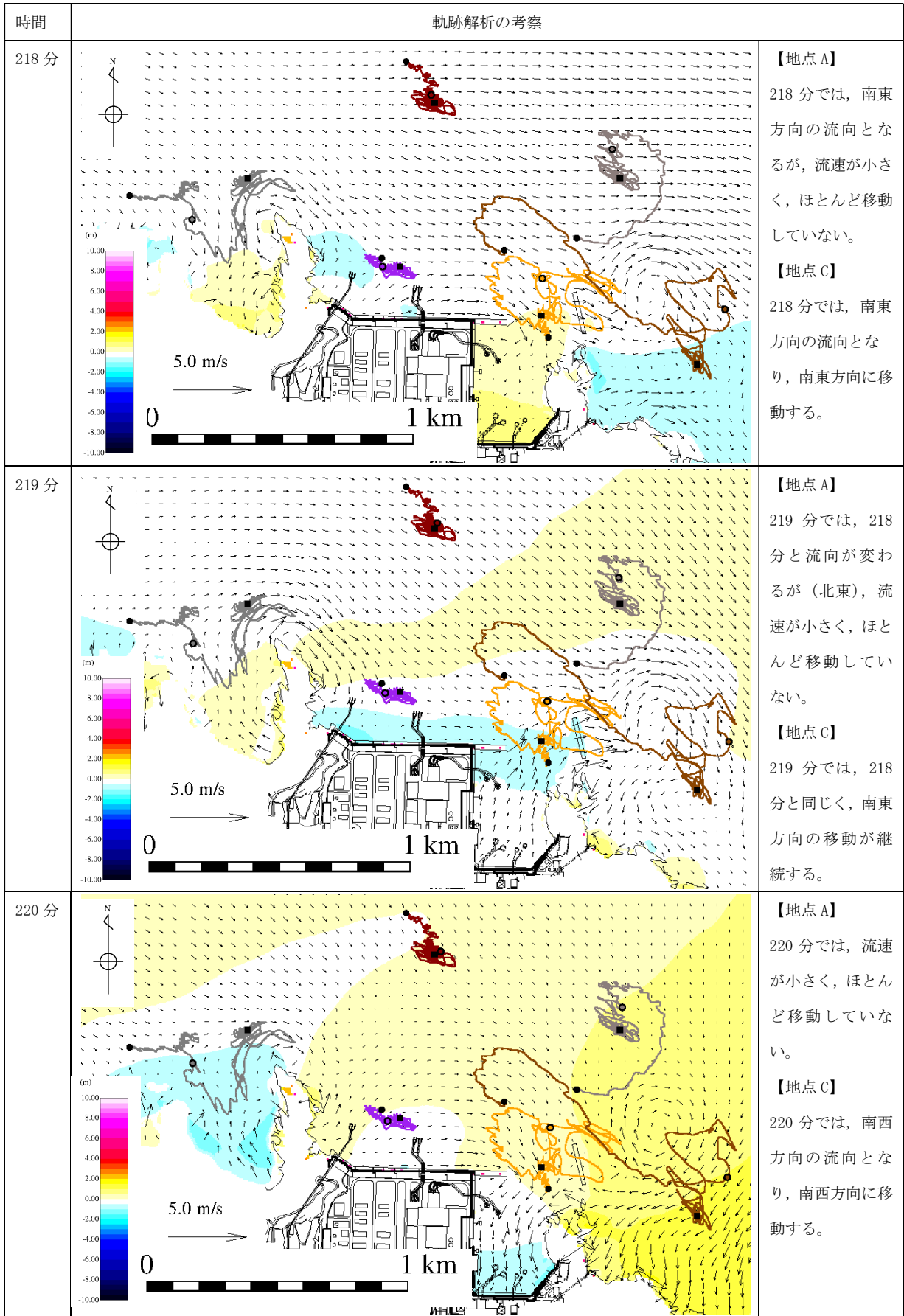
第 2.5-31-14 図 軌跡解析の評価結果



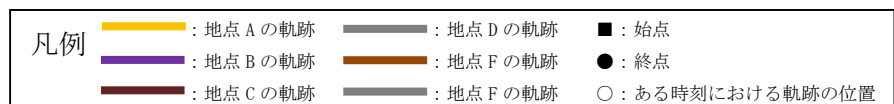
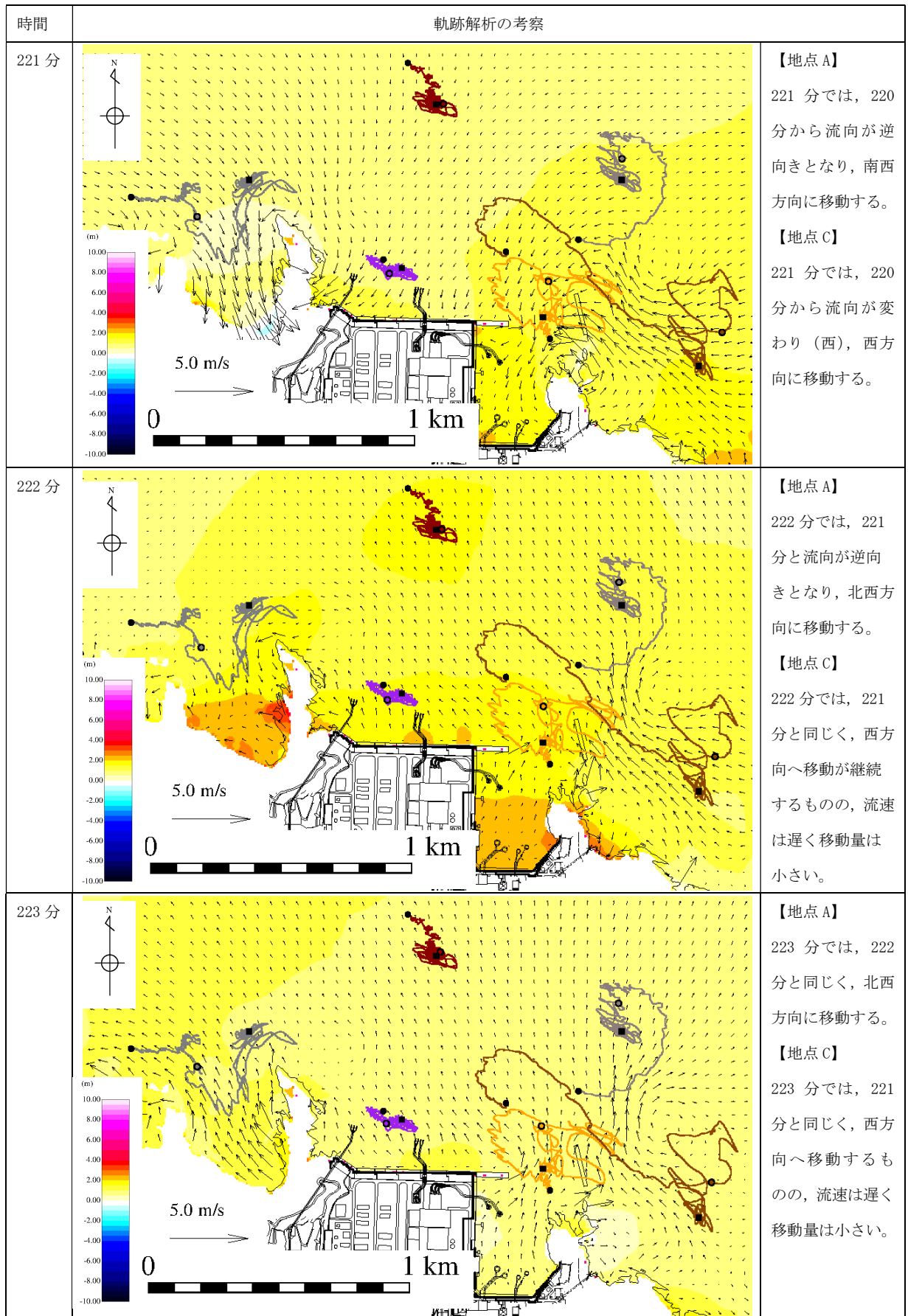
第 2.5-31-15 図 軌跡解析の評価結果



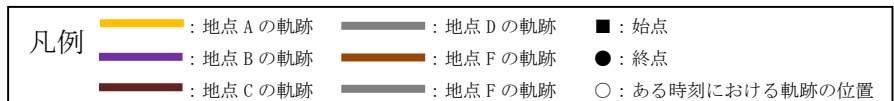
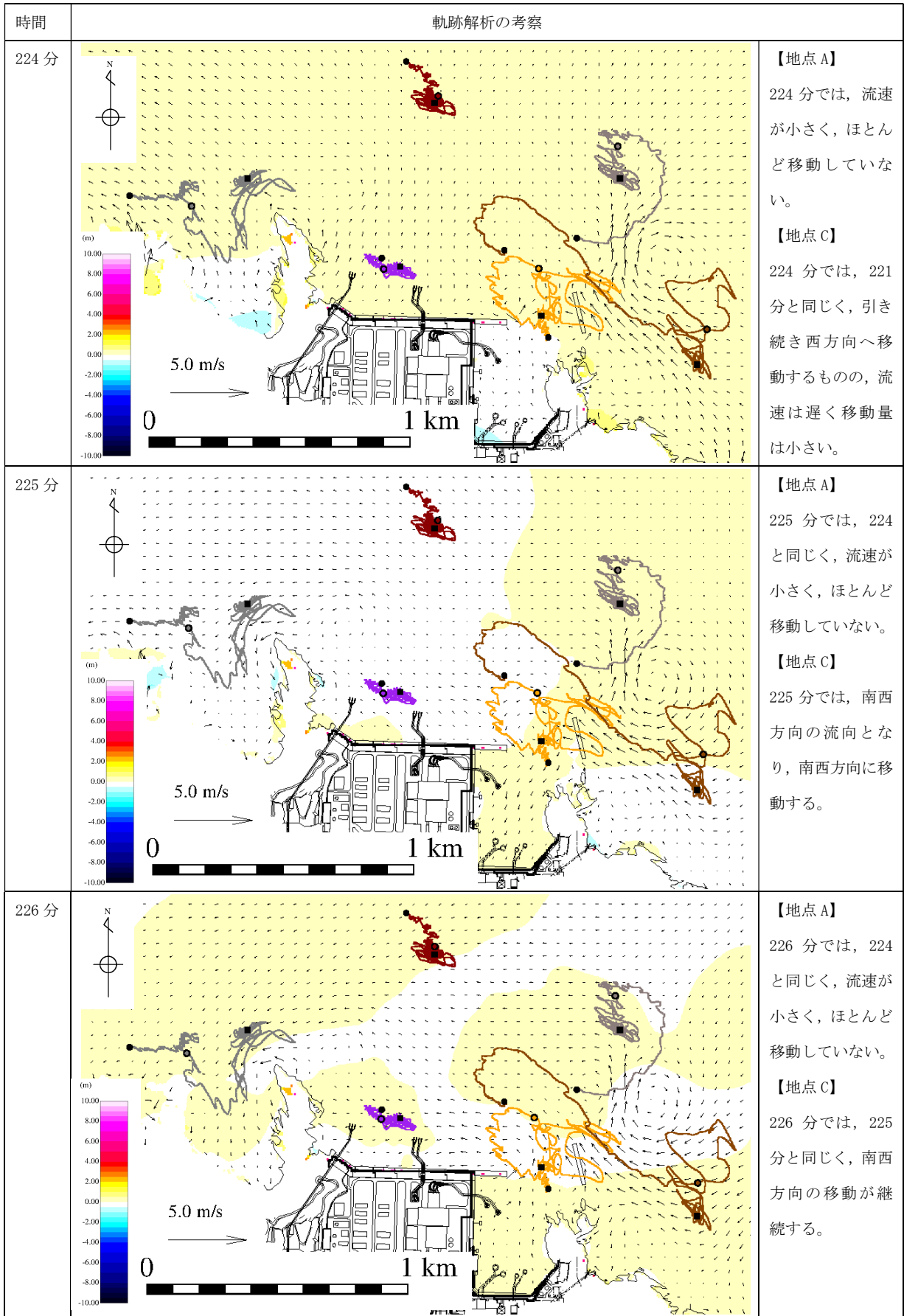
第 2.5-31-16 図 軌跡解析の評価結果



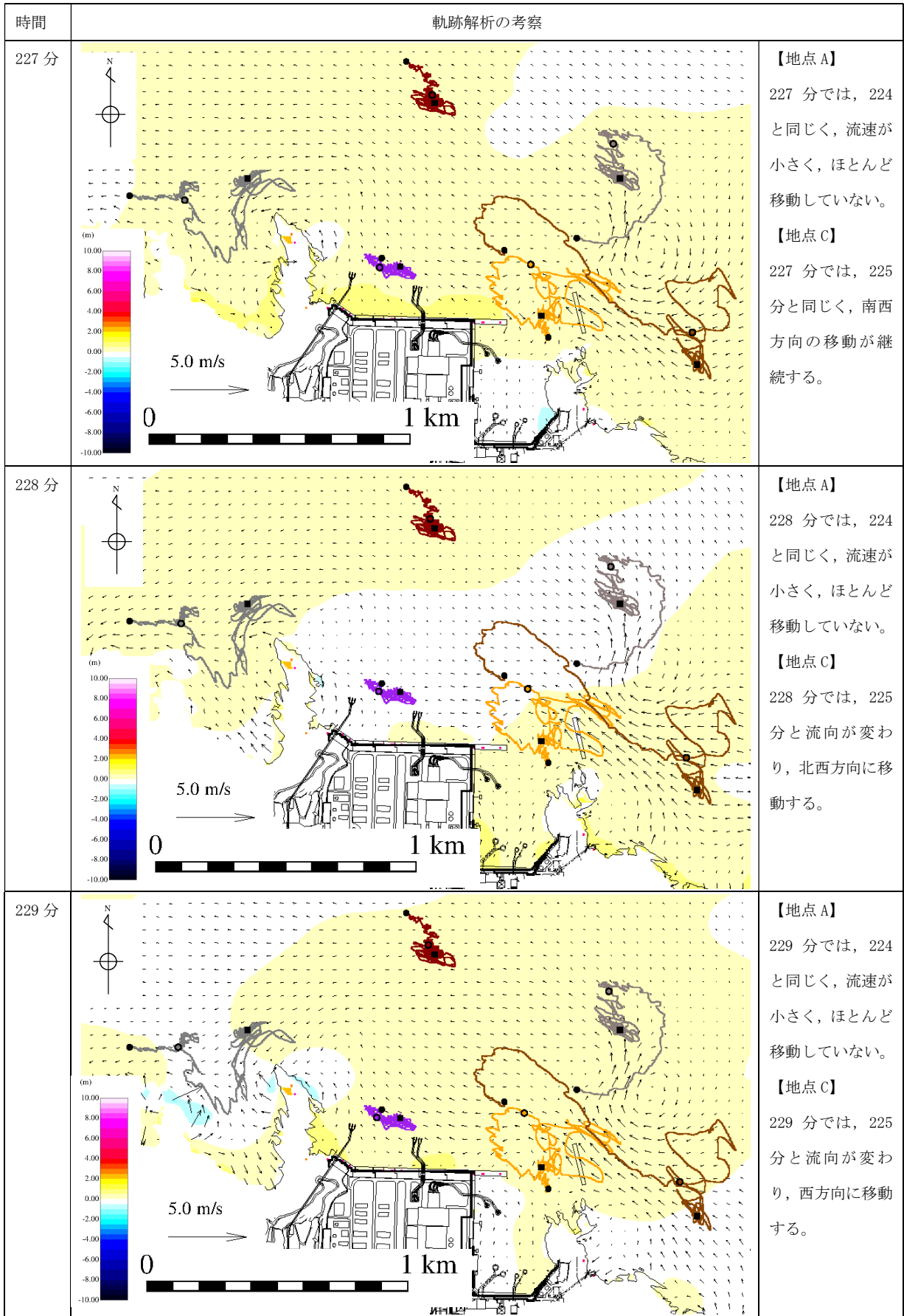
第 2.5-31-17 図 軌跡解析の評価結果



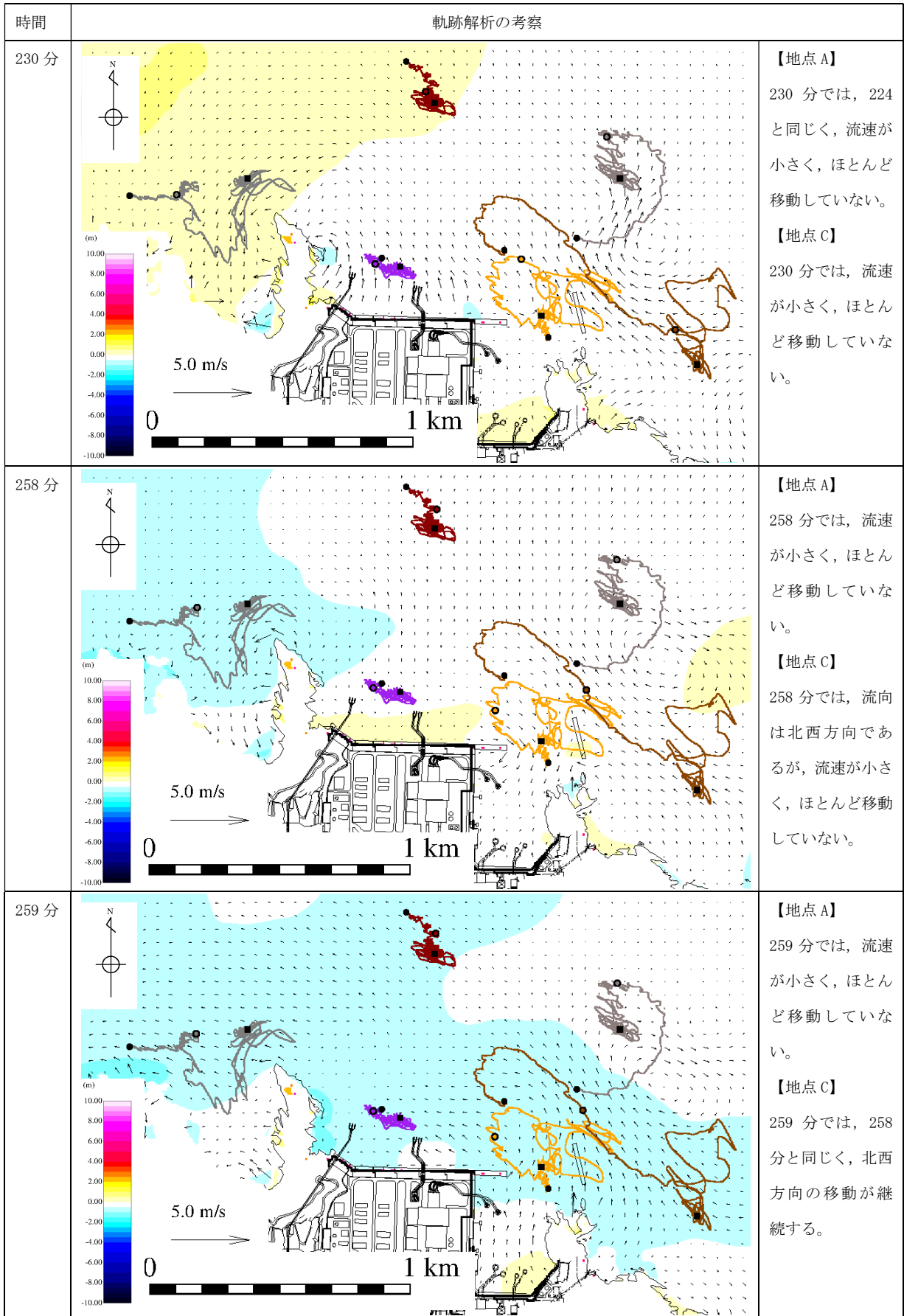
第 2.5-31-18 図 軌跡解析の評価結果



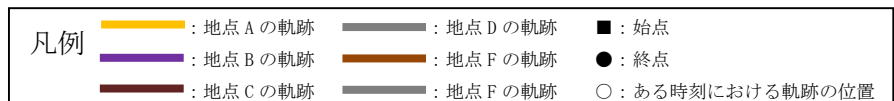
第 2.5-31-19 図 軌跡解析の評価結果



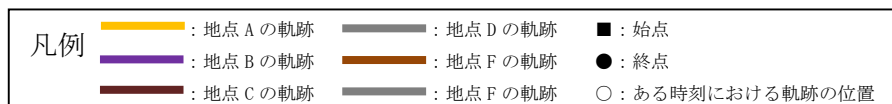
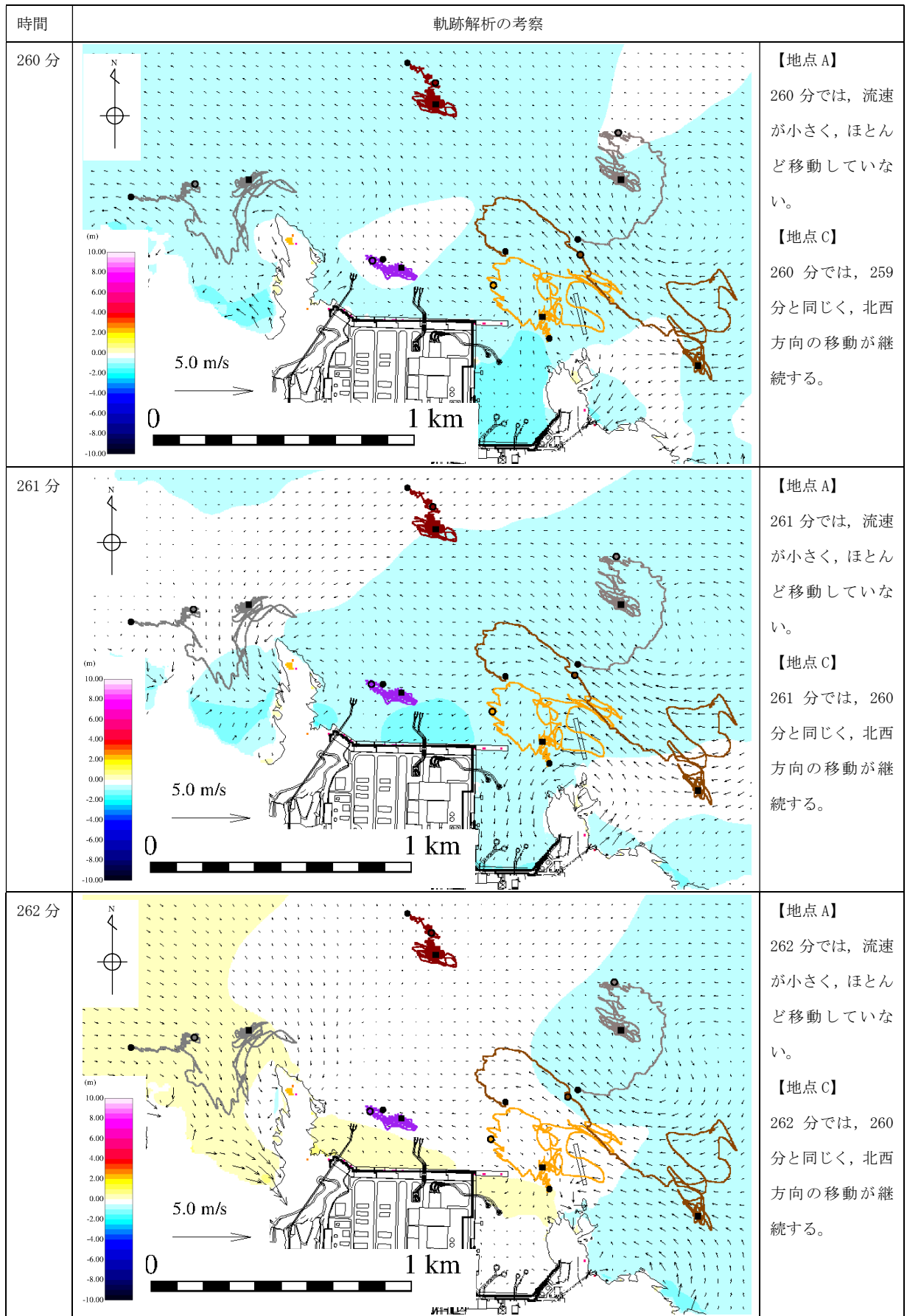
第 2.5-31-20 図 軌跡解析の評価結果



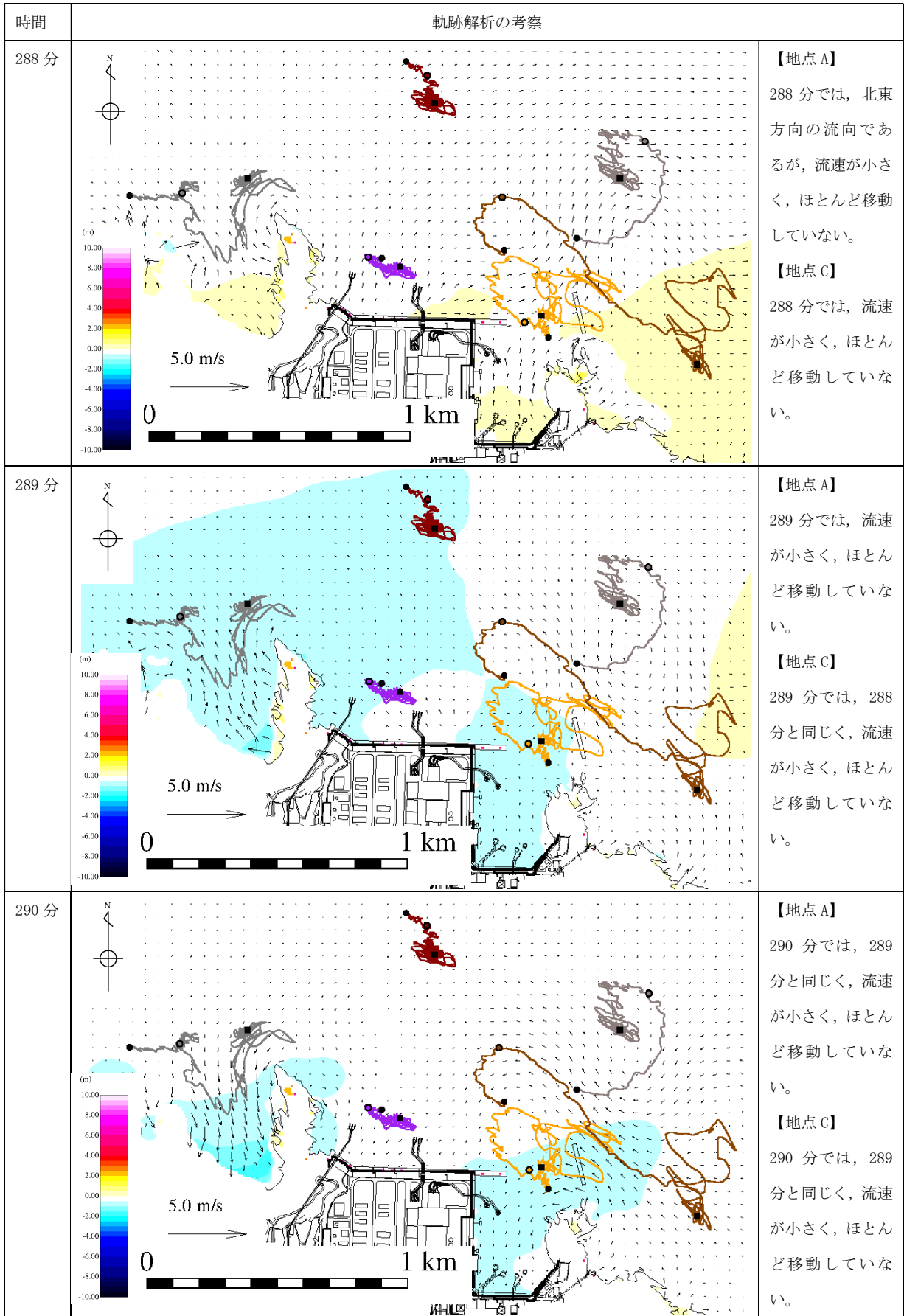
※231 分から 257 分まで同様な傾向であり省略する。



第 2.5-31-21 図 軌跡解析の評価結果



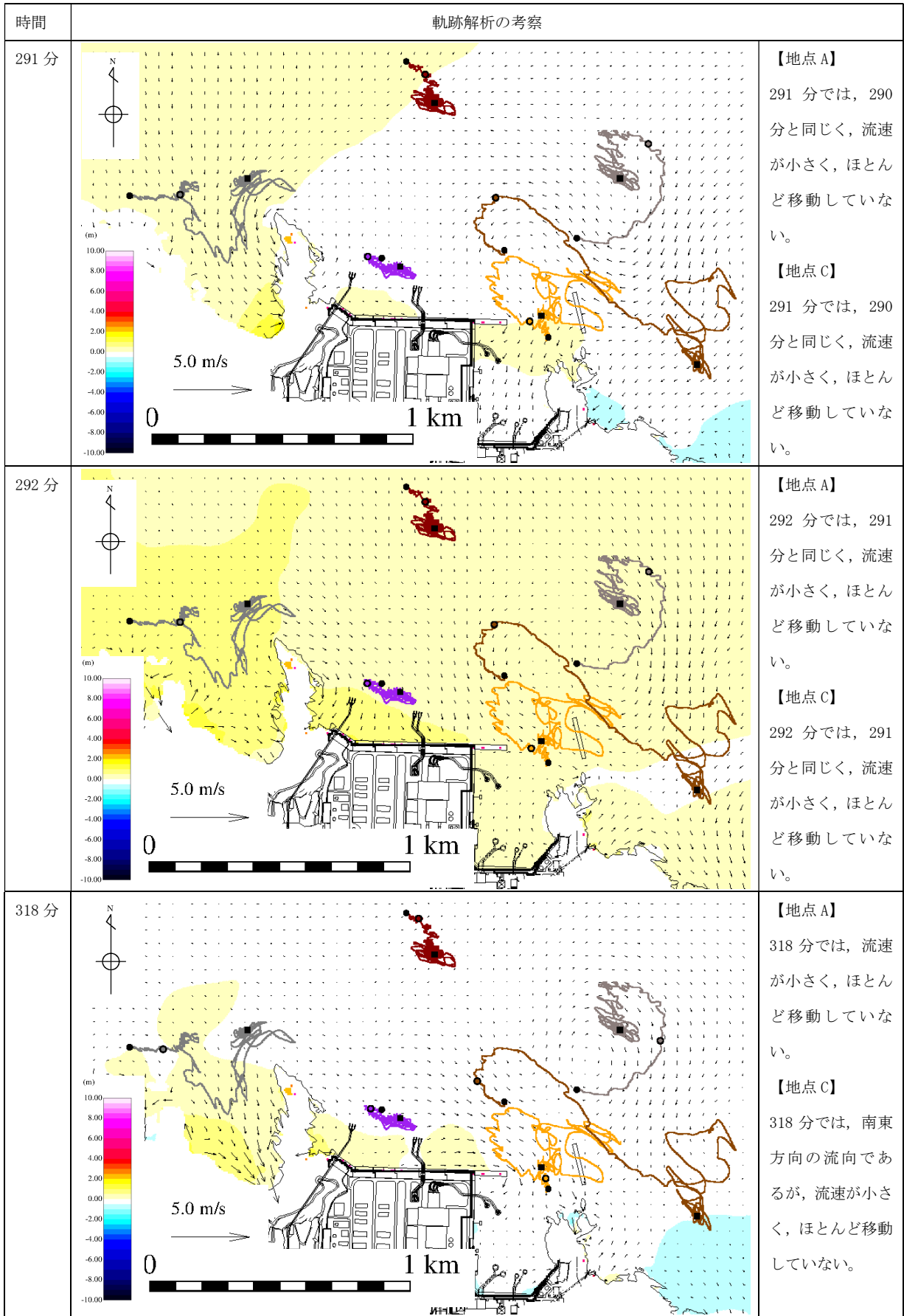
第 2.5-31-22 図 軌跡解析の評価結果



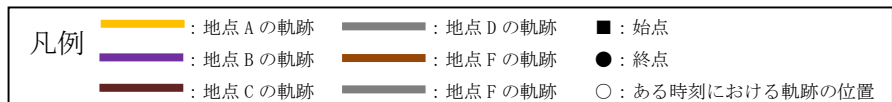
※263分から287分まで同様な傾向であり省略する。



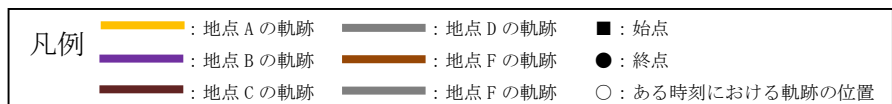
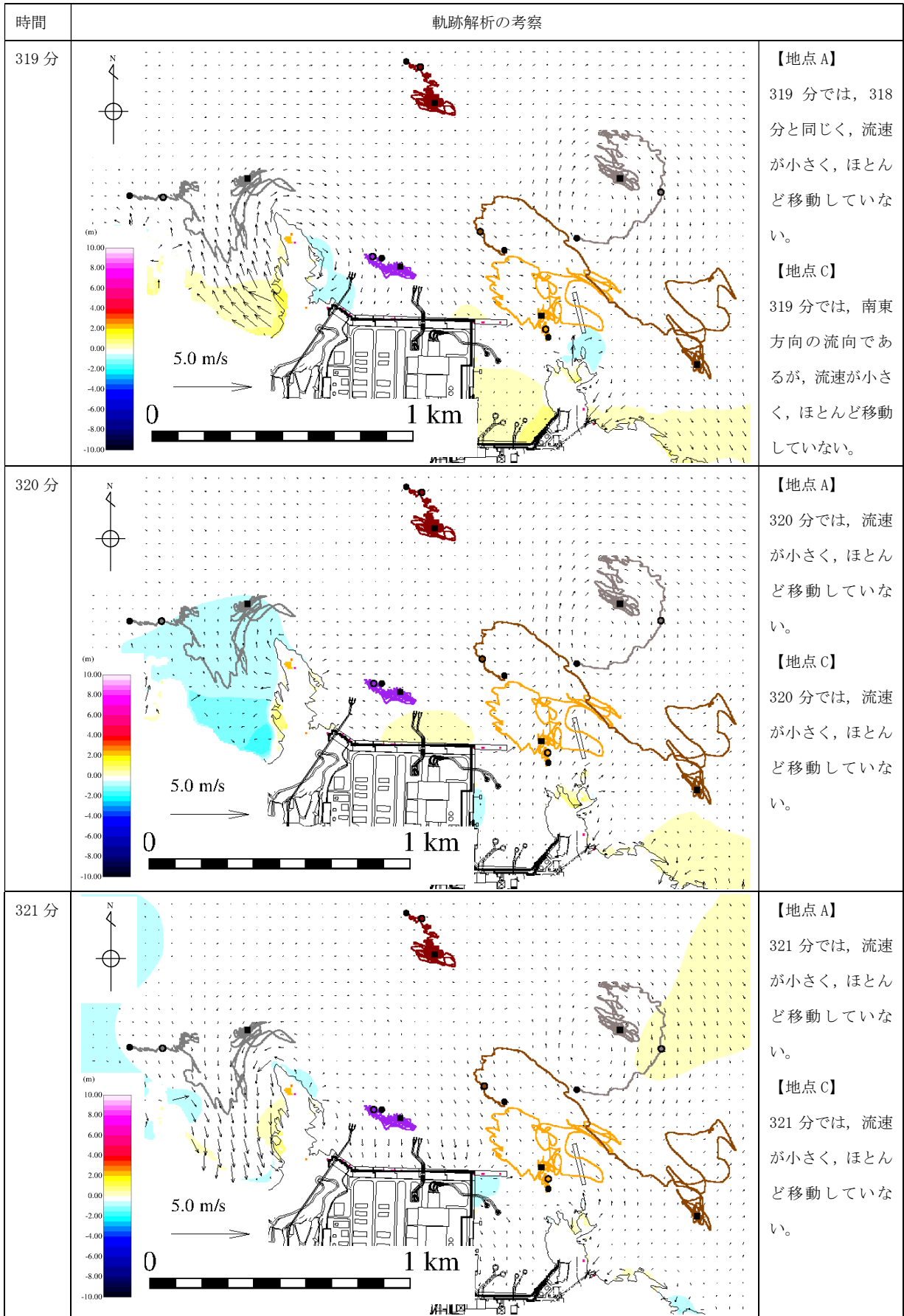
第2.5-31-23 図 軌跡解析の評価結果



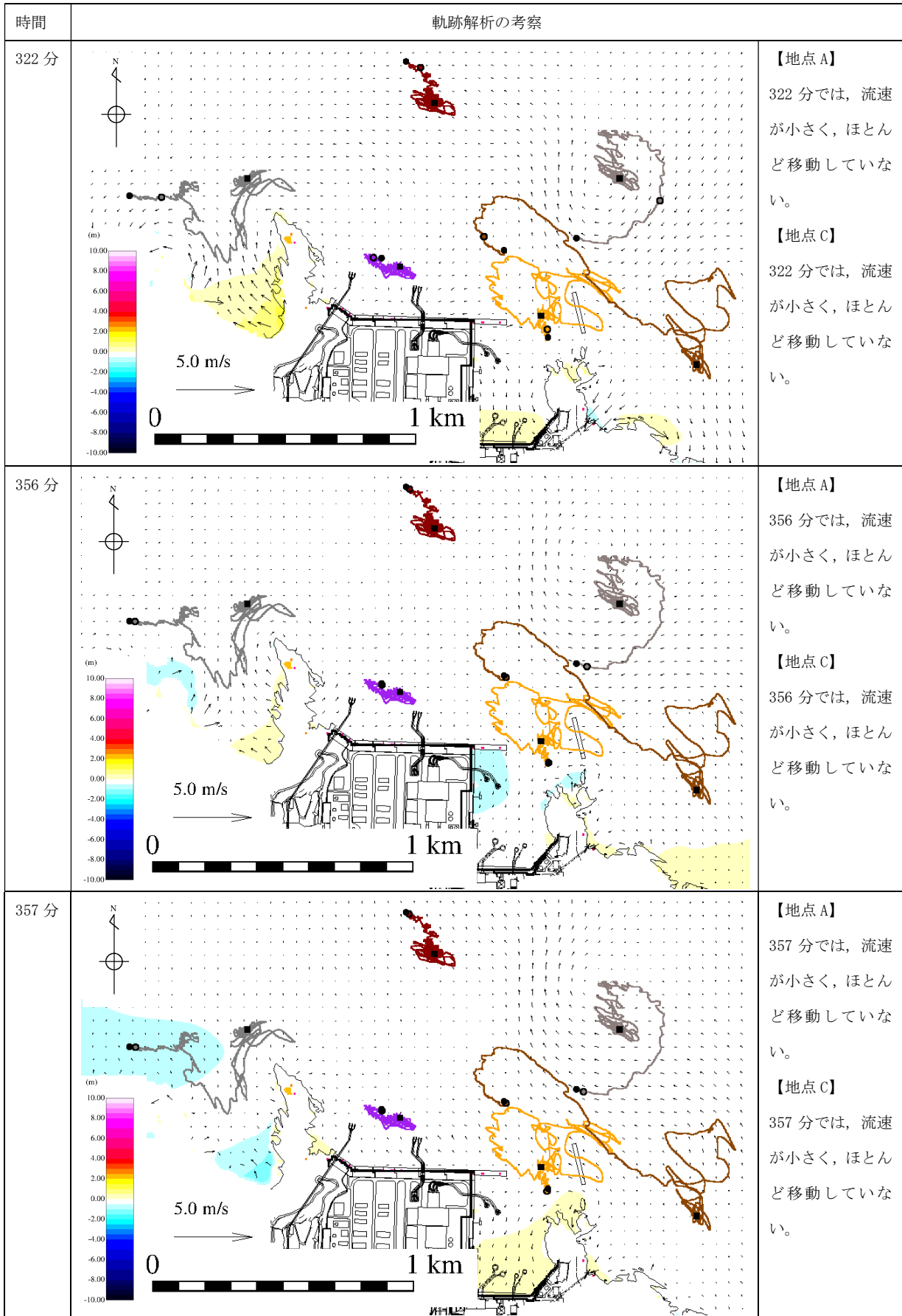
※293 分から 317 分まで同様な傾向であり省略する。



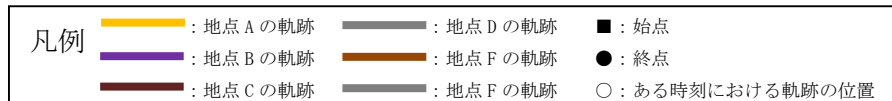
第 2.5-31-24 図 軌跡解析の評価結果



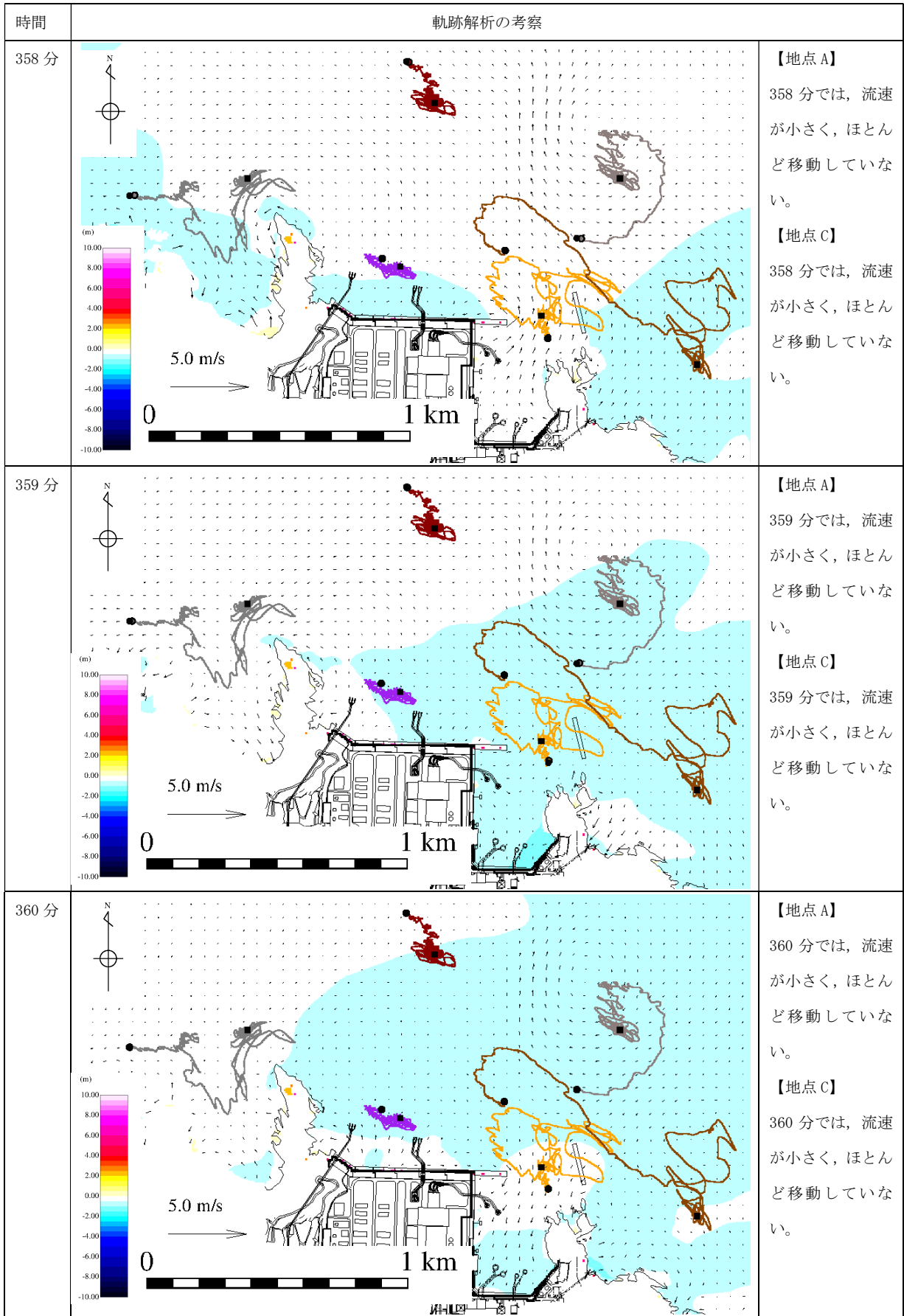
第 2.5-31-25 図 軌跡解析の評価結果



※323分から355分まで同様な傾向であり省略する。



第 2.5-31-26 図 軌跡解析の評価結果



第 2.5-31-27 図 軌跡解析の評価結果

②船舶（発電所前面海域を航行する船舶）

発電所前面海域を航行する船舶としては、発電所から5kmの範囲内において引き船、タンカー、貨物船等が確認された。

これらの船舶は、航行中であれば、津波襲来前に沖合への退避が十分に可能であり、漂流物にならないと考えられる。なお、基準津波による水位変動については、基準津波の策定位置（発電所沖合2.5km程度）において、2m程度の水位変動である。

さらに、航行中に故障により操船ができなくなる可能性もあるが、総トン数20t以上の大型船舶については、国土交通省による検査（定期検査、中間検査、臨時検査及び臨時航行検査）が義務付けられており、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い。

発電所から3.5km以内を航行する漁船、プレジャーボートについても、海上保安庁への聞取調査結果より発電所から約2km離れた沖合を航行しており、津波来襲前に沖合への退避が十分に可能である。

以上のことから、発電所前面海域を航行中の船舶は漂流物にならないと考えるが、基準津波の流向・流速等の分析を踏まえ、発電所に到達する可能性についても評価を実施した。評価については、①船舶（漁船等）に示した評価と同様、発電所方向への連続的な流れはなく、発電所に到達しない判断した。また、第2.5-14図に示す3km、5kmの計6地点の軌跡解析の結果（第2.5-15図）からも、初期位置からほぼ移動しないことが確認される。

③定置網

定置網については、上述した基準津波の流向・流速を踏まえ、発電所に到達しないと評価した。

第2.5-7表に評価結果を示す。

第 2.5-7 表 漂流物評価結果（発電所構外・海域）

No.	分類	名称	設置箇所	Step1 (漂流する可能性)	Step2 (到達する可能性)	Step3 (閉塞する可能性)	評価
①		漁船	片句漁港（停泊）	漂流するものとして評価	【判断基準:h】 流向ベクトルから発電所方向への連続的な流れは確認されない。なお、輪谷湾入口近傍地点の軌跡の傾向からも輪谷湾内へ向かう連続的な流れは確認されないことから、発電所に到達しない。	—	III
			手結漁港（停泊）				
			恵曇漁港（停泊）				
			御津漁港（停泊）				
			大芦漁港（停泊）				
			3号護岸近傍（航行）				
②	船舶	漁船	前面海域（航行）	海上保安庁への聞取調査結果より発電所から約2km離れた沖合を航行しており、津波来襲前に沖合への退避が十分に可能である。 なお、基準津波の策定位置（発電所沖合2.5km程度）において、2m程度の水位変動である。 以上より、漂流する可能性は低いと考えられるが、発電所に到達する可能性についても評価を実施する。	【判断基準:h】 流向ベクトルから発電所方向への連続的な流れは確認されない。なお、輪谷湾入口近傍地点の軌跡の傾向からも輪谷湾内へ向かう連続的な流れは確認されないことから、発電所に到達しない。 また、3km, 5km地点では、初期位置からほぼ移動しないことが確認された。	—	III
		プレジャーボート					

第 2.5-7 表 漂流物評価結果（発電所構外・海域）

No.	分類	名称	設置箇所	Step1 (漂流する可能性)	Step2 (到達する可能性)	Step3 (閉塞する可能性)	評価
②		巡視船	前面海域（航行）	海上保安庁への聞取調査結果より発電所から 3.5km 以上離れた沖合を航行しており、津波来襲前に沖合への退避が十分に可能である。なお、基準津波の策定位置（発電所沖合 2.5km 程度）において、2m 程度の水位変動である。	【判断基準:h】 流向ベクトルから発電所方向への連続的な流れは確認されない。なお、輪谷湾入口近傍地点の軌跡の傾向からも輪谷湾内へ向かう連続的な流れは確認されないことから、発電所に到達しない。	—	III
		引き船					
		タンカー					
		貨物船					
		帆船		さらに、総トン数 20t 以上の大型船舶については、国土交通省による検査（定期検査、中間検査、臨時検査及び臨時航行検査）が義務付けられ、故障等により操船できなくなるとは考えにくいことから、漂流する可能性は低いと考えられる。ただし、発電所に到達する可能性についても評価を実施する。	また、3km, 5km 地点では、初期位置からほぼ移動しないことが確認された。		
③	漁具	定置網	前面海域	漂流するものとして評価	【判断基準:h】 流向ベクトルから発電所方向への連続的な流れは確認されない。なお、輪谷湾入口近傍地点の軌跡の傾向からも輪谷湾内へ向かう連続的な流れは確認されないことから、発電所に到達しない。	—	III

ii. 発電所構外（陸域）における評価

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

発電所構外（陸域）における漂流物調査結果を第 2.5-8 表、第 2.5-32 図に示す。

第 2.5-8 表 漂流物調査結果

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

※ 家屋については、世帯数を記載。
 車両については、漁港周辺への駐車可能台数を記載。

<p>周辺漁港の位置</p>	<p>片句漁港周辺</p>
<p>手結漁港周辺</p>	<p>恵曇漁港周辺</p>
<p>御津漁港周辺</p>	<p>大芦漁港周辺</p>

第 2.5-32 図 発電所構外（陸域）における漂流物調査結果

①家屋・車両等

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

これより、基準津波により漂流物となる可能性がある施設・設備等について、非常用海水冷却系に必要な取水口及び取水路の通水性に影響を与えることがないことを確認した。第 2.5-9 表に評価結果を示す。

第 2.5-9 表 漂流物評価結果（発電所構外（陸域））

No.	分類	名称	設置箇所	Step1 (漂流する可能性)	Step2 (到達する可能性)	Step3 (閉塞する可能性)	評価
①	家屋・ 車両等	・家屋 ・車両 ・工場	片句漁港周辺	津波が遡上すること を仮定し、漂流する として評価	【判断基準:h】 流向ベクトルから 発電所方向への連 続的な流れは確認 されないことから、 発電所に到達しな い。なお、輪谷湾入 口近傍地点の軌跡 の傾向からも輪谷 湾内へ向かう連続 的な流れは確認さ れないことから、発 電所に到達しない。	-	III
		・家屋 ・車両 ・灯台	手結漁港周辺				
		・家屋 ・車両 ・灯台 ・工場 ・タンク	恵曇漁港周辺				
		・家屋 ・車両	御津漁港周辺				
		・家屋 ・車両	大芦漁港周辺				

(c) 漂流物に対する取水性への影響評価

発電所周辺を含め、基準津波により漂流物となる可能性がある施設・設備について、漂流（滑動を含む）する可能性、2号炉取水口に到達する可能性及び2号炉取水口が閉塞する可能性についてそれぞれ検討を行い、原子炉補機冷却海水系及び高圧炉心スプレイ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、2号炉の非常用取水設備である取水口は、循環水ポンプの取水路を兼ねており、全体流量に対する非常用海水系ポンプ流量の比（5%未満）から、漂流物により通水面積の約95%が閉塞されない限り、取水機能が失われることはない。2号炉の取水口は深層取水方式であり、取水口呑口が水面から約9.5m低く、海底面から5.5m高い位置にあるため、取水口の通水面積が約95%閉塞する漂流物の到達は考えにくい。

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

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

e. 防波壁等に対する漂流物の選定

漂流物による影響としては前述のとおり他に「津波防護施設、浸水防止設備に衝突することによる影響（波及的影響）」があり、2号炉における同影響を考慮すべき津波防護施設及び浸水防止設備としては、基準津波が到達する範囲内に設置される防波壁、防波壁通路防波扉及び1号放水連絡通路防波扉が挙げられる。

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

・対象漂流物

影響評価のプロセスにおいて2号炉の取水口に到達し得るとされたものを対象とし、この中で最も重量が大きい総トン数10tの船舶を代表とする。

・衝突速度

津波防護施設及び浸水防止設備の設置位置における津波流速に基づき、施設護岸（港湾外）では9.0m/s、施設護岸（港湾内）では9.0m/s、1号放水連絡通路前では9.8m/sであるため、10.0m/sとする。（添付資料18参照）

(4) 取水スクリーンの破損による通水性への影響

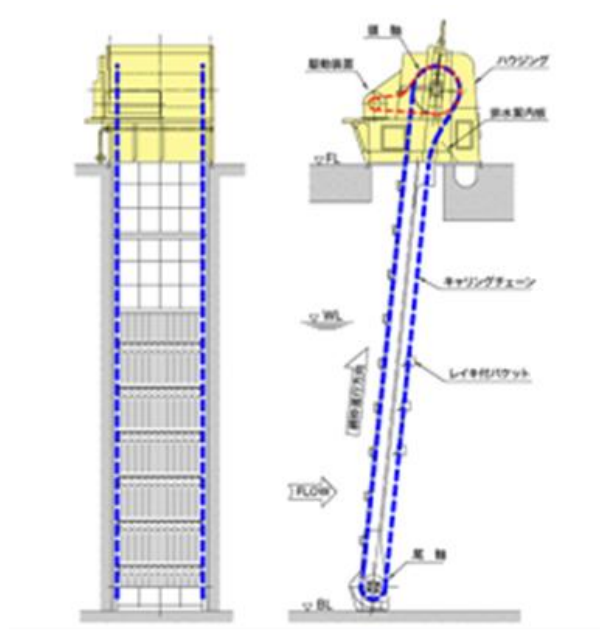
海水中の塵芥を除去するために設置されている除塵装置については、異物の混入を防止する効果が期待できるが、津波時に破損して、それ自体が漂流物となる可能性がある。この場合には、破損・分離し漂流物化した構成部材等が取水路を閉塞させることにより、取水路の通水性に影響を与えることが考えられるため、その可能性について確認を行った。また、除塵装置については、低耐震クラス（Cクラス）設備であることから地震により破損した後、津波により移動した場合、長尺化を実施した非常用海水ポンプへの波及的影響が考えられることから、これらの影響についても合わせて考察を行った。

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

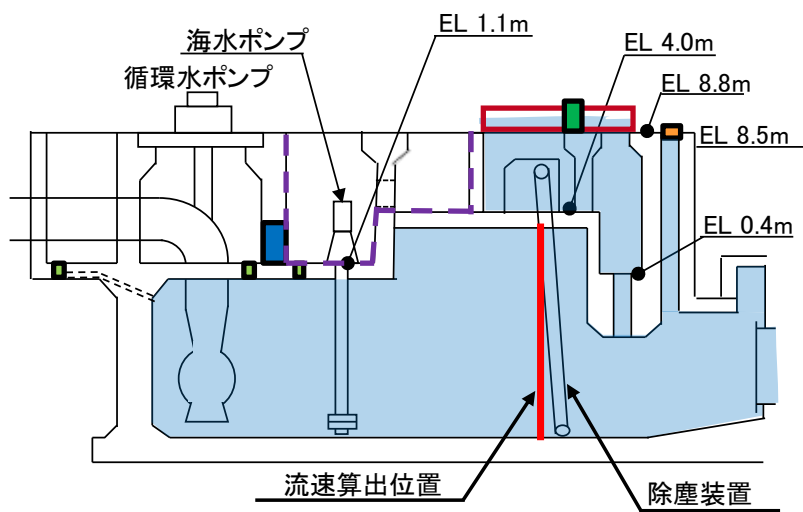
i. 津波による破損に対する評価

除塵装置の概要は第 2.5-33 図に示すとおりであり、除塵装置はいずれも多数のバケットがキャリングチェーンにより接合される構造となっている。このため、入力津波の流速により生じるスクリーン部の水位差（損失水頭）により、キャリングチェーン及びバケットが破損し、バケットが分離して漂流物化する可能性について確認する。

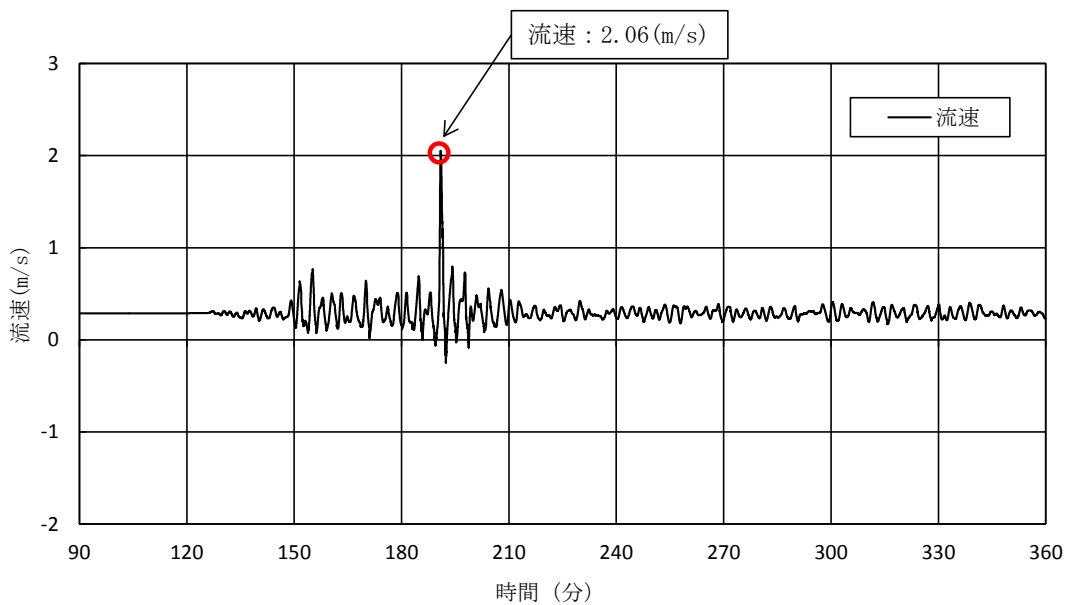
確認条件（津波流速）の算出位置を第 2.5-34 図、算出位置における評価結果を第 2.5-35 図に示す。確認条件（津波流速）は、流速の評価結果を踏まえ、2.1m/s とし、除塵装置は津波流速が作用した際の水位差により発生する応力に対して、機器が破損し漂流しない設計とする。



第 2.5-33 図 除塵装置の概要



第 2.5-34 図 流速算出位置



第 2.5-35 図 流速評価結果 (入力津波 6)

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 S_s 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。

- 3. 重大事故等対処施設の津波防護方針
- 3.1 敷地の特性に応じた津波防護の基本方針

【規制基準における要求事項等】

敷地の特性に応じた津波防護の基本方針が敷地及び敷地周辺全体図、施設配置図等により明示されていること。

津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備等として設置されるものの概要が網羅かつ明示されていること。

【検討方針】

敷地の特性（敷地の地形、敷地周辺の津波の遡上、浸水状況等）に応じた津波防護の基本方針を、敷地及び敷地周辺全体図、施設配置図等により明示する。また、敷地の特性に応じた津波防護（津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備等）の概要（外郭防護の位置及び浸水想定範囲の設定、並びに内郭防護の位置及び浸水防護重点化範囲の設定等）について整理する。

【検討結果】

(1) 敷地の特性に応じた津波防護の基本方針

敷地の特性に応じた津波防護の基本方針は以下のとおりとする。

a. 敷地への浸水防止(外郭防護1)

重大事故等対処施設の津波防護対象設備(海水と接した状態で機能する非常用取水設備を除く。下記c.において同じ。)を内包する建物及び区画の設置された敷地において、基準津波による遡上波を地上部から到達又は流入させない設計とする。

また、取水路及び放水路等の経路から流入させない設計とする。

b. 漏水による重大事故等に対処するために必要な機能への影響防止(外郭防護2)

取水・放水施設及び地下部等において、漏水する可能性を考慮の上、漏水による浸水範囲を限定して、重大事故等に対処するために必要な機能への影響を防止できる設計とする。

c. 重大事故等に対処するために必要な機能を有する施設の隔離(内郭防護)

上記の二方針のほか、重大事故等対処施設の津波防護対象設備については、浸水防護をすることにより津波による影響等から隔離可能な設計とする。

d. 水位変動に伴う取水性低下による重大事故等に対処するために必要な機能への影響防止

水位変動に伴う取水性低下による重大事故等に対処するために必要な機能への影響を防止できる設計とする。

e. 津波監視

敷地への津波の繰り返しの襲来を察知し、その影響を俯瞰的に把握できる津波監視設備を設置する。

(2) 敷地の特性に応じた津波防護の概要

島根原子力発電所の基準津波の遡上波による敷地周辺の最高水位分布及び最大浸水深分布はそれぞれ第 1.3-1 図及び第 1.3-2 図に示したとおりである。

一方、2号炉の重大事故等対処施設の津波防護対象設備は「1.1 津波防護対象の選定」に示したとおりであり、これらを内包する建物及び区画は、その設置場所・高さにより大きく次の三つに分類できる。

分類①：EL8.5m の敷地に設置される建物・区画

分類②：EL15.0m の敷地に設置される建物・区画

分類③：EL15.0m の敷地よりも高所に設置される建物・区画

また、分類①、②の建物・区画については、「2. 設計基準対象施設の津波防護方針」で示した設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建物・区画との関係により、さらに次の四つに分類できる。

分類①－A：設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建物・区画内

分類①－B：設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建物・区画外
(EL8.5m の敷地面上の区画)

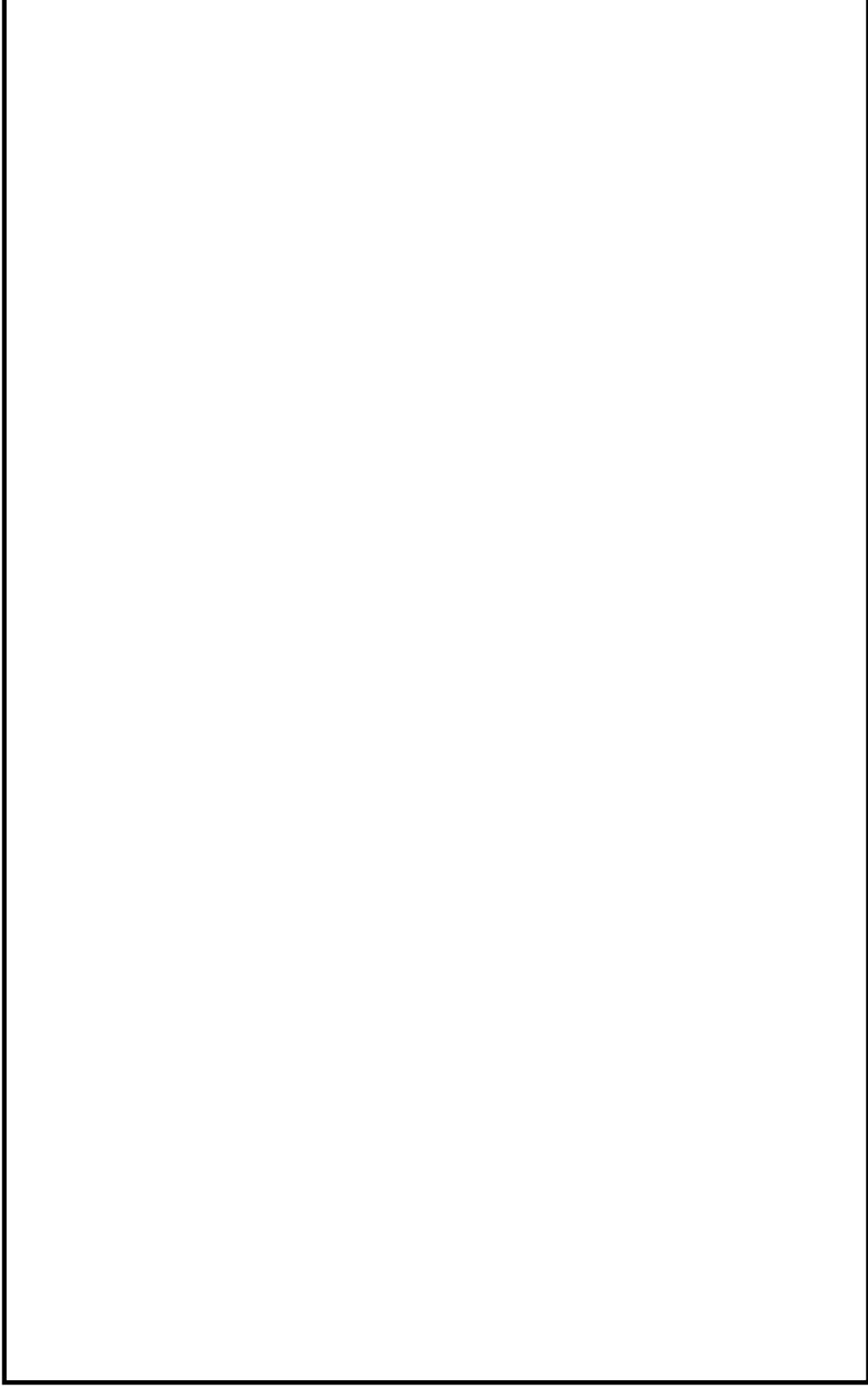
分類②－A：設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建物・区画内

分類②－B：設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建物・区画外
(EL15.0m の敷地面上の区画)

以上の分類について具体的に整理して示すと第 3.1-1 表に、また、これを図示すると第 3.1-1 図となる。

第3.1-1表 重大事故等対処施設の津波防護対象設備を内包する建物・区画の分類

分類		該当する建物・区画	敷設される重大事故等対処施設の津波防護対象設備
①	EL8.5mの敷地に設置される建物・区画	1) 取水槽海水ポンプエリア, 取水槽循環水ポンプエリア 2) A, H-非常用ディーゼル燃料設備を敷設する区画 3) タービン建物 1) 第4保管エリア 1) 原子炉建物 2) 制御室建物 3) 廃棄物処理建物 4) B-非常用ディーゼル燃料設備を敷設する区画 1) 第1ベントフィルタ格納槽 2) 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 1) 第3保管エリア(EL33.0m) 2) ガスタービン発電機用軽油タンクを敷設するエリア(EL44.0m) 3) 第2保管エリア(EL44.0m) 4) ガスタービン発電機建物(EL44.0m) 5) 第1保管エリア(EL50.0m) 6) 緊急時対策所(EL50.0m)	原子炉補機海水ポンプ 高圧炉心スレイ補機海水ポンプ 非常用海水系配管 A, H-非常用ディーゼル燃料移送ポンプ 非常用海水系配管
	EL15.0mの敷地に設置される建物・区画		可搬型重大事故等対処設備 添付資料1参照 B-非常用ディーゼル燃料移送ポンプ 第1ベントフィルタ 低圧原子炉代替注水ポンプ
	EL15.0mの敷地よりも高所に設置される建物・区画		可搬型重大事故等対処設備 ガスタービン発電機用軽油タンク 可搬型重大事故等対処設備 ガスタービン発電機 可搬型重大事故等対処設備 緊急時対策所



第3.1-1 図 重大事故等対処施設の津波防護対象設備を内包する建物・区画

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

以上を踏まえ、前項で示した基本方針に基づき構築した重大事故等対処施設の敷地の特性に応じた津波防護の概要を、第 3.1-1 表に示した内包する建物・区画の分類ごとに以下に示す。また、重大事故等対処施設の津波防護の概要図を第 3.1-2 図に、設置した各津波防護対策の設備分類と目的を第 3.1-2 表に示す。

a. 敷地への浸水防止(外郭防護 1)

分類①、②の建物・区画に内包される設備に対する外郭防護 1 は、「2. 設計基準対象施設の津波防護方針」で示した設計基準対象施設の津波防護対象設備に対する防護と同様の方針を適用する。

また、分類③の建物・区画に内包される設備に対する外郭防護 1 は、分類③の建物・区画が分類①、②の建物・区画よりも高所に設置されるため、分類①、②の建物・区画に内包される設備に対する方法に包含される。

以上の詳細は「3.2 敷地への浸水防止(外郭防護 1)」において示す。

b. 漏水による重大事故等に対処するために必要な機能への影響防止(外郭防護 2)

分類①-A、②-Aの建物・区画に内包される設備に対する外郭防護 2 は、「2. 設計基準対象施設の津波防護方針」で示した設計基準対象施設の津波防護対象設備に対する防護と同様の方針を適用する。

また、分類①-B、②-B及び分類③の建物・区画に内包される設備については、海域との境界から距離があり、漏水による重大事故等に対処するために必要な機能への影響はないと考えられることから、これらに対する外郭防護(外郭防護 2)の設置は要しない。

以上の詳細は「3.3 漏水による重大事故等に対処するために必要な機能への影響防止(外郭防護 2)」において示す。

c. 重大事故等に対処するために必要な機能を有する施設の隔離(内郭防護)

分類①-A、分類②-Aの建物・区画に内包される設備に対する内郭防護は、「2. 設計基準対象施設の津波防護方針」で示した設計基準対象施設の津波防護対象設備に対する防護と同様の方針を適用する。

分類①-Bの区画に内包される設備は、これらを内包する建物・区画を浸水防護重点化範囲として設定するが、これらを設置する敷地については、防波壁等の津波防護施設及び浸水防止設備を設置することにより、津波が到達しないため、浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策(内郭防護)は要しない。一方、屋外タンク等の地震による損傷の際に生じる溢水に対する内郭防護は、「2. 設計基準対象施設の津波防護方針」で示した設計基準対象施設の津波防護対象設備のうち、屋外に敷設される設備に対する防護と同様の方針を適用する。

また、分類②-B、③の建物・区画に内包される設備については、これらを内

包する建物・区画として「第1 ベントフィルタ格納槽」，「低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽」，「ガスタービン発電機用軽油タンクを敷設する区画」，「第1，2，3 保管エリア」，「ガスタービン発電機建物」，「緊急時対策所」を浸水防護重点化範囲として設定するが，これらを設置する敷地については，高所のため津波が到達しないことから，浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策(内郭防護)は要しない。一方，屋外タンク等の地震による損傷の際に生じる溢水に対する内郭防護は，「2. 設計基準対象施設の津波防護方針」で示した設計基準対象施設の津波防護対象設備のうち，屋外に敷設される設備に対する防護と同様の方針を適用する。

以上の詳細は「3.4 重大事故等に対処するために必要な機能を有する施設の隔離(内郭防護)」において示す。

d. 水位変動に伴う取水性低下による重大事故等に対処するために必要な機能への影響防止

海水の取水を目的とした常設の重大事故等対処設備としては原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプがあるが，これは設計基準対象施設の非常用海水冷却系と同一の設備であることから，重大事故等に対処するために必要な機能への影響の防止は，「2. 設計基準対象施設の津波防護方針」で示した重要な安全機能への影響の防止と同様の方針を適用する。

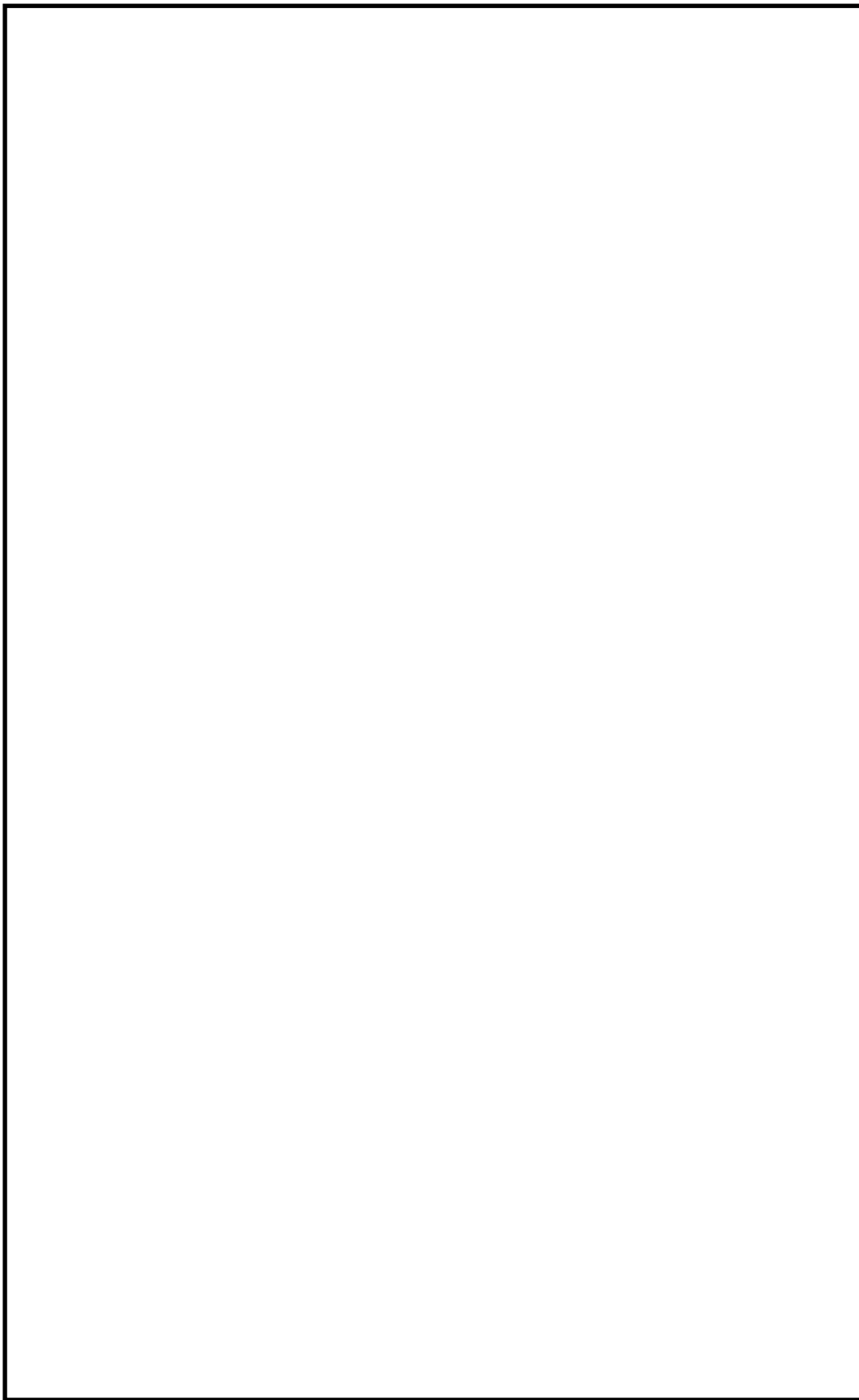
また，海水の取水を目的とした可搬型の重大事故等対処設備としては大型送水ポンプ車があるが，大型送水ポンプ車は設計基準対象施設の非常用海水冷却系と同じ非常用取水設備から取水するため，「2. 設計基準対象施設の津波防護方針」で示した当該取水位置における津波の条件（下降側評価水位・継続時間，浮遊砂濃度）を考慮した設計とすることで，津波に伴う水位低下及び砂混入による重大事故等に対処するために必要な機能への影響の防止を図る。

以上の詳細は「3.5 水位変動に伴う取水性低下による重大事故等に対処するために必要な機能への影響防止」において示す。

e. 津波監視

「2. 設計基準対象施設の津波防護方針」で示した設計基準対象施設に対する津波防護方針と同様の方針を適用する。

詳細は「3.6 津波監視」において示す。



第3.1-2 図 敷地の特性に応じた津波防護の概要

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第3.1-2表 各津波防護対策の設備分類と設置目的

津波防護対策		設備分類	設置目的
防波壁		津波防護施設	・津波が地上部から敷地へ到達，流入することを防止する。
防波扉			
屋外排水路逆止弁		浸水防止設備	・津波が屋外排水路から敷地へ到達，流入することを防止する。
取水槽	防水壁	浸水防止設備	・津波が取水路（取水槽除じん機エリア）から敷地へ到達，流入することを防止する。 ・津波が取水路から取水槽海水ポンプエリア及び取水槽循環水ポンプエリアへ到達，流入することを防止する。
	閉止板		
	床ドレン逆止弁		
	水密扉		
	貫通部止水処置		
	流路縮小工 (1号炉)	津波防護施設	・津波が取水路から敷地へ到達，流入することを防止する。
タービン建物と原子炉建物との境界	水密扉	浸水防止設備	・地震によるタービン建物内の循環水系配管や他の海水系機器の損傷に伴う溢水及び損傷個所を介しての津波の流入に対して原子炉建物（浸水防護重点化範囲）への浸水を防止する。
	貫通部止水処置		
津波監視カメラ		津波監視設備	・敷地への津波の繰り返しの襲来を察知し，その影響を俯瞰的に把握する。
取水槽水位計			

3.2 敷地への浸水防止(外郭防護 1)

(1) 遡上波の地上部からの到達, 流入の防止

【規制基準における要求事項等】

重大事故等に対処するために必要な機能を有する設備等を内包する建屋及び重大事故等に対処するために必要な機能を有する屋外設備等は, 基準津波による遡上波が到達しない十分高い場所に設置すること。

基準津波による遡上波が到達する高さにある場合には, 防潮堤等の津波防護施設, 浸水防止設備を設置すること。

【検討方針】

重大事故等対処施設の津波防護対象設備を内包する建物及び区画は, 基準津波による遡上波が到達しない十分高い場所に設置していることを確認する。

また, 基準津波による遡上波が到達する高さにある場合には, 津波防護施設, 浸水防止設備の設置により遡上波が到達しないようにする。

具体的には, 重大事故等対処施設の津波防護対象設備(非常用取水設備を除く。以下, 3.2 において同じ。)を内包する建物及び区画に対して, 基準津波による遡上波が地上部から到達, 流入しないことを確認する。

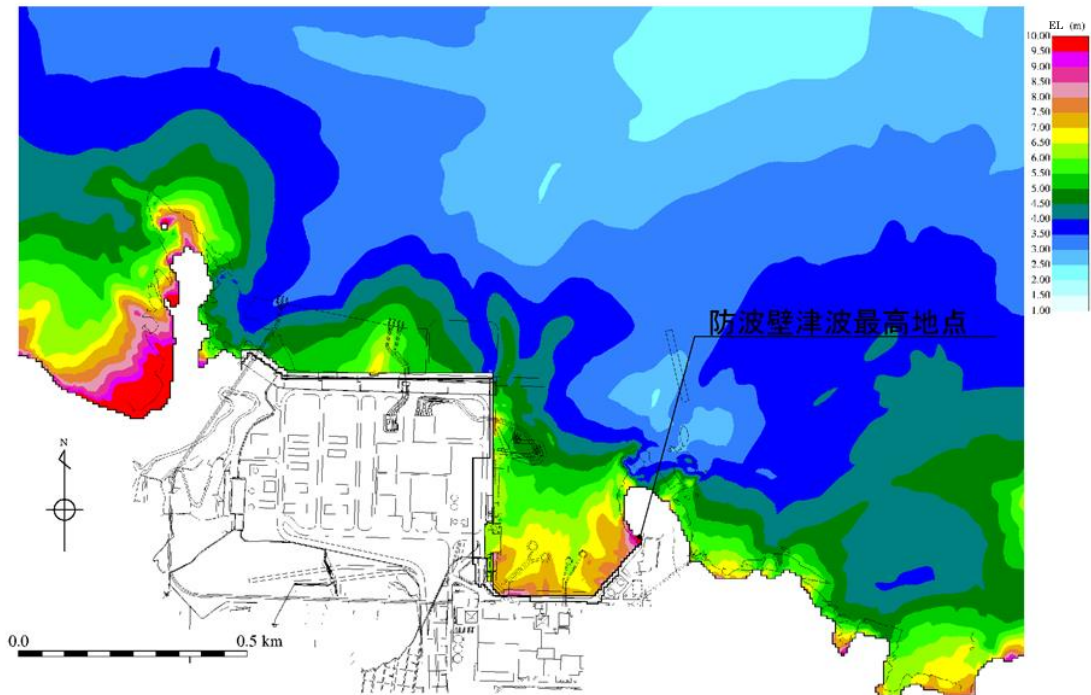
【検討結果】

基準津波の遡上解析結果における, 敷地周辺の遡上の状況, 浸水深の分布(第3.2-1 図)等を踏まえ, 以下を確認している。

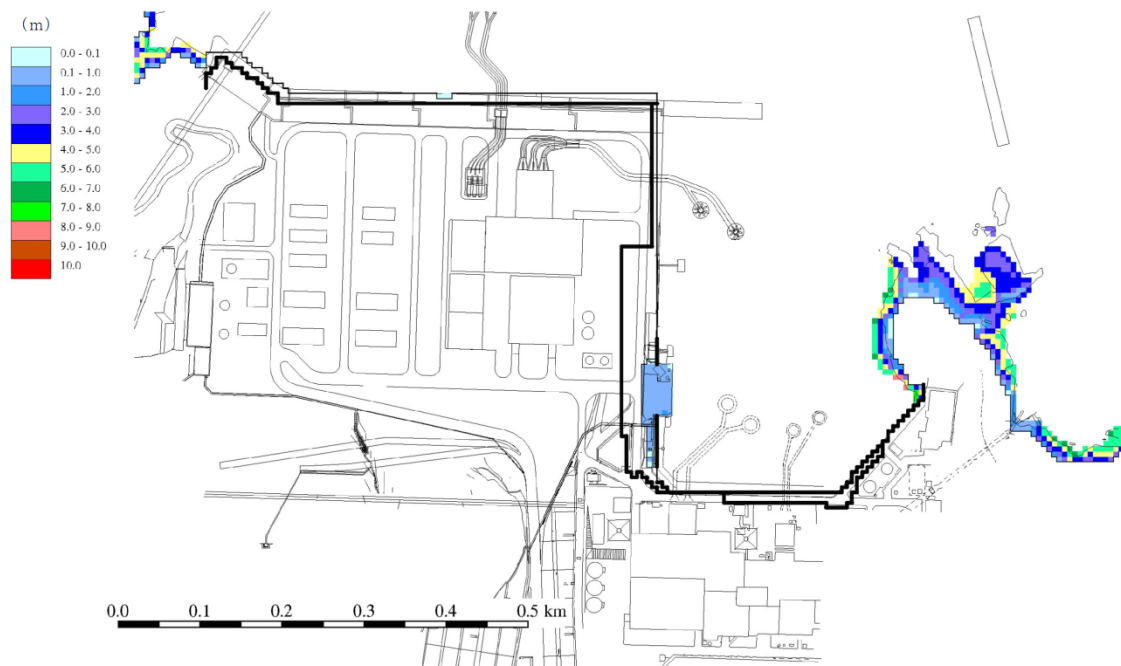
なお, 確認結果の一覧を第3.2-1表にまとめて示す。

a. 遡上波の地上部からの到達, 流入の防止

重大事故等対処施設の津波防護対象設備のうち, 「EL8.5m の敷地に設置される建物・区画」(分類①の建物・区画), 「EL15.0m の敷地に設置される建物・区画」(分類②の建物・区画)に内包される設備に対する基準津波による遡上波の地上部からの到達, 流入の可能性については, 「2.2 敷地への浸水防止(外郭防護 1)」において示した, 設計基準対象施設の津波防護対象設備と同様の敷地であり, 同様の内容となる。また, 「EL15.0m の敷地よりも高所に設置される建物・区画」(分類③の建物・区画)に内包される設備は, 分類③の建物・区画が分類①, ②の建物・区画よりも高所に設置されるものであるため, これに対する確認も, 分類①, ②の建物・区画に内包する設備に対する評価に包含される。



(最高水位分布)



(最大浸水深分布)

第 3.2-1 図 基準津波による最高水位分布・最大浸水深分布

第3.2-1表 遡上波の地上部からの到達，流入評価結果

重大事故等対処施設の津波防護対象設備を内包する 建物・区画の分類	①入力津 波高さ	②許容津 波高さ	余裕 (②-①)	評価
① EL8.5mの敷地に設置される建物・区画	EL11.8m ^{※1} 以下	EL15.0m ^{※2}	≧3.2m	○ EL8.5mの敷地に設置しているが，施設護岸に防波壁，防波壁通路及び1号炉放水連絡通路に防波扉を設置することから，遡上波の地上部からの到達，流入はない。
② EL15.0mの敷地に設置される建物・区画	EL11.8m ^{※1} 以下	EL15.0m ^{※3}	≧3.2m	○ EL15.0mの敷地に設置していることから，遡上波の地上部からの到達・流入はない。
③ EL15.0mの敷地よりも高所に設置される建物・区画	EL11.8m ^{※1} 以下	EL33.0m ^{※3}	≧21.2m	○ EL15.0mの敷地よりも考慮に設置していることから，遡上波の地上部からの到達・流入はない。

※1 施設護岸における入力津波高さ

※2 防波壁，防波壁通路防波扉の天端高さ及び1号放水連絡通路防波扉の許容津波高さ

※3 敷地高さ

(2) 取水路、放水路等の経路からの津波の流入防止

【規制基準における要求事項等】

取水路、放水路等の経路から、津波が流入する可能性について検討した上で、流入の可能性のある経路(扉、開口部、貫通部等)を特定すること。

特定した経路に対して浸水対策を施すことにより津波の流入を防止すること。

【検討方針】

取水路、放水路等の経路から、津波が流入する可能性について検討した上で、流入の可能性のある経路(扉、開口部、貫通部等)を特定する。

特定した経路に対して浸水対策を施すことにより津波の流入を防止する。

【検討結果】

重大事故等対処施設の津波防護対象設備のうち、「EL8.5mの敷地に設置される建物・区画」(分類①-Aの建物・区画)、「EL15.0mの敷地に設置される建物・区画」(分類②-Aの建物・区画)に内包される設備は、これらを内包する建物・区画が設計基準対象施設の津波防護対象設備と同一である。また、「EL8.5mの敷地に設置される建物・区画」(分類①-Bの建物・区画)、「EL15.0mの敷地に設置される建物・区画」(分類②-Bの建物・区画)に内包される設備及び「EL15.0mの敷地よりも高所に設置される建物・区画」(分類③の建物・区画)に内包される設備は、これらを内包する建物・区画が、いずれも上記と同一の敷地面上あるいはこれよりも高所に設置されている。

これより、重大事故等対処施設の津波防護対象設備を内包する建物及び区画を設置する敷地に対する津波の取水路、放水路等の経路からの流入防止は、「2.2敷地への浸水防止(外郭防護1)」で示した、設計基準対象施設の津波防護対象設備と同様の方法により達成可能であり、同方法により実施する。

3.3 漏水による重大事故等に対処するために必要な機能への影響防止(外郭防護2)

(1) 漏水対策

【規制基準における要求事項等】

取水・放水設備の構造上の特徴等を考慮して、取水・放水施設や地下部等における漏水の可能性を検討すること。

漏水が継続することによる浸水の範囲を想定(以下「浸水想定範囲」という。)すること。

浸水想定範囲の境界において浸水の可能性のある経路、浸水口(扉、開口部、貫通口等)を特定すること。

特定した経路、浸水口に対して浸水対策を施すことにより浸水範囲を限定すること。

【検討方針】

取水・放水設備の構造上の特徴等を考慮して、取水・放水施設や地下部等における漏水の可能性を検討する。

漏水が継続する場合は、浸水想定範囲を明確にし、浸水想定範囲の境界において浸水の可能性のある経路、浸水口(扉、開口部、貫通口等)を特定する。

また、浸水想定範囲がある場合は、浸水の可能性のある経路、浸水口に対して浸水対策を施すことにより浸水範囲を限定する。

【検討結果】

重大事故等対処施設の津波防護対象設備のうち「EL8.5mの敷地に設置される建物・区画」(分類①-Aの建物・区画)、「EL15.0mの敷地に設置される建物・区画」(分類②-Aの建物・区画)に内包される設備については、これらを内包する建物・区画への漏水による浸水の可能性は「2.3漏水による重要な安全機能への影響防止(外郭防護2)」で示した設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建物・区画と同様であり、その可能性はない。

また、「EL8.5mの敷地に設置される建物・区画」(分類①-Bの区画)、「EL15.0mの敷地に設置される建物・区画」(分類②-Bの建物・区画)に内包される設備、及び「EL15.0mの敷地よりも高所に設置される建物・区画」(分類③の建物・区画)に内包される設備についても、これらを内包するいずれの建物・区画も海域と接続する取水・放水施設等につながるあるいは近接するものではないため、同施設等における漏水による浸水の可能性はない。

(2) 安全機能への影響評価

【規制基準における要求事項等】

浸水想定範囲の周辺に重大事故等に対処するために必要な機能を有する設備等がある場合は、防水区画化すること。

必要に応じて防水区画内への浸水量評価を実施し、安全機能への影響がないことを確認すること。

【検討方針】

浸水想定範囲が存在する場合、その周辺に重大事故等に対処するために必要な機能を有する設備等がある場合は、防水区画化する。必要に応じて防水区画内への浸水量評価を実施し、安全機能への影響がないことを確認する。

【検討結果】

「(1)漏水対策」で示したとおり、重大事故等対処施設の津波防護対象設備を内包する建物・区画への漏水による有意な浸水の可能性はないことから、漏水による重大事故等に対処するために必要な機能への影響はない。

(3) 排水設備設置の検討

【規制基準における要求事項等】

浸水想定範囲における長期間の冠水が想定される場合は、排水設備を設置すること。

【検討方針】

浸水想定範囲における長期間の冠水が想定される場合は、排水設備を設置する。

【検討結果】

「(1)漏水対策」で示したとおり、重大事故等対処施設の津波防護対象設備を内包する建物・区画への漏水による有意な浸水は想定されないため、排水設備は不要である。

3.4 重大事故等に対処するために必要な機能を有する施設の隔離(内郭防護)

(1) 浸水防護重点化範囲の設定

【規制基準における要求事項等】

重大事故等に対処するために必要な機能を有する設備等を内包する建物及び区画については、浸水防護重点化範囲として明確化すること。

【検討方針】

重大事故等対処施設の津波防護対象設備を内包する建物及び区画については、浸水防護重点化範囲として明確化する。

【検討結果】

重大事故等対処施設の津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。以下、3.4において同じ。）のうち「EL8.5mの敷地に敷設される建物・区画」（分類①の建物・区画）、「EL15.0mの敷地に設置される建物・区画」（分類②の建物・区画）に内包される設備は、「設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建物・区画内」（分類①-A、②-Aの建物・区画）に内包される設備と「設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建物・区画外」（分類①-B、②-Bの建物・区画）に内包される設備に分類できる。このうち、分類①-A、②-Aの建物・区画に内包される設備に対する浸水防護重点化範囲は、「2.4 重要な安全機能を有する施設の隔離(内郭防護)」で示した設計基準対象施設の津波防護設備の浸水防護重点化範囲と同一の範囲とする。

一方、分類①-B、②-Bの建物・区画に内包される設備についてはそれぞれ、これらを内包する次の建物・区画を浸水防護重点化範囲として設定する。

・第1ベントフィルタ格納槽

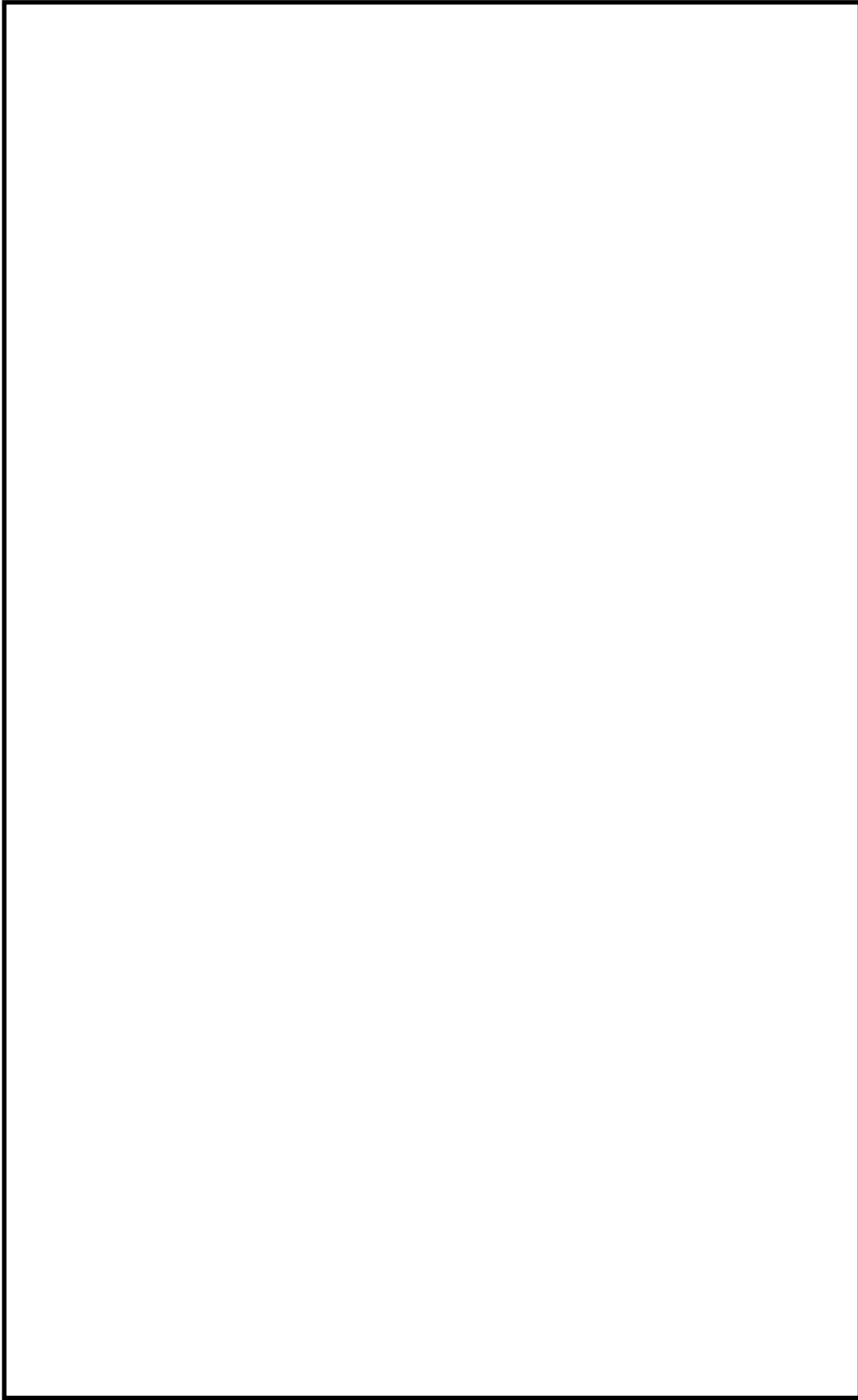
- ・ 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽
- ・ 第4保管エリア

また、「敷地 EL15.0m よりも高所に設置される建物・区画」(分類③の建物・区画)に内包される設備に対する浸水防護重点化範囲としては、これらを内包する次の建物・区画を浸水防護重点化範囲として設定する。

- ・ ガスタービン発電機用軽油タンクを敷設する区画
- ・ 第1, 2, 3保管エリア
- ・ ガスタービン発電機建物
- ・ 緊急時対策所

以上の、重大事故等対処施設の津波防護対象設備に対して設定した浸水防護重点化範囲の概略を第3.4-1図に示す。

なお、位置が確定していない設備等に対しては、詳細設計段階で浸水防護重点化範囲を再設定する方針である。



第3.4-1 図 浸水防護重点化範囲概略図

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

(2) 浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策

【規制基準における要求事項等】

津波による溢水を考慮した浸水範囲，浸水量を安全側に想定すること。

浸水範囲，浸水量の安全側の想定に基づき，浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路，浸水口（扉，開口部，貫通口等）を特定し，それらに対して浸水対策を施すこと。

【検討方針】

津波による溢水を考慮した浸水範囲，浸水量を安全側に想定する。

浸水範囲，浸水量の安全側の想定に基づき，浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路，浸水口（扉，開口部，貫通口等）を特定し，それらに対して浸水対策を実施する。

津波による溢水を考慮した浸水範囲，浸水量については，地震による溢水の影響も含めて，以下の方針により安全側の想定を実施する。

- ・地震・津波による建物内の循環水系等の機器・配管の損傷による建物内への津波及び系統設備保有水の溢水，下位クラス建物における地震時の地下水排水ポンプの停止による地下水の流入等の事象を考慮する。
 - ・地震・津波による屋外循環水配管や敷地内のタンク等の損傷による敷地内への津波及び系統保有水の溢水等の事象を考慮する。
 - ・循環水系機器・配管等損傷による津波浸水量については，入力津波の時刻歴波形に基づき，津波の繰り返し襲来を考慮する。
- また，サイフォン効果も考慮する。
- ・機器・配管等の損傷による溢水量については，内部溢水における溢水事象想定を考慮して算定する。
 - ・地下水の流入量は，敷地レベルを考慮して安全側の仮定条件で算定する。
 - ・施設・設備施工上生じ得る隙間部等がある場合には，当該部からの溢水も考慮する。

【検討結果】

分類①－A，分類②－Aの建物・区画に敷設する設備に対する安全側に想定した浸水範囲，浸水量は，「2.4 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）」で示したとおり，浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策も共通となる。また，分類①－B，分類②－Bの敷地に敷設する設備については，津波が敷地に流入しないことから，浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策は要しない。

分類③の建物・区画に敷設する設備については，いずれも高所のため，津波による浸水は到達しない。

地震時の屋外タンク等による溢水については，原子炉建物や廃棄物処理建物等の開口部の下端高さが最大溢水水位より高い位置にあること等により浸水防護重点化範囲に影響を与えることがない設計とする。

3.5 水位変動に伴う取水性低下による重大事故等に対処するために必要な機能への影響防止

(1) 重大事故等対処設備の取水性

【規制基準における要求事項等】

重大事故等対処設備の取水性については、次に示す方針を満足すること。

- ・基準津波による水位の低下に対して海水ポンプが機能保持できる設計であること。
- ・基準津波による水位の低下に対して冷却に必要な海水が確保できる設計であること。

【検討方針】

基準津波による水位の低下に対して、常設重大事故等対処設備の海水ポンプである原子炉補機海水ポンプ、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ及び可搬型重大事故等対処設備の海水を取水するポンプである大型送水ポンプ車が機能保持できる設計であることを確認する。

また、基準津波による水位の低下に対して、重大事故等対処設備による冷却に必要な海水が確保できる設計であることを確認する。

具体的には、以下のとおり実施する。

- ・原子炉補機海水ポンプ、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ位置、及び大型送水ポンプ車位置（水中ポンプ設置位置）の評価水位の算定を適切に行うため、取水路の特性に応じた手法を用いる。また、取水路の管路の形状や材質、表面の状況に応じた摩擦損失を設定する。
- ・原子炉補機海水ポンプ、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ及び大型送水ポンプ車の取水可能水位が下降側評価水位を下回る等、水位低下に対して各ポンプが機能保持できる設計となっていることを確認する。
- ・引き波時に水位が実際の取水可能水位を下回る場合には、下回っている時間において、原子炉補機海水ポンプ、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ及び大型送水ポンプ車の継続運転が可能な貯水量を十分確保できる設計となっていることを確認する。なお、取水路または取水槽が循環水系と非常用系で併用される場合においては、循環水系運転継続等による取水量の喪失を防止できる措置が施される方針であることを確認する。

【検討結果】

海水の取水を目的とした重大事故等対処設備としては、常設重大事故等対処設備として原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ、可搬型重大事故等対処設備として大型送水ポンプ車があり、その各々について、基準津波による水位の低下に対して機能保持できる設計であること、及び重大事故等対処設備による冷却に必要な海水が確保できる設計であることを以下のとおり確認し

ている。

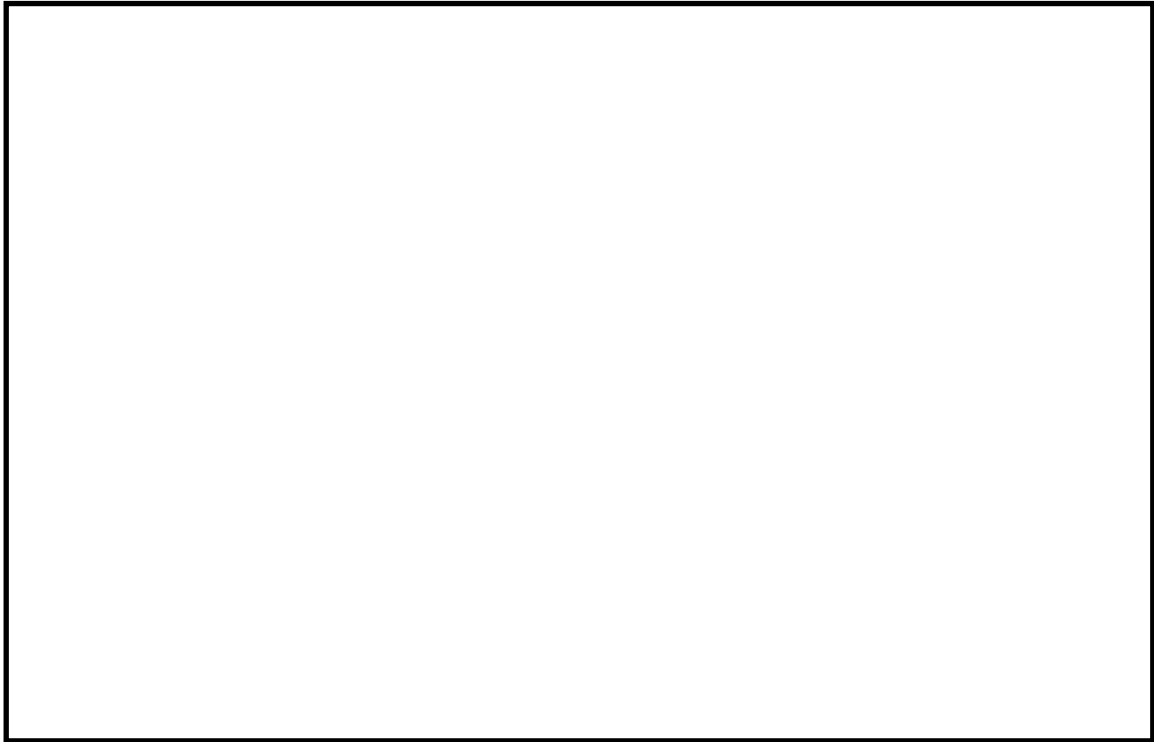
a. 原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ

原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプは、設計基準対象施設の非常用海水冷却系の海水ポンプと同一の設備であり、確認内容は「2.5 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止」に示したとおりである。

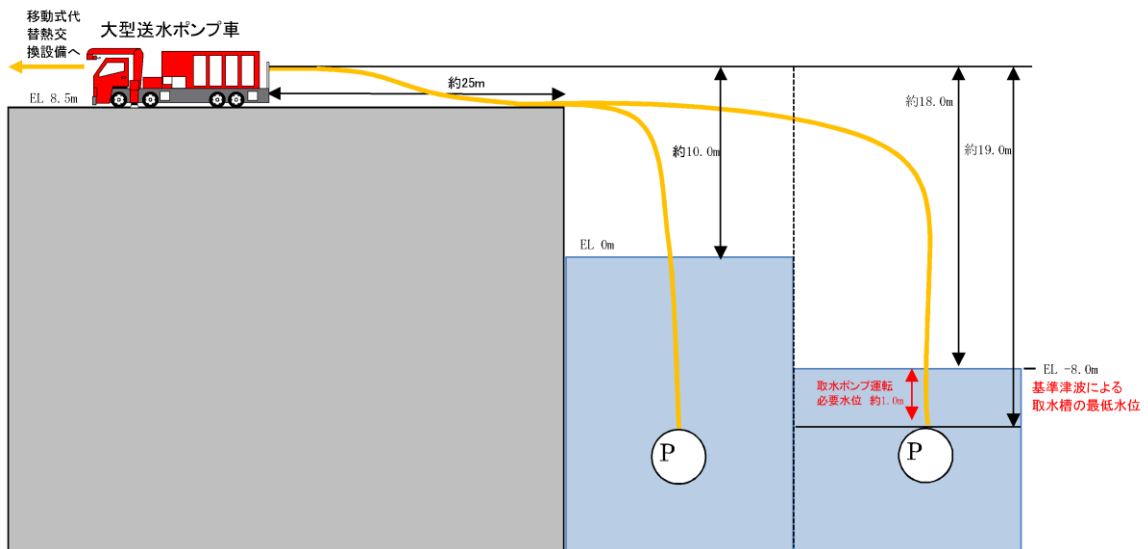
b. 大型送水ポンプ車

可搬型重大事故等対処設備のうち、海水を取水する機器としては、大型送水ポンプ車が挙げられる。大型送水ポンプ車は、水中ポンプを有しており、当該水中ポンプを基準津波による取水槽の最低水位を考慮した取水路内に設置することにより海水を取水する設計としている。（海水取水の概要を第 3.5-1 図に示す。）

具体的には、基準津波による取水槽の最低水位は EL-8.0m であり、当該水中ポンプを適切な位置に設置する。また、水中ポンプの送水先の高さは EL 約 10.0m であり、その差は、約 18.0m であるが、大型送水ポンプ車の揚程は 40m 以上であることから、基準津波による水位低下に対して、取水性の維持が可能である。



第 3.5-1-1 図 大型送水ポンプ車の取水イメージ(1/2)



第 3.5-1-2 図 大型送水ポンプ車の取水イメージ(2/2)

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

(2) 津波の二次的な影響による重大事故等対処設備の機能保持確認

【規制基準における要求事項等】

- 基準津波に伴う取水口付近の砂の移動・堆積が適切に評価されていること。
基準津波に伴う取水口付近の漂流物が適切に評価されていること。
重大事故等対処設備については、次に示す方針を満足すること。
- ・基準津波による水位変動に伴う海底の砂移動・堆積，陸上斜面崩壊による土砂移動・堆積及び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。
 - ・基準津波による水位変動に伴う浮遊砂等の混入に対して海水ポンプが機能保持できる設計であること。

【検討方針】

基準津波に伴う2号炉の取水口付近の砂の移動・堆積や漂流物を適切に評価する。その上で、重大事故等対処設備について、基準津波による水位変動に伴う海底の砂移動・堆積，陸上斜面崩壊による土砂移動・堆積及び漂流物に対して2号炉の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，浮遊砂等の混入に対して海水を取水するポンプが機能保持できる設計であることを確認する。

具体的には、以下のとおり確認する。

- ・遡上解析結果における取水口付近の砂の堆積状況に基づき，砂の堆積高さが取水口下端に到達しないことを確認する。取水口下端に到達する場合は，取水口及び取水路が閉塞する可能性を安全側に検討し，閉塞しないことを確認する。
- ・混入した浮遊砂は，スクリーン等で除去することが困難なため，海水を取水するポンプそのものが運転時の砂の混入に対して軸固着しにくい仕様であることを確認する。
- ・基準津波に伴う取水口付近の漂流物については，遡上解析結果における取水口付近を含む敷地前面及び遡上域の寄せ波及び引き波の方向，速度の変化を分析した上で，漂流物の可能性を検討し，漂流物により取水口が閉塞しないことを確認する。また，スクリーン自体が漂流物となる可能性が無いか確認する。

【検討結果】

海水の取水を目的とした重大事故等対処設備である，常設重大事故等対処設備の原子炉補機海水ポンプ，高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ及び可搬型重大事故等対処設備の大型送水ポンプ車はともに，設計基準対象施設の非常用海水冷却系と同じ，2号炉の取水口・取水路から取水する。このため，取水口及び取水路の通水性の確保に関わる評価は，「2.5水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止」に示した内容に包含される。

一方，浮遊砂等の混入に対する海水ポンプの機能保持できる設計であることについては，原子炉補機海水ポンプ，高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ及び大型送水ポンプ車の各々について，以下のとおり確認している。

a. 原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ

原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプは、設計基準対象施設の非常用海水冷却系の海水ポンプと同一の設備であり、確認内容は「2.5 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止」に示したとおりである。

b. 大型送水ポンプ車

水位変動に伴う浮遊砂の平均濃度は、 0.82×10^{-2} wt%以下、砂の粒径は約 0.3mm であり、同設備が一般的に災害時に海水を取水するために用いられる設備であることを踏まえると大型送水ポンプ車の水中ポンプが取水する浮遊砂量はごく微量であり、砂混入により機能を喪失することはない。

3.6 津波監視

【規制基準における要求事項等】

敷地への津波の繰り返しの襲来を察知し、津波防護施設、浸水防止設備の機能を確実に確保するために、津波監視設備を設置すること。

【検討方針】

敷地への津波の繰り返しの襲来を察知し、津波防護施設及び浸水防止設備の機能を確実に確保するため、津波監視設備として、津波監視カメラ及び取水槽水位計を設置する。

【検討結果】

津波監視設備の設置については、「2.6 津波監視」に示した設計基準対象施設に対する津波監視と同様の方針を適用する。

4. 施設・設備の設計・評価の方針及び条件

4.1 津波防護施設の設計

【規制基準における要求事項等】

津波防護施設は、その構造に応じ、波力による侵食及び洗掘に対する抵抗性並びにすべり及び転倒に対する安定性を評価し、越流時の耐性にも配慮した上で、入力津波に対する津波防護機能が十分に保持できるように設計すること。

【検討方針】

津波防護施設（防波壁，防波壁通路防波扉，1号放水連絡通路防波扉及び1号炉取水槽流路縮小工）は、その構造に応じ、波力による侵食及び洗掘に対する抵抗性並びにすべり及び転倒に対する安全性を評価し、越流時の耐性にも配慮した上で、入力津波に対する津波防護機能が十分に保持できるように設計する。

【検討結果】

2号炉では、基準津波による水位上昇時に、津波を地上部から到達，流入させないよう，施設護岸沿いに防波壁，防波壁通路防波扉及び1号放水連絡通路防波扉を津波防護施設として設置する。また，取水路からの津波の流入を防止するために，1号炉取水槽に流路縮小工を津波防護施設として設置する。

防波壁，防波壁通路防波扉，1号放水連絡通路防波扉及び1号炉取水槽流路縮小工は，その構造に応じ，波力による侵食及び洗掘に対する抵抗性並びにすべり及び転倒に対する安定性を評価し，越流時の耐性や構造境界部の止水にも配慮した上で，入力津波による津波荷重や地震荷重等に対して津波防護機能が十分に保持できるように以下の方針により設計する。

（1）防波壁

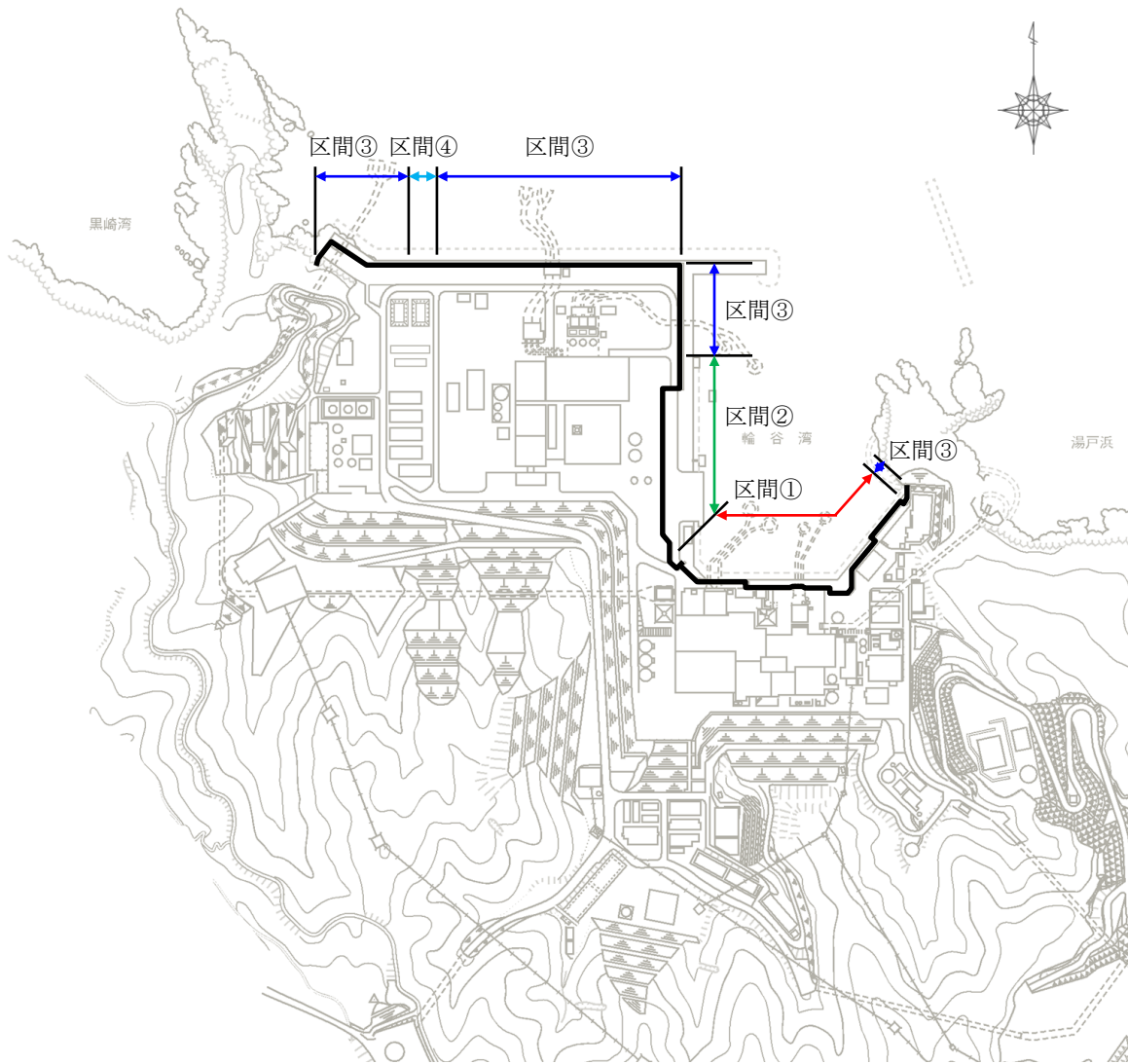
防波壁は，施設護岸における入力津波高さに対して，敷地への津波の到達，流入を防止するために十分な高さを確保する設計とする。

防波壁は津波荷重や地震荷重に対して津波防護機能が十分に保持できるように以下の方針により設計する。

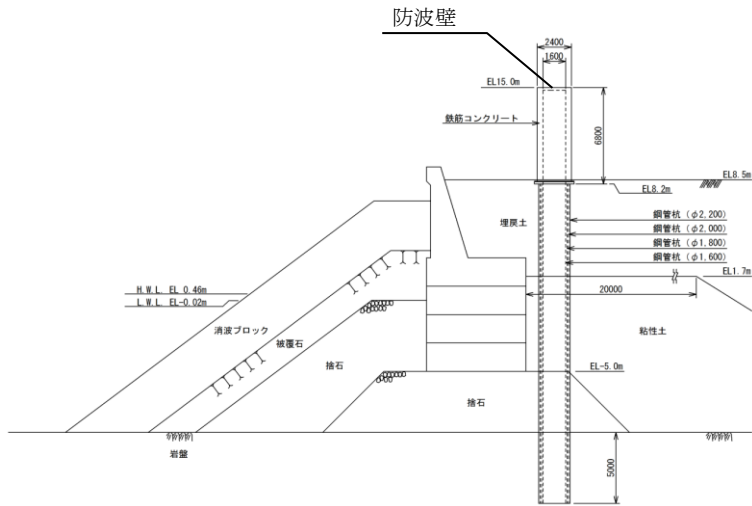
a. 構造

防波壁は敷地護岸沿いに設置し，津波が敷地へ到達，流入することを防止する。構造は，杭基礎または直接基礎の鉄筋コンクリート壁とする。

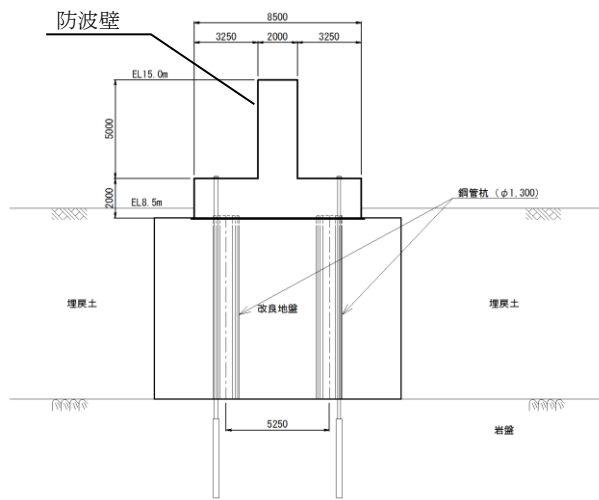
防波壁の配置図を第4.1-1図に，代表的な構造例を第4.1-2～5図に示す。



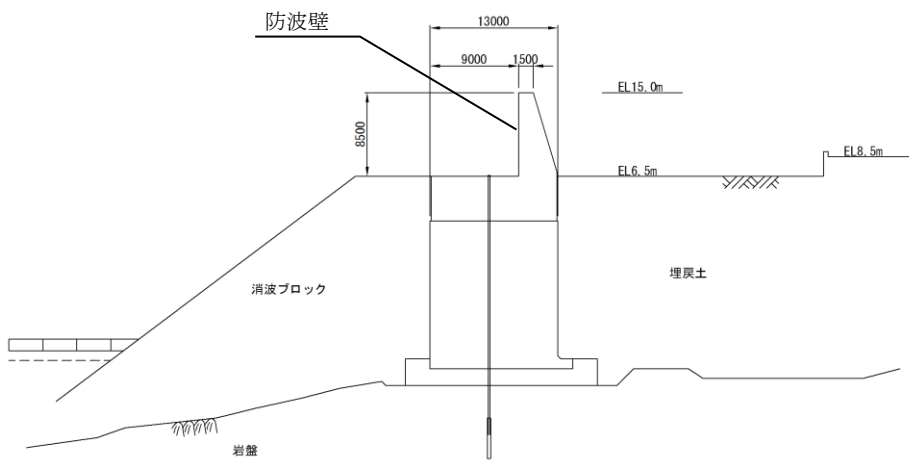
第 4.1-1 図 防波壁配置図



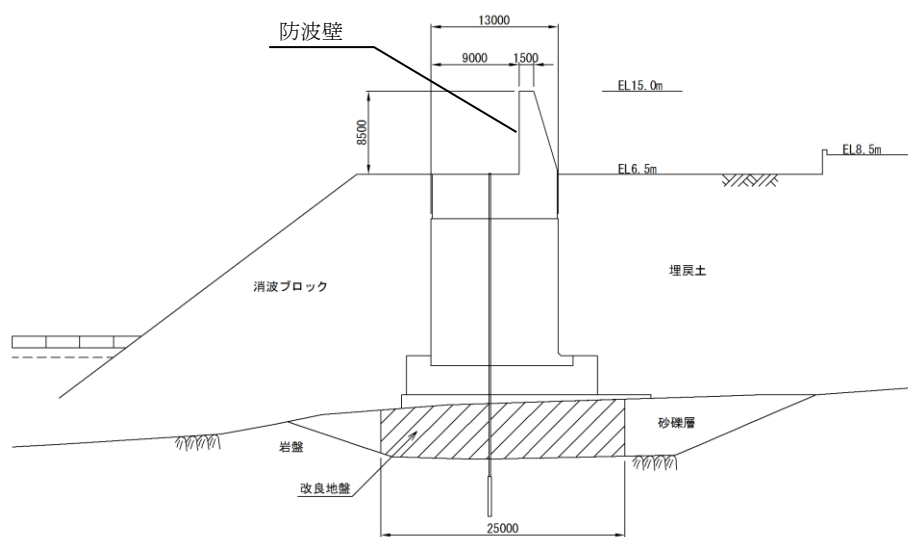
第 4.1-2 図 防波壁構造例 (区間①)



第 4.1-3 図 防波壁構造例 (区間②)



第 4.1-4 図 防波壁構造例 (区間③)



第 4.1-5 図 防波壁構造例 (区間④)

b. 荷重組合せ

防波壁は施設護岸沿いに設置するものであることから、設計においてはその設置状況を考慮し、以下に示す常時荷重、地震荷重、津波荷重及び漂流物衝突荷重の組合せを考慮する。

- ・ 常時荷重＋地震荷重
- ・ 常時荷重＋津波荷重
- ・ 常時荷重＋津波荷重＋漂流物衝突荷重

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

c. 荷重の設定

防波壁の設計において考慮する荷重は、以下のように設定する。

(a) 常時荷重

自重等を考慮する。

(b) 地震荷重

基準地震動 S_s を考慮する。

(c) 津波荷重

津波による水位上昇や、津波の繰り返し襲来を想定し、躯体に作用する津波荷重を考慮する。

(d) 漂流物衝突荷重

対象とする漂流物を定義し、漂流物の衝突力を漂流物衝突荷重として設定する（添付資料21参照）。

(e) 余震荷重

海域活断層に想定される地震による津波の影響を受けないため、余震荷重を考慮しない。

d. 許容限界

津波防護機能に対する機能保持限界として、地震後、津波後の再使用性や、津波の繰り返し作用を想定し、止水性の面も踏まえることにより、当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう、構成する部材が概ね弾性域内に収まることを基本とする。

(2) 防波扉

a. 防波壁通路防波扉

施設護岸における入力津波高さに対して、敷地への津波の到達、流入を防止するため、防波壁の通路開口部に浸水防止設備として防波壁通路防波扉を設置する。

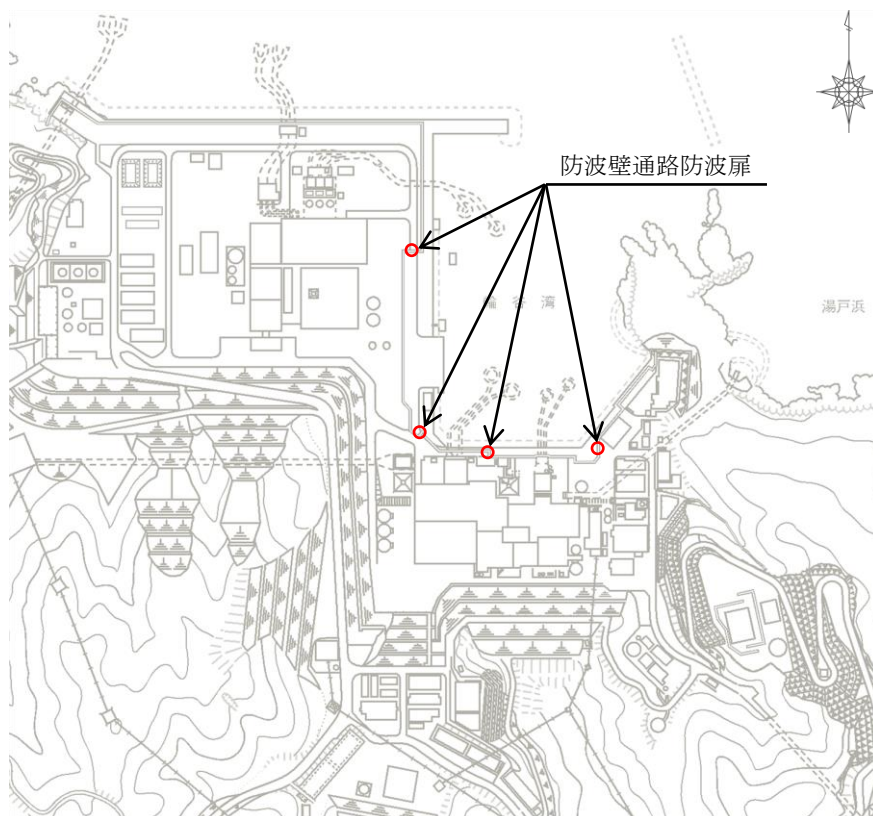
防波壁通路防波扉は津波荷重や地震荷重等に対して浸水防止機能が十分に保持できるよう以下の方針により設計する。

なお、防波壁通路防波扉の運用管理については添付資料23に示す。

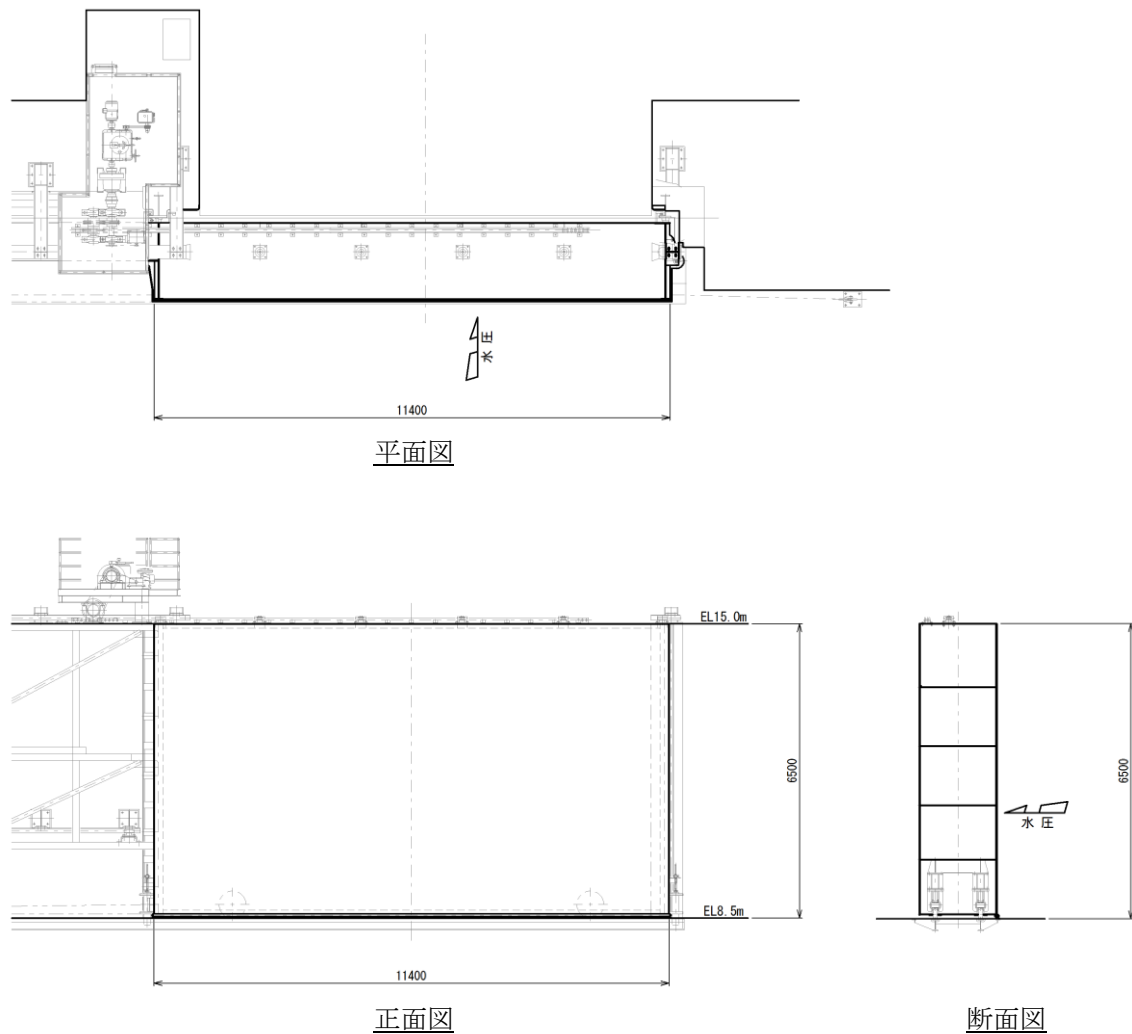
(a) 構造

防波壁通路防波扉は、鋼製の主桁、補助縦桁及びスキンプレート等により構成する。また、防波扉と戸当たりの間及び扉体下端に止水ゴムを取り付けることで浸水を防止する構造とする。

防波壁通路防波扉の配置図を第4.1-6図に、構造例を第4.1-7図に示す。



第 4.1-6 図 防波壁通路防波扉配置図



第 4.1-7 図 防波壁通路防波扉構造例

(b) 荷重組合せ

防波壁通路防波扉の設計においては、以下に示す常時荷重、地震荷重、津波荷重及び漂流物衝突荷重を適切に組合せて設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重
- ・ 常時荷重＋津波荷重
- ・ 常時荷重＋津波荷重＋漂流物衝突荷重

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

(c) 荷重の設定

防波壁通路防波扉の設計において考慮する荷重は、以下のように設定する。

i 常時荷重

自重等を考慮する。

ii 地震荷重

基準地震動 S_s を考慮する。

iii 津波荷重

設置位置における，入力津波高さに基づき算定される水圧を考慮する。

iv 漂流物衝突荷重

対象とする漂流物を定義し，漂流物の衝突力を漂流物衝突荷重として設定する（添付資料21参照）。

v 余震荷重

海域活断層に想定される地震による津波の影響を受けないため，余震荷重を考慮しない。

(d) 許容限界

浸水防止機能に対する機能保持限界として，地震後，津波後の再使用性や，津波の繰り返し作用を想定し，当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう，構成する部材が弾性域内に収まることを確認する。

なお，止水性能については耐圧・漏水試験で確認する。

b. 1号放水連絡通路防波扉

1号炉放水連絡通路における入力津波高さに対して、敷地への津波の到達、流入を防止するため、1号炉放水連絡通路海側出口に1号放水連絡通路防波扉を設置する。

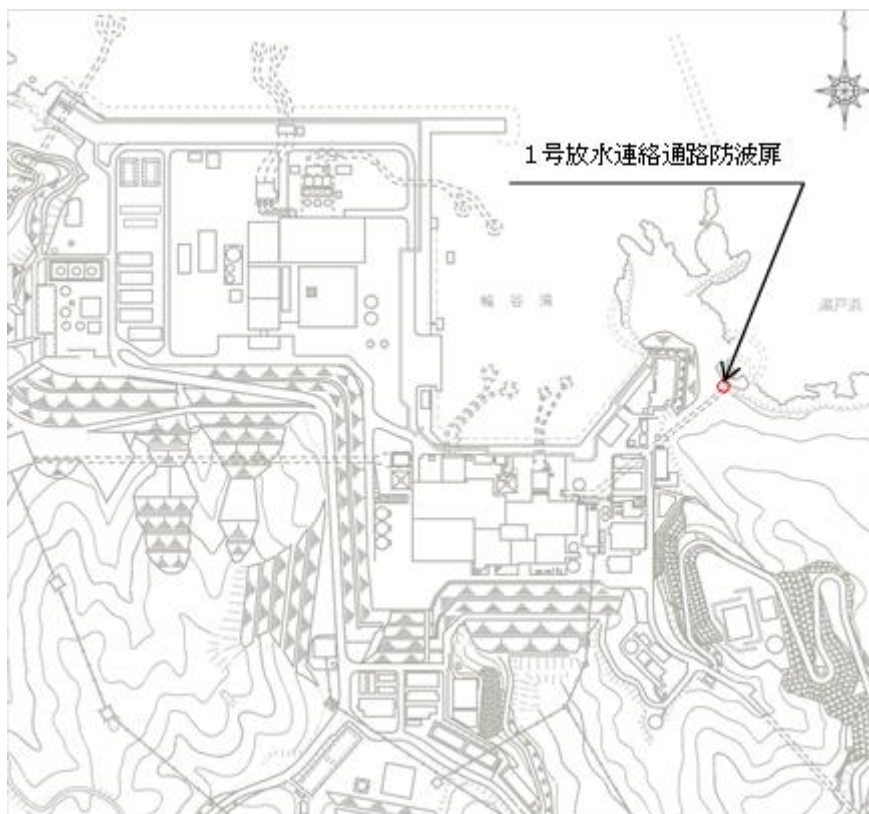
1号放水連絡通路防波扉は津波荷重や地震荷重等に対して浸水防止機能が十分に保持できるよう以下の方針により設計する。

なお、1号放水連絡通路防波扉の運用管理については添付資料23に示す。

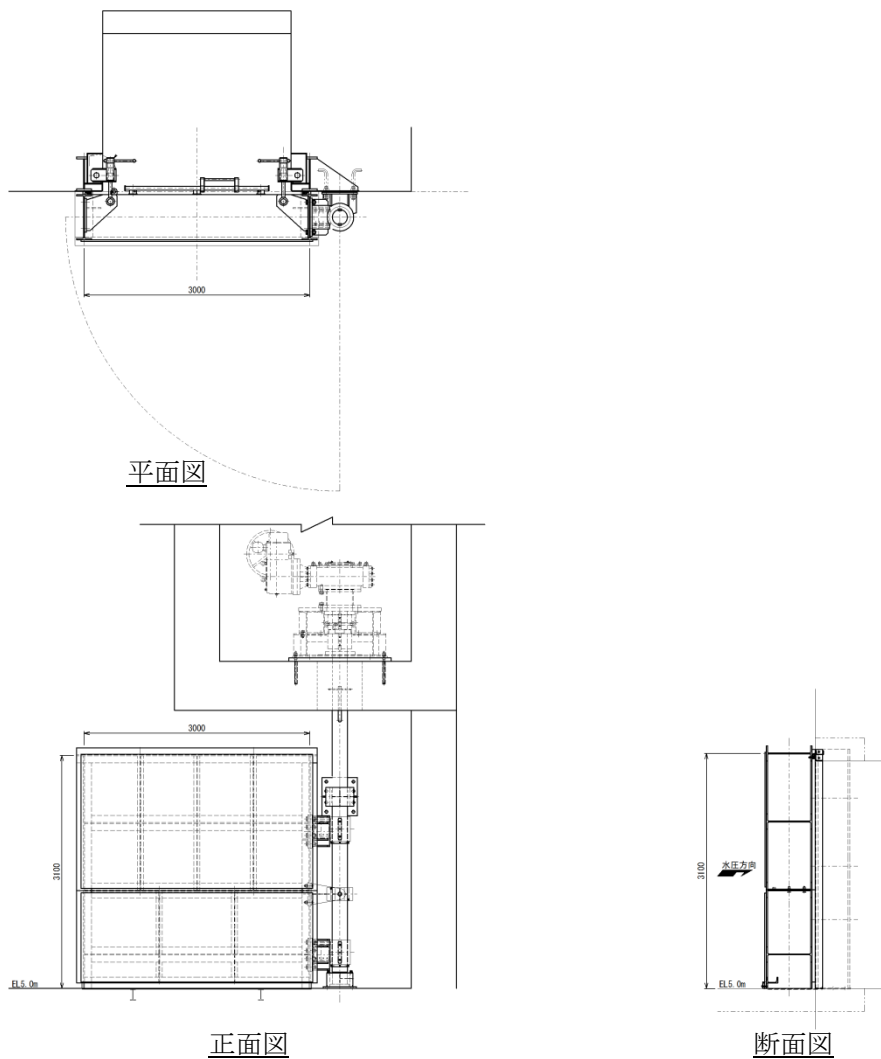
(a) 構造

1号放水連絡通路防波扉は鋼製の主桁、補助縦桁及びスキンプレートにより構成する扉であり、アンカーボルトにより鉄筋コンクリート壁に固定する。また、扉枠に止水ゴムを取り付けることで浸水を防止する構造とする。

1号放水連絡通路防波扉の配置図を第4.1-8図に、構造図を第4.1-9図に示す。



第 4.1-8 図 1号放水連絡通路防波扉配置図



第 4.1-9 図 1号放水連絡通路防波扉構造図

(b) 荷重組合せ

1号放水連絡通路防波扉の設計においては、以下のとおり、常時荷重、地震荷重、津波荷重及び漂流物衝突荷重を適切に組合せて設計を行う。

- ・常時荷重＋地震荷重
- ・常時荷重＋津波荷重
- ・常時荷重＋津波荷重＋漂流物衝突荷重

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

(c) 荷重の設定

1号放水連絡通路防波扉の設計において考慮する荷重は、以下のように設定する。

i 常時荷重

自重等を考慮する。

ii 地震荷重

基準地震動 S_s を考慮する。

iii 津波荷重

設置位置における，入力津波高さに基づき算定される水圧を考慮する。

iv 漂流物衝突荷重

対象とする漂流物を定義し，漂流物の衝突力を漂流物衝突荷重として設定する（添付資料21参照）。

v 余震荷重

海域活断層に想定される地震による津波の影響を受けないため，余震荷重を考慮しない。

(d) 許容限界

浸水防止機能に対する機能保持限界として，地震後，津波後の再使用性や，津波の繰り返し作用を想定し，当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう，構成する部材が弾性域内に収まることを確認する。

なお，止水性能については耐圧・漏水試験で確認する。

(3) 1号炉取水槽流路縮小工

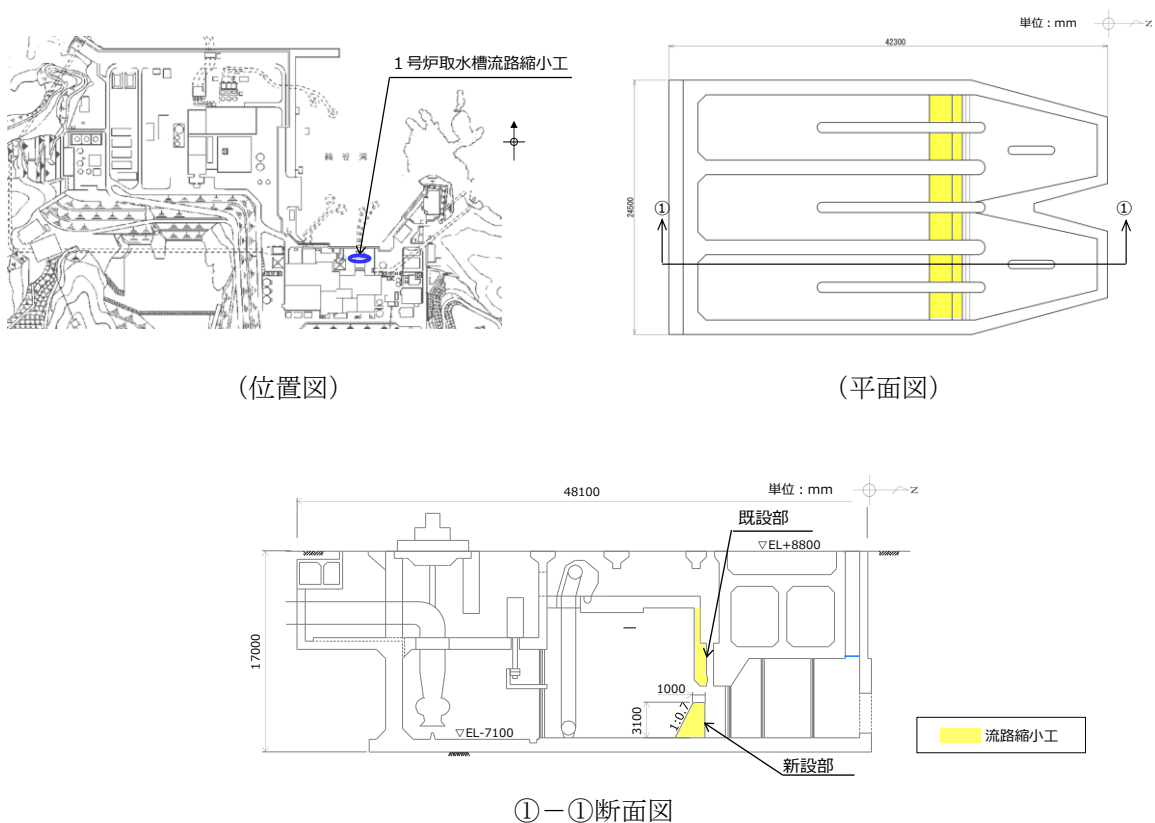
1号炉取水路を遡上する津波に対して、取水槽から敷地への津波の到達、流入を防止するため、1号炉取水槽に流路縮小工を設置する。

流路縮小工は、津波荷重や地震荷重に対して津波防護機能が十分に保持できるように以下の方針により設計する。（詳細な設計方針及び構造成立性の見通しについては、添付資料29参照）

a. 構造

1号炉取水槽流路縮小工は鉄筋コンクリートで構成し、角落とし位置南側に設置する。

1号炉取水槽流路縮小工の配置図を第4.1-10図に、構造例を第4.1-11図に示す。

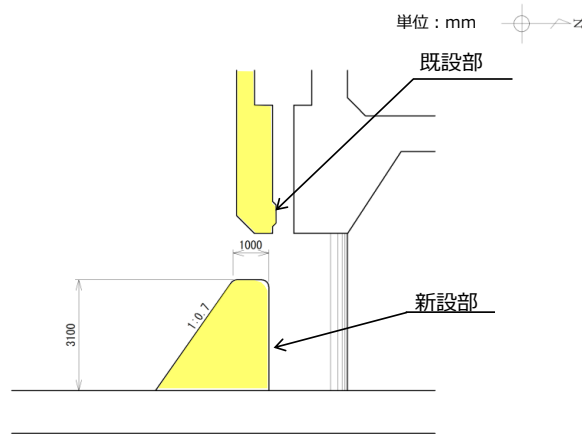


(位置図)

(平面図)

①-①断面図

第4.1-10図 1号炉取水槽流路縮小工配置図



第4.1-11図 1号炉取水槽流路縮小工構造図

b. 荷重組合せ

1号炉取水槽流路縮小工の設計においては、以下のとおり、常時荷重、地震荷重、及び津波荷重を適切に組合せて設計を行う。

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

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

c. 荷重の設定

1号炉取水槽流路縮小工の設計において考慮する荷重は、以下のよう設定する。

(a) 常時荷重

自重を考慮する。

(b) 地震荷重

基準地震動 S_s を考慮する。

(c) 津波荷重

設置位置における、入力津波高さに基づき算定される水圧を考慮する。

(d) 余震荷重

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

d. 許容限界

津波防護機能に対する機能保持限界として、地震後、津波後の再使用性や、津波の繰り返し作用を想定し、当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう、構成する部材が概ね弾性域内に収まることを基本とする。

4.2 浸水防止設備の設計

【規制基準における要求事項等】

浸水防止設備については、浸水想定範囲における浸水時及び冠水後の波圧等に対する耐性等を評価し、越流時の耐性にも配慮した上で、入力津波に対して浸水防止機能が十分に保持できるよう設計すること。

【検討方針】

浸水防止設備（屋外排水路逆止弁，除じん機エリア防水壁，取水管立入ピット閉止板，除じん機エリア水密扉，海水ポンプエリア水密扉，原子炉建物境界水密扉，取水槽床ドレン逆止弁及び貫通部止水処置）については、基準地震動による地震力に対して浸水防止機能が十分に保持できるよう設計する。また、浸水時の波圧等に対する耐性等を評価し、越流時の耐性にも配慮した上で、入力津波に対して浸水防止機能が十分に保持できるよう設計する。

【検討結果】

浸水防止設備としては、「2.2 敷地への浸水防止（外郭防護1）」及び「2.3 漏水による重要な安全機能への影響防止（外郭防護2）」に示したとおり、設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建物及び区画に津波を地上部から到達、流入させないよう、また、取水槽、放水槽等の経路から津波が流入及び漏水することがないように、屋外排水路逆止弁，除じん機エリア防水壁，取水管立入ピット閉止板，除じん機エリア水密扉及び取水槽床ドレン逆止弁を設置し、貫通部止水処置を実施する。

また、「2.4 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）」に示したとおり安全側に想定した浸水範囲に対して、浸水防護重点化範囲内が浸水することがないように、タービン建物と原子炉建物の境界にある扉，開口部，貫通口等に、原子炉建物境界水密扉を設置し、貫通部止水処置を実施する。また、2号炉取水槽内の浸水防護重点化範囲が浸水することがないように、取水槽海水ポンプエリア及び取水槽循環水ポンプエリアの境界にある扉，開口部，貫通口等に取水槽海水ポンプエリア水密扉を設置し、貫通部止水処置を実施する。浸水防止設備の種類と設置位置を整理し、第4.2-1表に示す。

各浸水防止設備の設計方針を以下に示す。

第4.2-1表 浸水防止設備の種類と設置位置

種類		設置位置	箇所数 (参考)
外郭防護に係る浸水防止設備	屋外排水路逆止弁	屋外排水路	一式
	防水壁	取水槽除じん機エリア	1
	閉止板	取水槽 (取水管立入ピット)	1
	水密扉	取水槽除じん機エリア	4
	貫通部止水処置	取水槽除じん機エリア	一式
	床ドレン逆止弁	取水槽	一式
内郭防護に係る浸水防止設備	水密扉	取水槽海水ポンプエリア	3
	貫通部止水処置		一式
	水密扉	タービン建物と原子炉建物との境界	1
	貫通部止水処置		一式

(1) 屋外排水路逆止弁

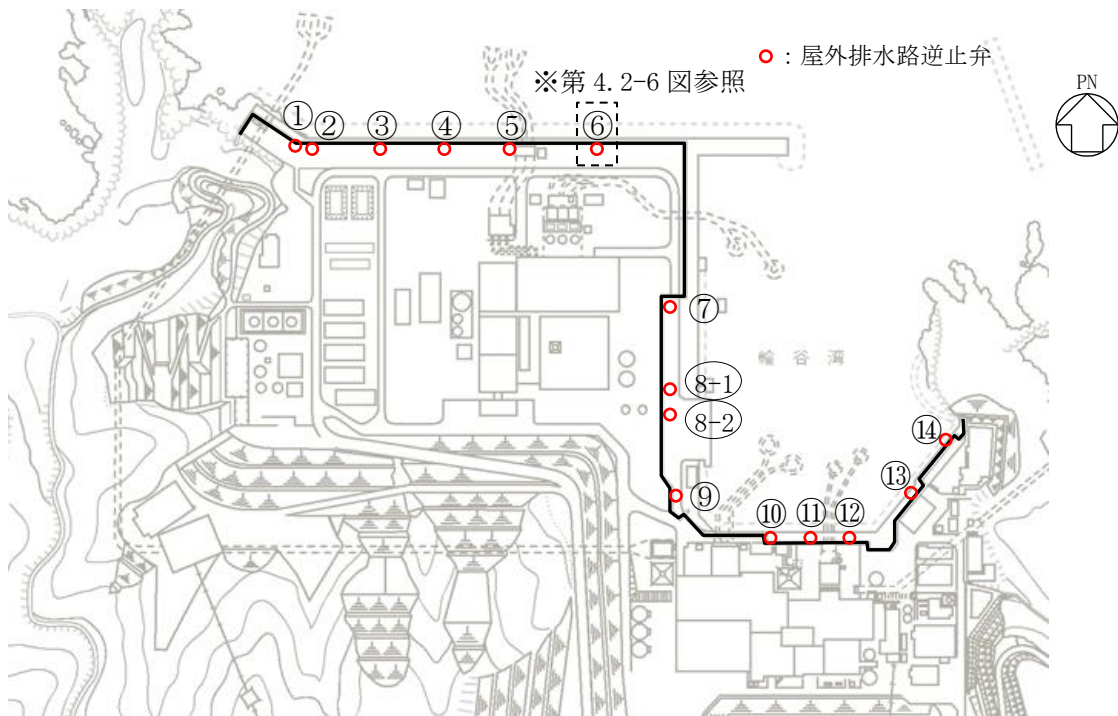
施設護岸における入力津波高さに対して、屋外排水路出口からの敷地への津波の到達，流入を防止するため、屋外排水路出口の排水柵に屋外排水路逆止弁を設置する。

屋外排水路逆止弁は津波荷重や地震荷重等に対して浸水防止機能が十分に保持できるよう以下の方針により設計する。

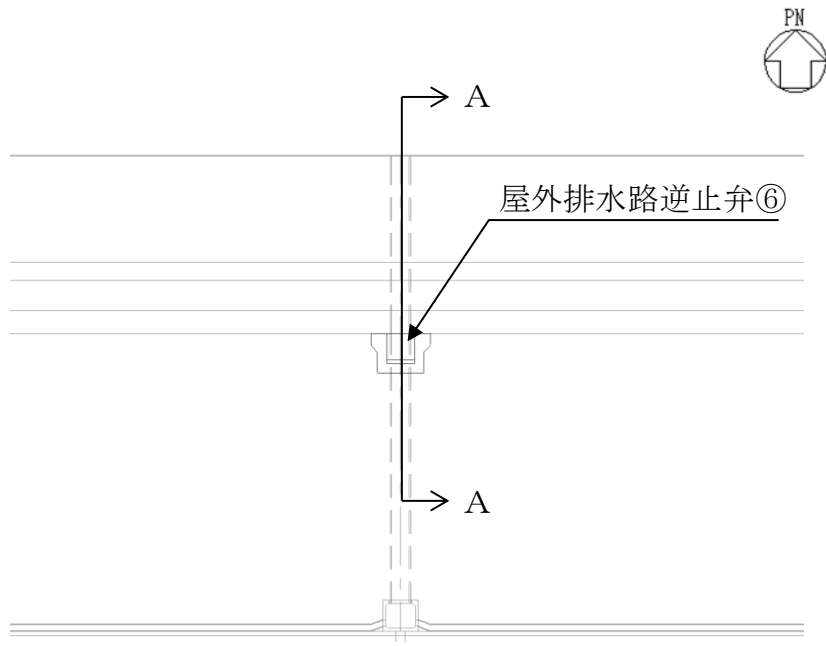
a. 構造

屋外排水路逆止弁は、板材，補強材等の鋼製部材により構成し，排水柵に固定する。

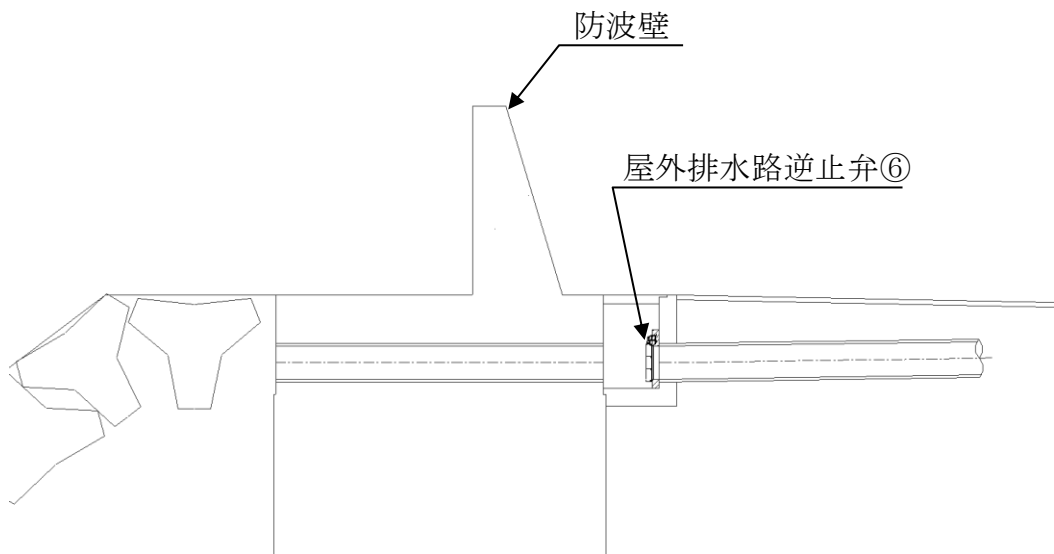
屋外排水路逆止弁の位置図を第4.2-1図に，配置図を第4.2-2図に，構造例を第4.2-3図に示す。



第4.2-1図 屋外排水路逆止弁位置図

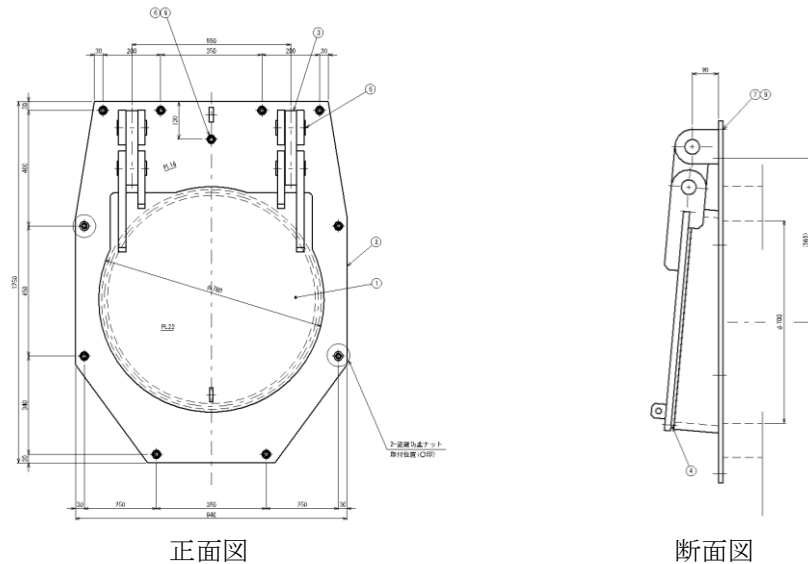


平面图



断面图 (A-A断面)

第4.2-2图 屋外排水路逆止弁⑥配置图



第4. 2-3図 屋外排水路逆止弁構造例

b. 荷重組合せ

屋外排水路逆止弁の設計においては、以下のとおり、常時荷重、地震荷重及び津波荷重を適切に組合せて設計を行う。

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

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

c. 荷重の設定

屋外排水路逆止弁の設計において考慮する荷重は、以下のように設定する。

(a) 常時荷重

自重を考慮する。

(b) 地震荷重

基準地震動 S_s を考慮する。

(c) 津波荷重

設置位置における、入力津波高さに基づき算定される水圧を考慮する。

(d) 余震荷重

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

d. 許容限界

浸水防止機能に対する機能保持限界として、地震後、津波後の再使用性や、津波の繰り返し作用を想定し、当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう、構成する部材が弾性域内に収まることを確認する。

なお、止水性能については耐圧・漏水試験で確認する。

(2) 除じん機エリア防水壁

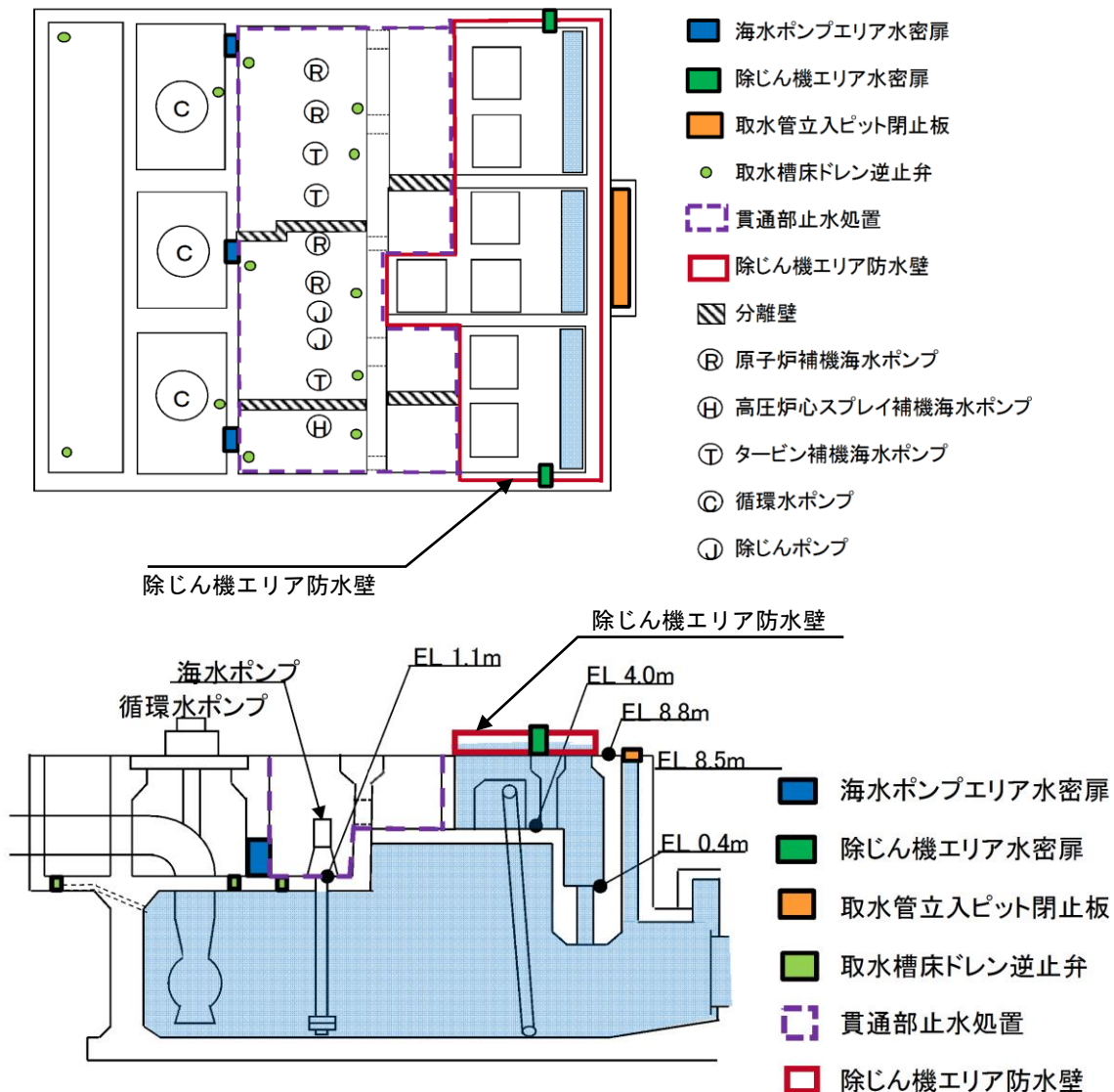
除じん機エリアに設置する防水壁は、2号炉取水槽での入力津波高さに対して、取水路から敷地への津波の到達、流入を防止し、津波防護対象設備が機能喪失しないようにするために2号炉取水槽に設置するものであり、入力津波高さに対して十分な高さを確保している。

除じん機エリア防水壁は津波荷重や地震荷重に対して津波防護機能が十分に保持できるように以下の方針により設計する。（詳細な設計方針及び構造成立性の見通しについては、添付資料30参照）

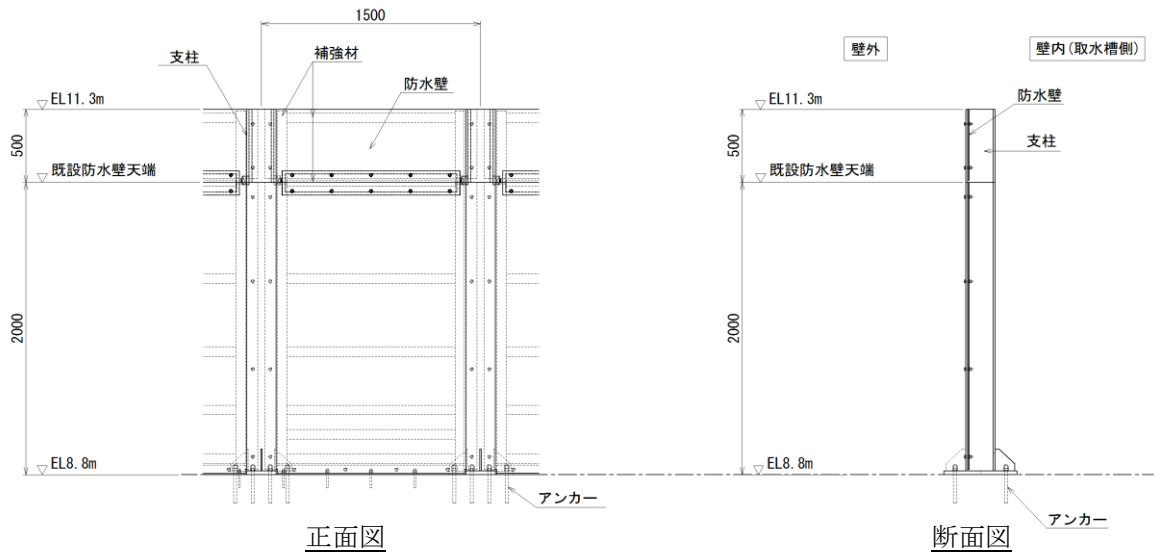
a. 構造

除じん機エリア防水壁は鋼製壁で構成し、基礎ボルトにより取水槽躯体に固定する。

除じん機エリア防水壁の配置図を第4.2-4図に、構造図を第4.2-5図に示す。



第4.2-4図 除じん機エリア防水壁配置図



第4.2-5図 除じん機エリア防水壁構造図

b. 荷重組合せ

除じん機エリア防水壁は防波壁内側の敷地にある2号炉取水槽の天端に設置するものであることから、設計においてはその設置状況を考慮し、以下に示す常時荷重、地震荷重、津波荷重の組合せを考慮する。

- ・常時荷重＋地震荷重
- ・常時荷重＋津波荷重

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

c. 荷重の設定

除じん機エリア防水壁の設計において考慮する荷重は、以下のように設定する。

(a) 常時荷重

自重を考慮する。

(b) 地震荷重

基準地震動 S_s を考慮する。

(c) 津波荷重

設置位置における、入力津波高さに基づき算定される水圧を考慮する。

(d) 余震荷重

海域活断層に想定される地震による津波の影響を受けないため、余震荷重を考慮しない。

d. 許容限界

津波防護機能に対する機能保持限界として、地震後、津波後の再使用性や、津波の繰り返し作用を想定し、当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう、構成する部材が弾性域内に収まることを基本として、津波防護機能を保持していることを確認する。

(3) 閉止板

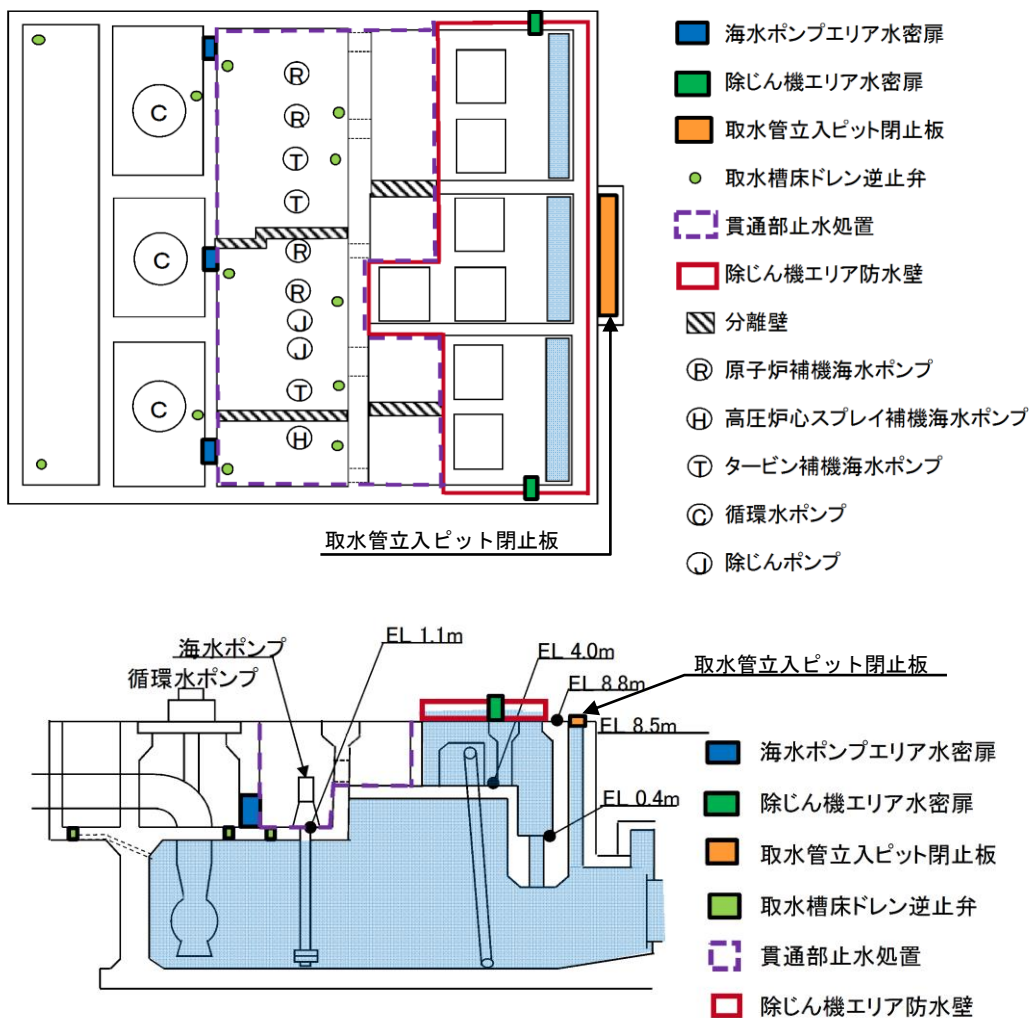
取水管立入ピットに設置する閉止板は、2号炉取水槽にある取水管立入ピットでの入力津波高さに対して、敷地への津波の到達、流入を防止するために、2号炉取水槽にある取水管立入ピット天端に設置する。

取水管立入ピット閉止板は津波荷重や地震荷重等に対して浸水防止機能が十分に保持できるように以下の方針により設計する。

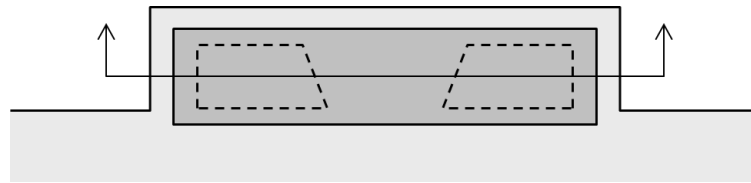
a. 構造

取水管立入ピット閉止板は、鋼製部材により構成し、基礎ボルトにより2号炉取水槽躯体に固定する。

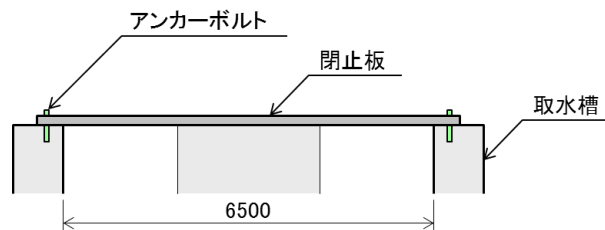
取水管立入ピット閉止板の配置図を第4.2-6図に、構造図を第4.2-7図に示す。



第4.2-6図 取水管立入ピット閉止板配置図



平面図



断面図

第4.2-7図 取水管立入ピット閉止板構造図

b. 荷重組合せ

取水管立入ピット閉止板の設計においては、以下のとおり、常時荷重、地震荷重及び津波荷重を適切に組合せて設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重
- ・ 常時荷重＋津波荷重

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

c. 荷重の設定

取水管立入ピット閉止板の設計において考慮する荷重は、以下のよう設定する。

(a) 常時荷重

自重を考慮する。

(b) 地震荷重

基準地震動 S_s を考慮する。

(c) 津波荷重

設置位置における、入力津波高さに基づき算定される水圧を考慮する。

(d) 余震荷重

海域活断層に想定される地震による津波の影響を受けないため、余震荷重を考慮しない。

d. 許容限界

浸水防止機能に対する機能保持限界として、地震後、津波後の再使用性や、津波の繰り返し作用を想定し、当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう、構成する部材が弾性域内に収まることを確認する。

なお、止水性能については耐圧・漏水試験で確認する。

(4) 水密扉

a. 除じん機エリア水密扉

除じん機エリア水密扉は、2号炉取水槽での入力津波高さに対して、敷地への津波の到達、流入を防止するため、2号炉取水槽に設置するものであり、入力津波高さに対して十分な高さを確保している。

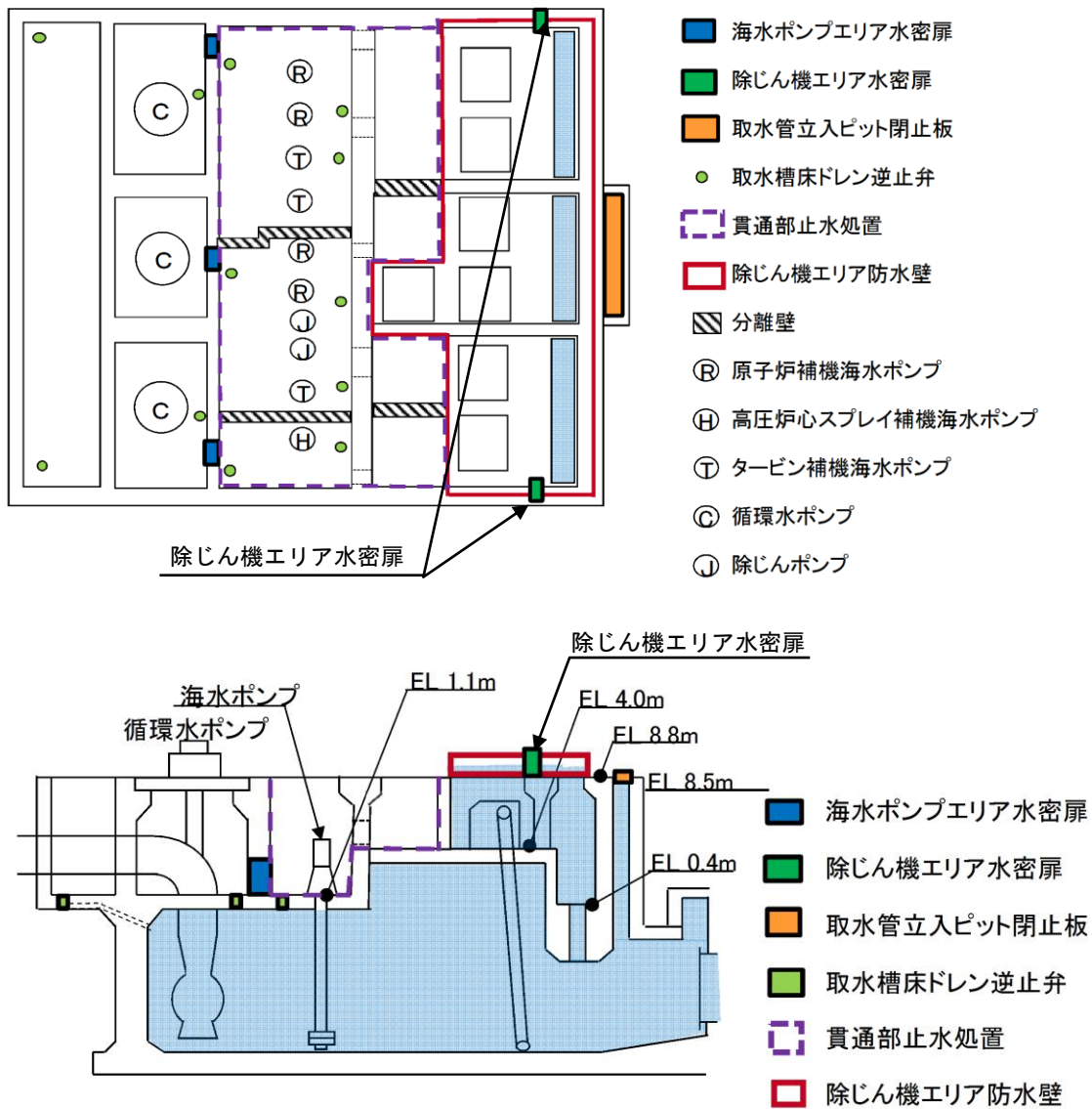
除じん機エリア水密扉は津波荷重や地震荷重等に対して浸水防止機能が十分に保持できるように以下の方針により設計する。（詳細な設計方針及び構造成立性の見通しについては、添付資料30参照）

なお、水密扉の運用管理については添付資料23に示す。

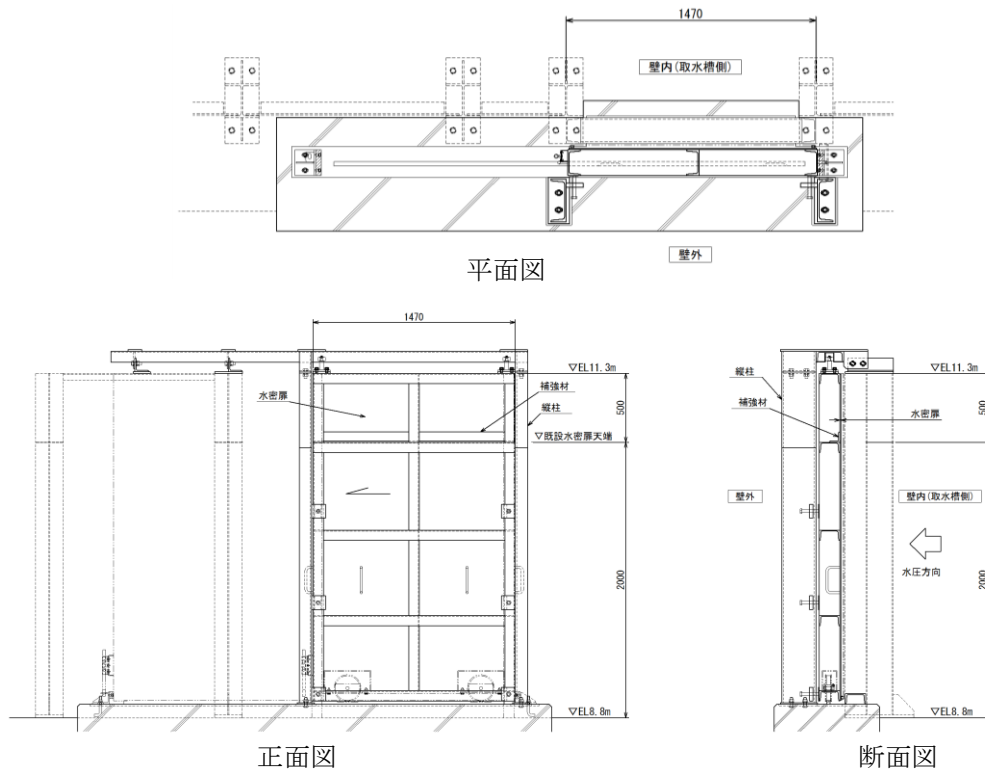
(a) 構造

除じん機エリア水密扉は鋼製部材により構成し、基礎ボルトにより取水槽躯体に固定する。また、扉体に止水ゴムを取り付けることで浸水を防止する構造とする。

除じん機エリア水密扉の配置図を第4.2-10図に、構造例を第4.2-11図に示す。



第4.2-10図 除じん機エリア水密扉配置図



第4.2-11図 除じん機エリア水密扉構造図

(b) 荷重組合せ

除じん機エリア水密扉の設計においては、以下のとおり、常時荷重、地震荷重及び津波荷重を適切に組合せて設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重
- ・ 常時荷重＋津波荷重

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

(c) 荷重の設定

除じん機エリア水密扉の設計において考慮する荷重は、以下のように設定する。

i 常時荷重

自重を考慮する。

ii 地震荷重

基準地震動 S_s を考慮する。

iii 津波荷重

設置位置における、入力津波高さに基づき算定される水圧を考慮する。

iv 余震荷重

海域活断層に想定される地震による津波の影響を受けないため、余震荷重を考慮しない。

(d) 許容限界

浸水防止機能に対する機能保持限界として、地震後、津波後の再使用性や、津波の繰り返し作用を想定し、当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう、構成する部材が弾性域内に収まることを確認する。

なお、止水性能については耐圧・漏水試験で確認する。

b. 海水ポンプエリア水密扉

取水槽循環水ポンプエリア内において、地震に起因する循環水配管等の損傷箇所からの津波の流入等が、浸水防護重点化範囲へ影響することを防止するため、浸水防護重点化範囲である取水槽海水ポンプエリアへの浸水経路、浸水口となり得る通路部に対して、浸水防止設備として海水ポンプエリア水密扉を設置する。海水ポンプエリア水密扉の設置位置は、添付資料11に示す。

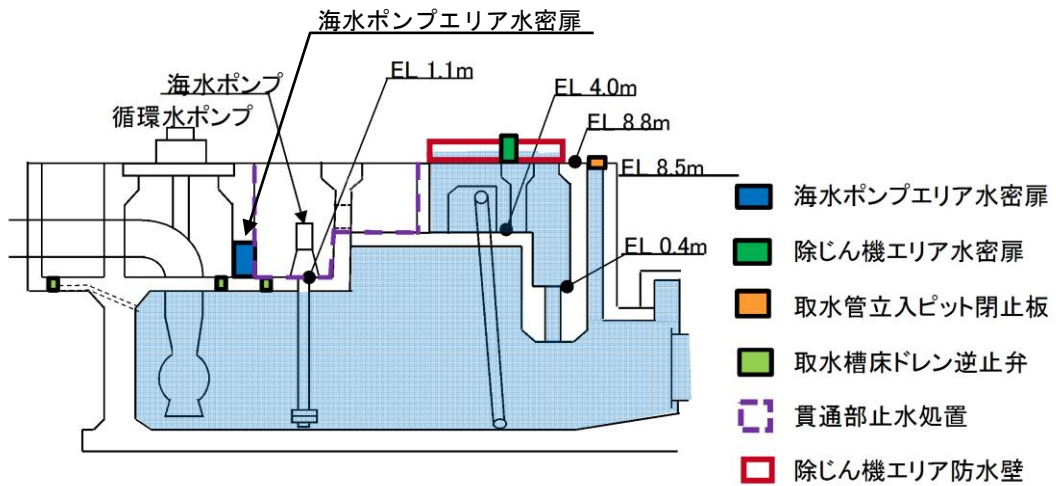
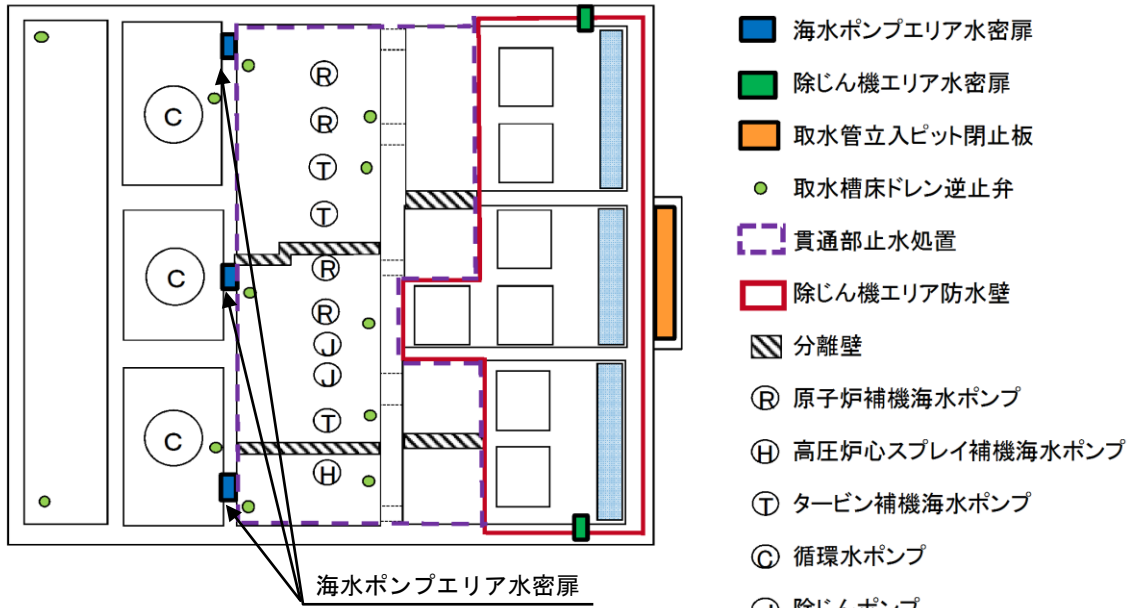
海水ポンプエリア水密扉は津波荷重や地震荷重等に対して浸水防止機能が十分に保持できるように以下の方針により設計する。

なお、水密扉の運用管理については添付資料23に示す。

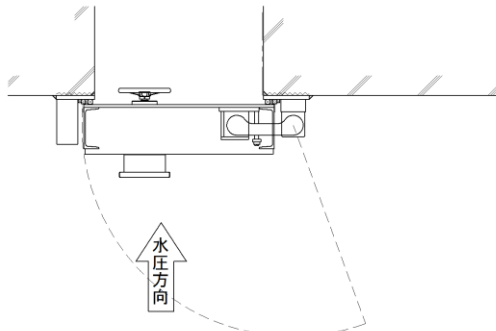
(a) 構造

海水ポンプエリア水密扉は、板材、補強材、扉枠等の鋼製部材により構成し、扉枠はアンカーボルトにより取水槽躯体に固定する。また、扉枠にパッキンを取り付けることで浸水を防止する構造とする。

海水ポンプエリア水密扉の配置図を第4.2-12図に、構造図を第4.2-13図に示す。

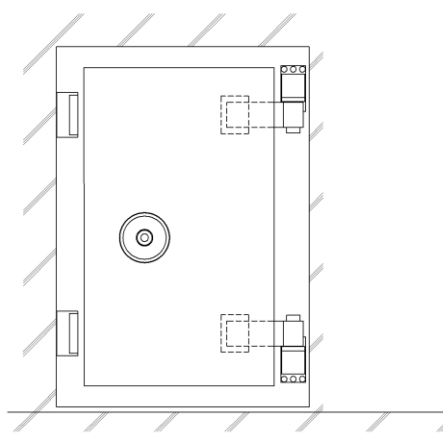


第 4.2-12 図 海水ポンプエリア水密扉配置図

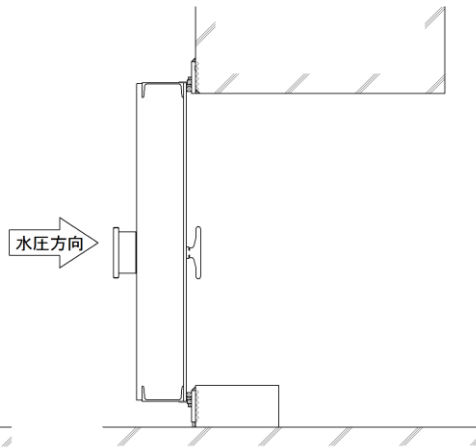


平面図

名称	2Y-B1-WD-1A	
主要寸法	Ⓐ	たて：2000
	Ⓑ	横：1000



正面図



断面図

第 4.2-13 図 海水ポンプエリア水密扉（2Y-B1-WD-1A）構造図

(b) 荷重組合せ

海水ポンプエリア水密扉の設計においては、以下のとおり、常時荷重、地震荷重、津波荷重及び余震荷重を適切に組合せて設計する。

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

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

(c) 荷重の設定

海水ポンプエリア水密扉の設計において考慮する荷重は、以下のよう設定する。

i 常時荷重

自重を考慮する。

ii 地震荷重

基準地震動 S_s を考慮する。

iii 津波荷重

設置位置における、入力津波高さに基づき算定される水圧を考慮する。

iv 余震荷重

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

(d) 許容限界

浸水防止機能に対する機能保持限界として、地震後、津波後の再使用性や、津波の繰り返し作用を想定し、当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう、構成する部材が弾性域内に収まることを確認する。

なお、止水性能については耐圧・漏水試験で確認する。

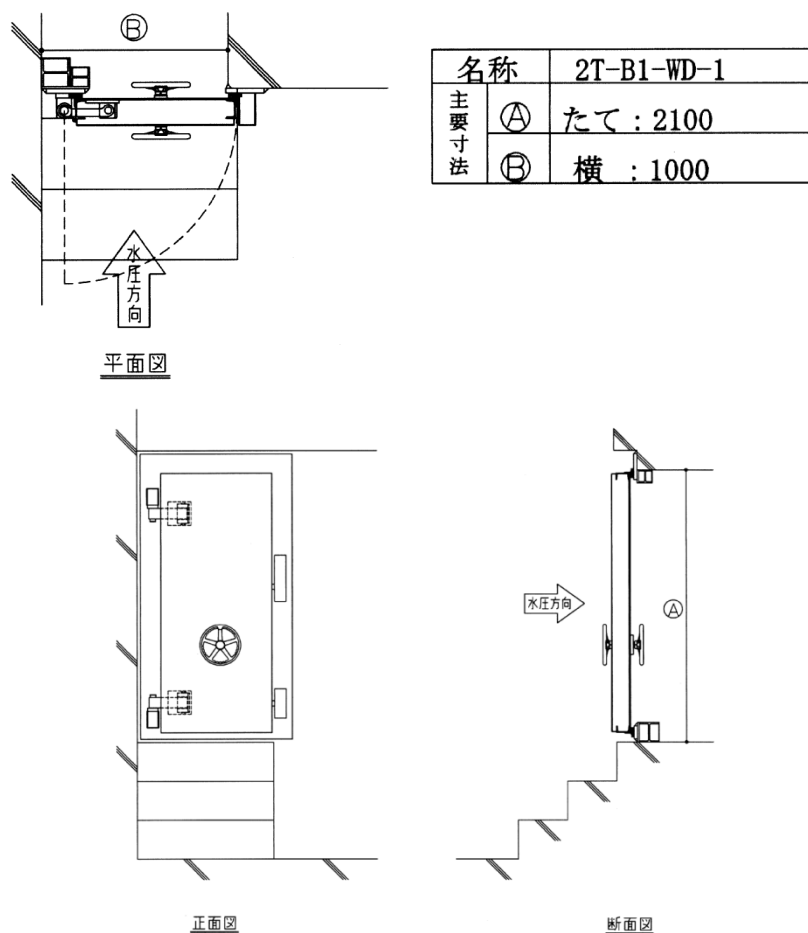
c. 原子炉建物境界水密扉

タービン建物において、津波による溢水を考慮した浸水範囲，浸水量を安全側に想定した際に，浸水防護重点化範囲である原子炉建物への津波の流入を防止するため，タービン建物と原子炉建物の境界に水密扉を設置する。水密扉の設置位置は添付資料11に示す。

水密扉の設計においては，基準地震動 S_s による地震力に対して浸水防止機能が十分に保持できる設計とする。また，浸水時及び冠水時の波圧等に対する耐性を評価し，入力津波に対する浸水防止機能が十分に保持できる設計とする。

(a) 構造

原子炉建物境界水密扉は，タービン建物と原子炉建物との境界に設置する。構造を第4.2-14図に示す。



第4.2-14図 原子炉建物境界水密扉(2T-B1-WD-1)構造図

(b) 荷重組合せ

原子炉建物境界水密扉の設計においては、以下のとおり、常時荷重、地震荷重、津波荷重及び余震荷重を適切に組合せて設計を行う。

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

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

(c) 荷重の設定

原子炉建物境界水密扉の設計において考慮する荷重は、以下のよう設定する。

i 常時荷重

自重を考慮する。

ii 津波荷重

設置位置における、入力津波高さに基づき算定される水圧を考慮する。

iii 地震荷重

基準地震動 S_s を考慮する。

iv 余震荷重

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

(d) 許容限界

浸水防止機能に対する機能保持限界として、地震後、津波後の再使用性や、津波の繰り返し作用を想定し、当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう、構成する部材が弾性域内に収まることを確認する。

(5) 床ドレン逆止弁

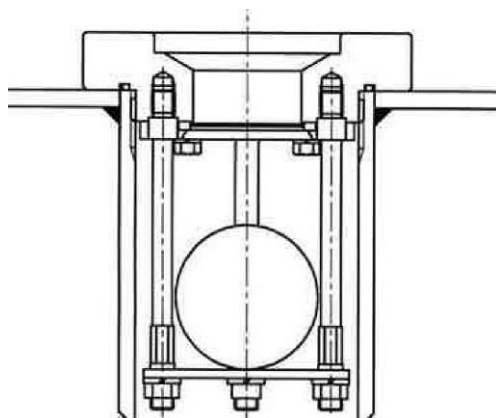
津波防護対象設備を設置する区画である取水槽の床面高さEL1.1mに対し、取水槽の入力津波高さがEL10.5mであることから、取水槽海水ポンプエリア及び循環水ポンプエリアへの津波の流入を防止するため、浸水防止設備として取水槽床面に取水槽床ドレン逆止弁を設置する。

取水槽床ドレン逆止弁は津波荷重や地震荷重等に対して浸水防止機能が十分保持できる設計とする。

a. 構造

取水槽床ドレン逆止弁は、取水槽に設置する鋼製の構造物であり、フロートが水の浮力により上昇し、開口部を閉鎖することで津波の流入を防止する構造とする。

構造例を第4.2-15図に示す。



第4.2-15図 取水槽床ドレン逆止弁の構造の例

b. 荷重組合せ

取水槽床ドレン逆止弁の設計においては、以下のとおり、常時荷重、地震荷重、津波荷重、余震荷重の組合せを考慮する。

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

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

c. 荷重の設定

取水槽床ドレン逆止弁の設計において考慮する荷重は、以下のよう設定する。

(a) 常時荷重

自重等を考慮する。

(b) 地震荷重

基準地震動 S_s を考慮する。

(c) 津波荷重

設置位置における、入力津波高さに基づき算定される水圧を考慮する。

(d) 余震荷重

余震による地震動について検討し、余震荷重を設定する。具体的には、余震による地震動として弾性設計用地震動 S_d を適用し、これによる荷重

を余震荷重として設定する。適用にあたっての考え方を添付資料22に示す。

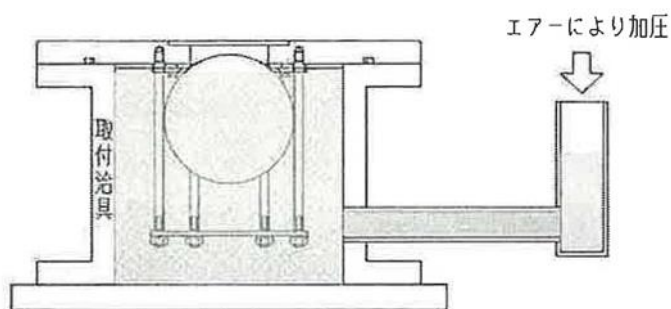
d. 許容限界

浸水防止機能に対する機能保持限界として、地震後、津波後の再使用性や、津波の繰り返し作用を想定し、当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう、構成する部材が弾性域内に収まることを確認する。

e. 耐圧性及び水密性

取水槽床ドレン逆止弁は、床面下部からの流入に対してフロートが押し上げられ、弁座に密着することで漏水を防止する。

また、溢水時には溢水を当該エリア外へ排出する。逆止弁が十分な水密性をもっていることを試験で確認する。試験概要を第4-2-16図に示す。



第 4. 2-16 図 逆止弁の試験概要

f. 耐震性

基準地震動 S_s に対して、浸水防止機能が保持できることを評価または加振試験により確認する。

加振試験の例を第4. 2-17図に示す。



■加振試験条件

- ・水平方向振動周波数：20Hz
- ・水平方向加速度：6.0G
- ・鉛直方向振動周波数：20Hz
- ・鉛直方向加速度：6.0G
- ・加振時間：5分間

第 4.2-17 図 加振試験例（逆止弁）

(6) 貫通部止水処置

「2.4重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）」に示す浸水防護重点化範囲への浸水経路，浸水口となり得る貫通口部等に対して，浸水防止設備として貫通部止水処置を実施する。貫通部止水処置の実施範囲及び実施例は添付資料11に示す。

貫通部止水処置は，第4.2-2表に示す充てん構造（シリコン），ブーツ構造（ラバーブーツ），及び充てん構造（モルタル）に分類でき，貫通部の形状等に応じて適切な止水構造を選択し実施する。

これらの止水処置の設計においては，以下に示すとおり，常時荷重，地震荷重，津波荷重及び余震荷重を適切に組合せて設計を行う。

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

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

ここで，貫通部止水処置の設計において考慮する荷重は，以下のよう設定する。

(a) 常時荷重

自重等を考慮する。

(b) 地震荷重

基準地震動 S_s を考慮する。

(c) 津波荷重

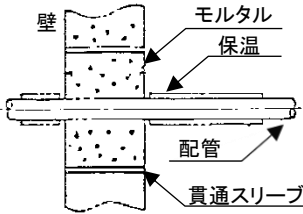
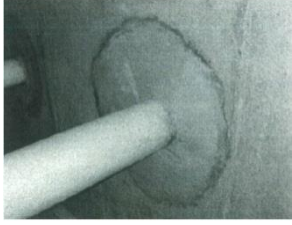
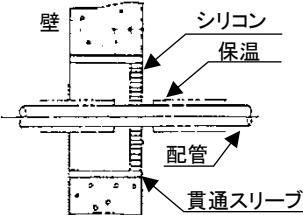

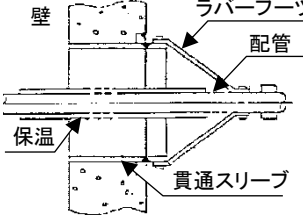

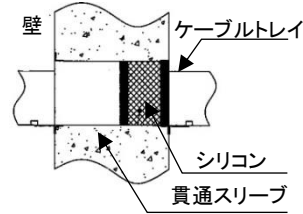

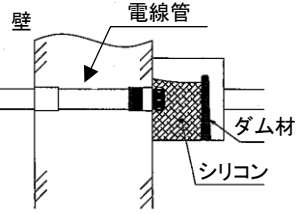

設置位置における，入力津波高さに基づき算定される水圧を考慮する。

(d) 余震荷重

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

また，上記荷重の組合せに対して，各止水構造の浸水防止機能が十分に保持できるよう，それぞれ以下の方針により設計する。

第 4.2-2 表 止水構造

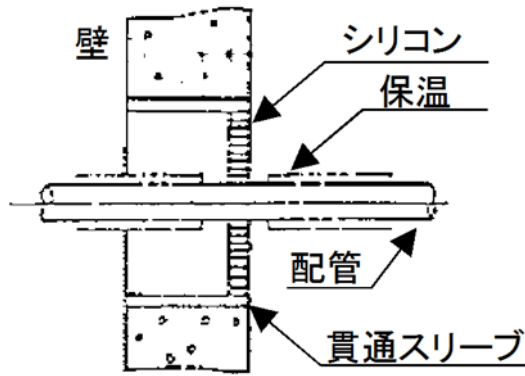
貫通物	止水処理	施工内容		説明
		断面図	写真	
低温配管	モルタル			貫通スリーブと配管の間にモルタルを充填する
	シリコン			貫通スリーブと配管の間にシリコンを充填する
高温配管	ラバーブーツ			貫通スリーブと配管にラバーブーツの端部を固定する
ケーブルトレイ	シリコン			貫通スリーブとケーブルトレイの間、ケーブルトレイ内にシリコンを充填する
電線管				電線管が接続するプルボックス内にシリコンを充填する

a. 充てん構造 (シリコン)

(a) 構造

充てん構造 (シリコン) は貫通口と貫通物の間の隙間に、鋼板による補強板を設けた上でシリコンを充てんすることにより止水する構造である。

本構造の概要を第4.2-20図に示す。

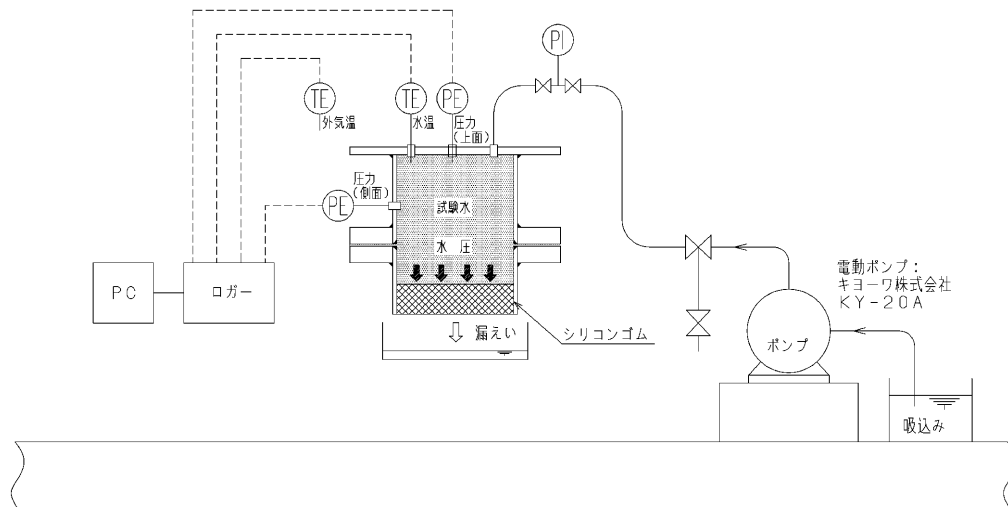


第4.2-20図 充てん構造（シリコン）の概要

(b) 水密性

耐圧性は補強板及びシリコンが担い、シリコンにより水密性を確保することを基本としており、設置箇所想定される浸水に対して、浸水防止機能が保持できることを、実機を模擬した耐圧・漏水試験により確認する。

実機模擬試験の例を第4.2-21図に示す。



【試験体寸法】

スリーブ径 [A] 50, 150, 250

施工幅[mm] 40, 150

【試験体数】

各組合せ6体

【試験方法】

試験装置に注水後、水により加圧

試験圧力 (0.11MPa) , 保持時間15分

第 4.2-21 図 実機模擬試験例

(c) 耐震性

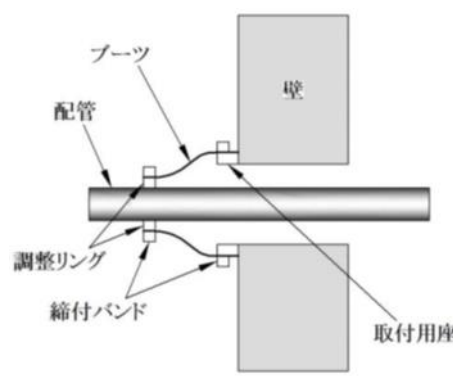
シリコンは伸縮性に優れたシール材であり、配管の貫通部に適用するシール材の耐震性を満足させるために、貫通部近傍に支持構造物を設置することとしており、配管等の変位追従性に優れた構造となっていることから、地震によりシリコンの健全性が損なわれることはない。

b. ブーツ構造（ラバーブーツ）

(a) 構造

ブーツ構造（ラバーブーツ）はブーツと締付バンドにて構成され、高温配管等の熱膨張変位及び地震時の変位を吸収できるよう伸縮性ゴムを用い、壁面に溶接した取付用座と配管に締付バンドにて締結する。

本構造の概要を第4.2-22図に示す。

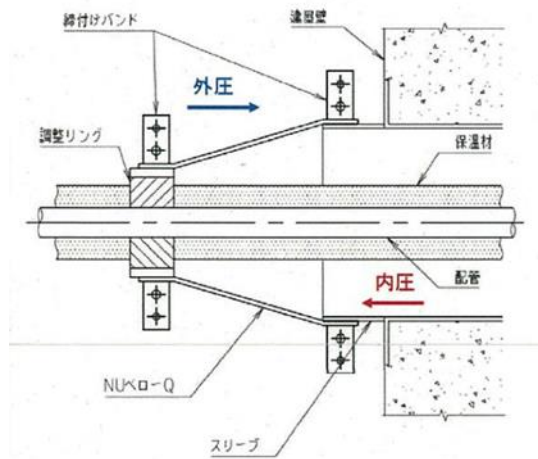


第4.2-22図 ブーツ構造の概要

(b) 水密性

伸縮性のあるシールカバーを貫通口と貫通物の隙間に設置することで、耐圧性及び水密性を確保することを基本としており、設置箇所想定される浸水に対して、浸水防止機能が保持できることを、第4.2-23図に示す実機を模擬した耐圧・漏水試験により確認する。

実機模擬試験の例を第4.2-3表、第4.2-4表に示す。



【試験方法】

ラバーブーツ内側・外側から水により加圧

第4.2-23図 実機模擬試験例

第4.2-3表 実機模擬試験（型式1）

No.	呼び寸法		水圧[MPa]	
	配管径[A]	スリーブ径[A]	内圧	外圧
1	400	550	0.04	0.03
2	80	250	0.03	0.02

第4.2-4表 実機模擬試験（型式2）

No.	呼び寸法		水圧[MPa]	
	配管径[A]	スリーブ径[A]	内圧	外圧
1	25	200	0.20	0.20
2	350	650	0.20	0.20
3	750	1000	0.20	-

(c) 耐震性

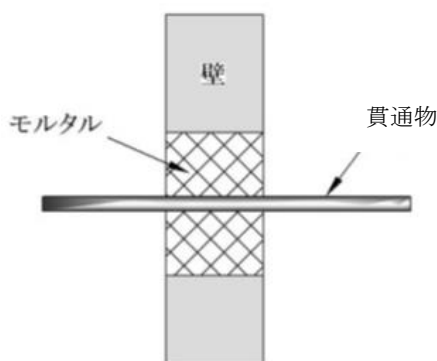
ラバーブーツについては、伸縮性ゴムを使用しており、配管等の変位追従性に優れた構造となっていることから、地震によりラバーブーツの健全性が損なわれることはない。

c. 充てん構造（モルタル）

(a) 構造

モルタルは、貫通口と貫通物の間の隙間にモルタルを充てんすることにより止水する構造とし、充てん硬化後は、貫通部内面、配管等の外面と一定の付着力によって結合される。

本構造の概要を第4.2-24図に示す。



第4.2-24図 充てん構造（モルタル）の概要

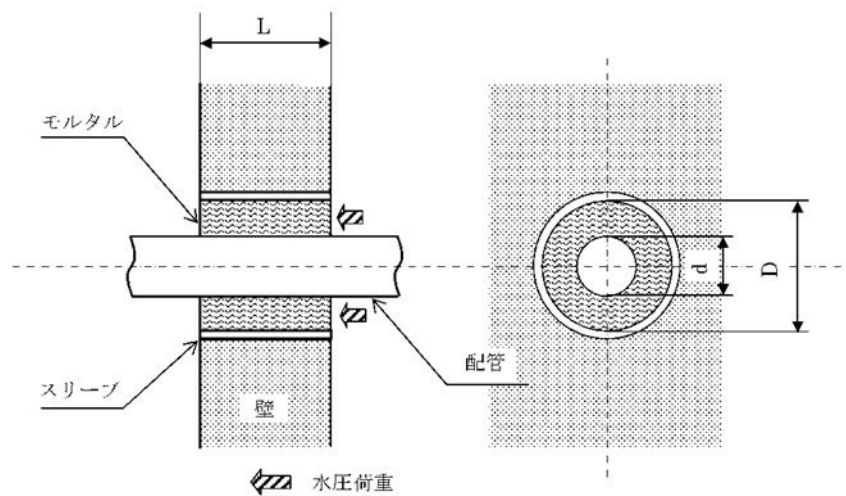
(b) 水密性

貫通部の止水処置として使用するモルタルについて、性能試験等により、止水性能を確認した。

貫通部の止水処置に用いるモルタルについては、以下のとおり静水圧に対し十分な耐性を有していることを確認している。モルタルの評価概要を第4.2-25図に示す。

【検討条件】

- ・スリーブ径：D [mm]
 - ・モルタルの充填深さ：L [mm]
 - ・配管径：d [mm]
 - ・モルタル許容付着強度[※]：2.0 [N/mm²]
 - ・静水圧：0.2 [N/mm²]（保守的に20m相当の静水圧を想定）
- ※「鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説2010」による。



第 4.2-25 図 モルタル評価概要図

○評価方法

① モルタル部分に作用する水圧荷重 (P1)

静水圧がモルタル部分に作用したときに生じる荷重は以下のとおり。

$$P1 [N] = 0.2 [N/mm^2] \times (\pi \times (D^2 - d^2) / 4) [mm^2]$$

② モルタルの許容付着荷重 (P2)

静水圧がモルタル部分に作用したときに、モルタルが耐える限界の付着荷重は以下のとおり。

$$P2 [N] = 2.0 [N/mm^2] \times (\pi \times (D + d) \times L) [mm^2]$$

モルタルの付着強度は、付着面積及び充填深さに比例するため、ここでは、保守的に貫通部に配管がない状態 (d=0) を想定し評価を行った。

静水圧に対して止水性能を確保するためには、 $P1 \leq P2$ であるため、以下のように整理できる。

$$0.03 \times D [mm] \leq L [mm]$$

上式より、モルタル施工個所が止水性能を発揮するためには、貫通スリーブ径の3%以上の充填深さが必要である。

例えば400mmの貫通スリーブに対して、約12mm以上の充填深さが必要であるが、実機における対象貫通部の最小厚さ200mmに対し、モルタルは壁厚さと同程度の厚さで充填されていることを踏まえると、止水性能は十分に確保できる。

(c) 耐震性

貫通口内に貫通部が存在する構造では、基準地震動 S_s によりモルタル充てん部に発生する配管反力がモルタルの許容圧縮強度及び許容付着強度以下であることを確認する。

内郭防護において考慮する溢水の浸水範囲，浸水量について

1. はじめに

「2.4 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）」では，規制基準における要求事項「津波による溢水を考慮した浸水範囲，浸水量を安全側に想定すること」に関し，審査ガイドに従い，2号炉で考慮すべき具体的な溢水事象として以下の5事象を挙げている。（図1）

- a. タービン建物における溢水
- b. 取水槽循環水ポンプエリアにおける溢水
- c. 取水槽海水ポンプエリアにおける溢水
- d. 屋外タンク等による屋外における溢水
- e. 建物外周地下部における地下水位の上昇

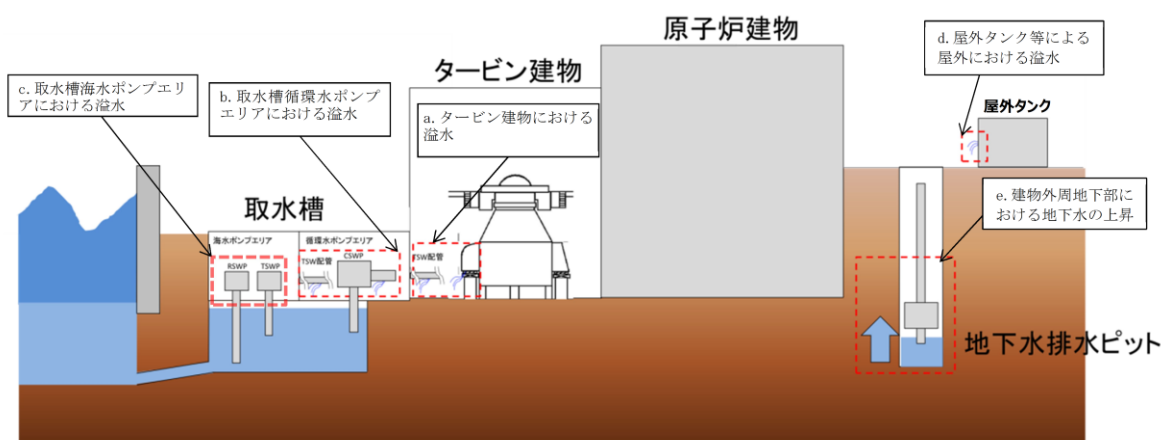


図1 地震による溢水の概念図

これらの各事象による浸水範囲，浸水量については，「設置許可基準規則第9条（溢水による損傷の防止等）」に対する適合性において説明されており，本書ではその該当箇所を抜粋する形で，その評価条件，評価結果等の具体的な内容を示す。

2. タービン建物における溢水（事象 a.）

9.1 タービン建物における溢水

タービン建物における溢水について、想定破損による溢水では循環水系配管の伸縮継手部の全円周状の破損を想定し、地震起因による溢水では循環水系配管の伸縮継手部の全円周状の破損及びその他の耐震B,Cクラス機器の破損を想定する。また、消火水の放水による溢水を想定する。

9.1.1 評価条件

(1) 評価条件

- ・伸縮継手部からの溢水は、破損から循環水ポンプ停止及び復水器水室出入口弁の閉止までの時間を考慮する。
- ・循環水系配管の破損箇所での溢水の流出圧力は、循環水ポンプ運転時の系統圧力とする。なお、配管の圧損については保守的に考慮しない。
- ・循環水系配管の破損箇所は海水面より高いためサイフォン効果による流入はない。
- ・地震起因による溢水では、破損を想定する耐震B,Cクラス機器の保有水を考慮する。
- ・地震起因による溢水では、地震に伴い津波が襲来するものとし、循環水系配管を含む耐震B,Cクラス機器の破損箇所からの津波の流入を考慮する。
- ・消火水の放水による溢水では、屋内消火栓からの放水流量を考慮する。

(2) 循環水ポンプ停止及び循環水系弁閉止インターロックについて

a. 概要

地震時に復水器室内の伸縮継手部が破損し、循環水系から大量の海水が流入した場合、溢水防護区画へ海水が伝播し、溢水防護対象設備が機能喪失に至るおそれがある。このため、図9-2に示すような地震時に循環水ポンプ停止、循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出入口弁を閉止するインターロックを設置し、復水器室内への海水の流入を低減する。

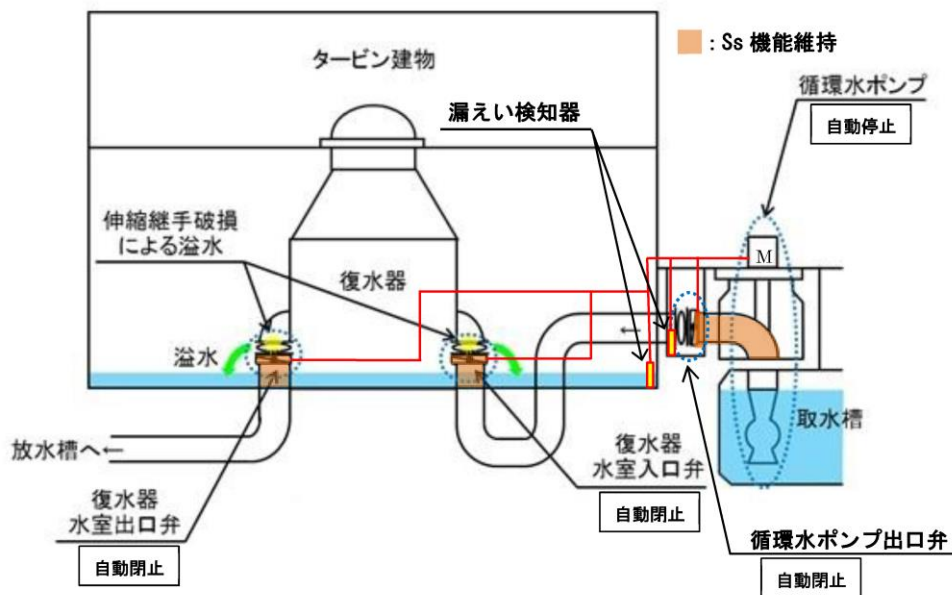


図 9-2 循環水ポンプ停止及び循環水系弁閉止
インターロック設置概要図

b. インターロック動作条件

地震時には、確実に漏えいしたことを検出した上でインターロックを動作させるよう、図 9-3 に示すように地震大信号と漏えい検知器動作の AND 条件とする。インターロック回路、循環水ポンプ出口弁及び復水器出入口弁は、基準地震動 S_s に対して機能を維持する設計とし、非常用電源へ接続する。漏えい検知は床上 100mm にて検知する設計とする。漏えい検知器の作動原理は、溢水が電極式レベル計の検知レベルに達すると、電極間が導通し、漏えいを検知するものである。漏えい検知器の設置箇所を図 9-4 に、構造及び外観を図 9-5 に示す。

c. インターロック設置の必要性

地震起因による溢水量は、インターロック非設置の場合はタービン建物の貯留可能容積を大きく上回ることから、タービン建物内から原子炉建物、廃棄物処理建物及び制御室建物へ溢水の流出が考えられる。

原子炉建物、廃棄物処理建物及び制御室建物への溢水の流出防止のためインターロックは必要である。

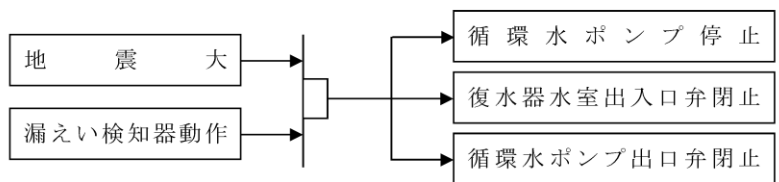


図 9-3 循環水ポンプ停止及び循環水系弁閉止インターロック

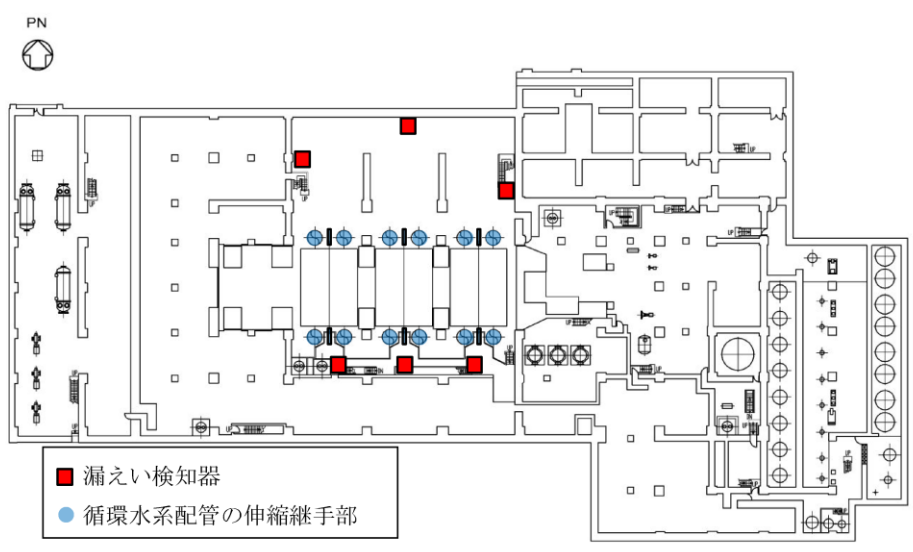


図 9-4 漏えい検知器設置箇所（タービン建物地下1階）

9条-別添1-9-4

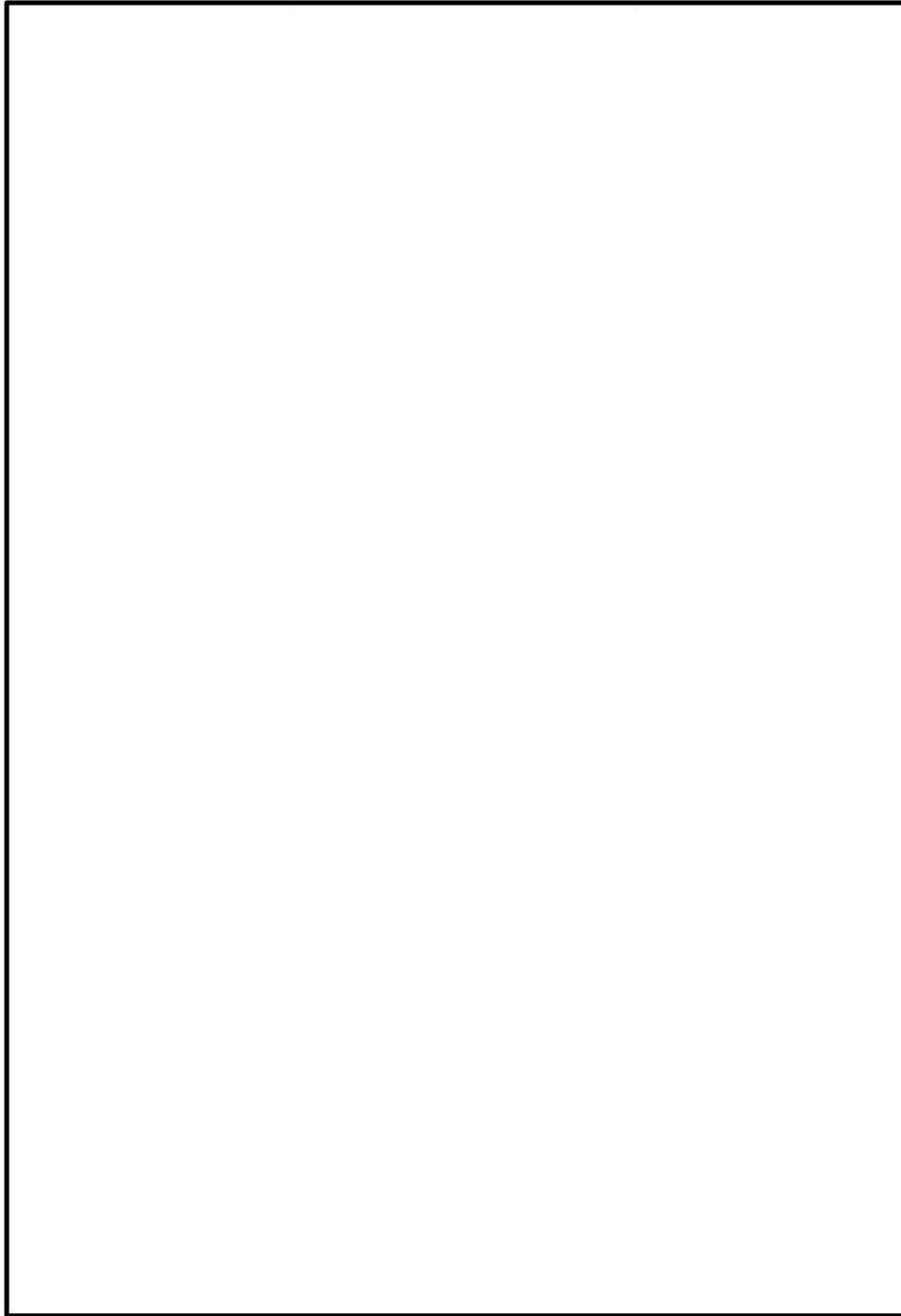


図 9-5 漏えい検知器の構造及び外観

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

9条-別添1-9-5

9.1.2 溢水量

(1) 想定破損による溢水量

循環水系配管の伸縮継手部からの溢水量は、溢水流量、隔離時間及び循環水系の保有水量から算出した。隔離時間は、破損から運転員による循環水ポンプ停止及び復水器水室出入口弁の閉止までの時間とした。算出した溢水流量、隔離時間及び溢水量をそれぞれ表 9-1～3 に示す。また、実際に漏えい検知に要する時間は、循環水配管の溢水流量、漏えい検知器動作に必要な溢水量を考慮した結果、表 9-4 に示すとおり 10 秒未満であり、評価に用いた検知時間 5 分は十分に保守的である。

表 9-1 伸縮継手部からの溢水流量

部位	内径[mm]	破損幅[mm]	溢水流量[m ³ /h]
復水器水室出入口部	2,200	50	約 13,170

表 9-2 伸縮継手部の破損から隔離までの時間

項目	時間[min]
漏えい検知器による漏えい検知までの時間	5
現場への移動時間	20
漏えい箇所特定に要する時間	30
循環水ポンプ停止及び復水器水室出入口弁の閉止時間	10
合計	65

表 9-3 想定破損による溢水量

項目	溢水量[m ³]
破損から循環水ポンプ停止及び復水器水室出入口弁の閉止までの溢水量	約 14,270
循環水系の保有水量	約 180
合計	約 14,450

表 9-4 伸縮継手部の破損から漏えい検知までの時間評価

循環水系配管の伸縮継手部からの溢水流量	約 13,170[m ³ /h]
タービン建物 EL0.25m～EL2.0m の空間容積	約 2,930[m ³]
漏えい検知方法	漏えい検知器
漏えい検知器設定値	床面+20[mm]
漏えい検知器動作に必要な溢水量	33.5[m ³]
漏えい検知器動作までの時間	9.2[s]

9条-別添1-9-6

(2) 地震起因による溢水量

循環水系配管の伸縮継手部からの溢水量に加え、タービン建物内の耐震B,Cクラス機器の保有水量から算出した。隔離時間は、地震発生から復水器室の漏えい検知インターロックによる循環水ポンプ停止及び復水器水室出入口弁の閉止までの時間とした。算出した溢水流量、隔離時間及び溢水量をそれぞれ表9-5～7に示す。

また、耐震B,Cクラス機器の破損箇所を介した津波の流入も考慮した。

表9-5 伸縮継手部からの溢水流量

部位	部位数	内径[mm]	破損幅[mm]	溢水流量[m ³ /h]
復水器水室出入口部	12	2,200	50	約 233,534
復水器水室連絡管部	6	2,100	50	

表9-6 伸縮継手部の破損から隔離までの時間及び漏えい検知方法

項目	時間[min]
地震発生から漏えい検知インターロックによる循環水ポンプ停止及び復水器水室出入口弁の閉止までの時間	1
漏えい検知方法	漏えい検知器
漏えい検知器設定値	床面+100[mm]

表9-7 地震起因による溢水量

項目		溢水量[m ³]
循環水系配管の伸縮継手部	地震発生から漏えい検知インターロックによる循環水ポンプ停止及び復水器水室出入口弁の閉止までの溢水量	約 3,130
耐震B,Cクラス機器の保有水量		約 2,860
合計		約 5,990

(3) 消火水の放水による溢水量

「6.1 溢水量の算定」に基づき、消火水の放水による溢水量の算出に用いる放水流量を130[l/min]とし、この値を2倍して溢水流量とした。放水時間と溢水流量から評価に用いるタービン建物における消火水の放水による溢水量を以下のとおりとした。

$$\cdot 130[\text{l/min/個}] \times 2 \text{ 倍} \times 3.0[\text{h}] = 46.8[\text{m}^3]$$

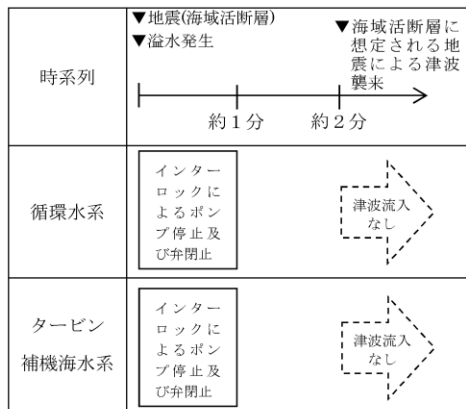


図 9-6 海域活断層に想定される地震による津波襲来に係る時系列

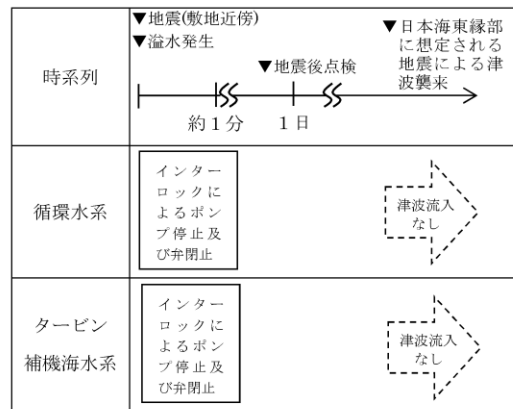


図 9-7 日本海東縁部に想定される地震による津波襲来に係る時系列

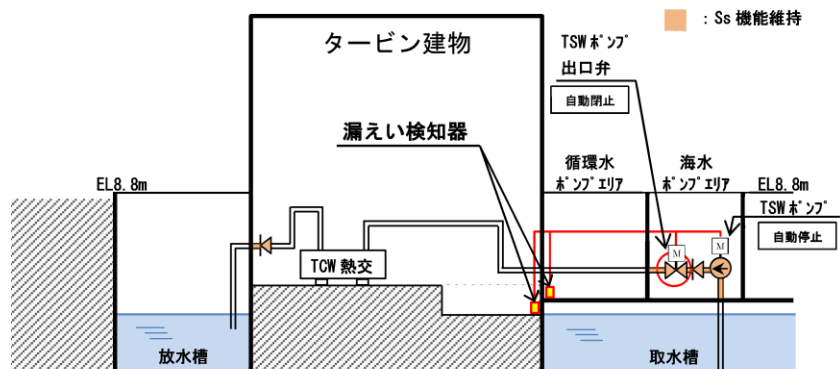


図 9-8 タービン補機海水系の対策概要図

(3) 消火水の放水による没水影響評価結果

消火水の放水による溢水量(46.8m³)は想定破損による溢水量(約14,450m³)より少ないため、想定破損による溢水の評価に包含される。

3. 取水槽循環水ポンプエリアにおける溢水（事象 b.）

9.2 循環水ポンプエリアにおける溢水

海水ポンプエリアに隣接する循環水ポンプエリアの循環水系配管の伸縮継手部の全円周状の破損を想定し、海水ポンプエリアへの溢水影響を評価した。ここでは9.1項で示したタービン建物における溢水事象のうち、最も影響のある想定破損による溢水について評価した。算出した溢水流量を表9-11に示す。海水ポンプエリアに設置している海水ポンプエリア防水壁（EL10.8m）は、循環水ポンプエリア天端（EL8.8m）より2.0m高く設計しており、隣接する循環水ポンプエリアでの想定破損により溢水が発生した場合においても、循環水ポンプエリア天端の越流水深は約0.3mであることから、海水ポンプエリア防水壁を越流して隣接する海水ポンプエリアに流入することはない。循環水系配管破損時の平面図を図9-10に、断面図を図9-11に示す。

表9-11 循環水系配管の伸縮継手部の溢水流量

部位	内径[mm]	破損幅[mm]	溢水流量[m ³ /h]
循環水ポンプ出口配管伸縮継手部	2,600	50	約 15,590

9条-別添1-9-12

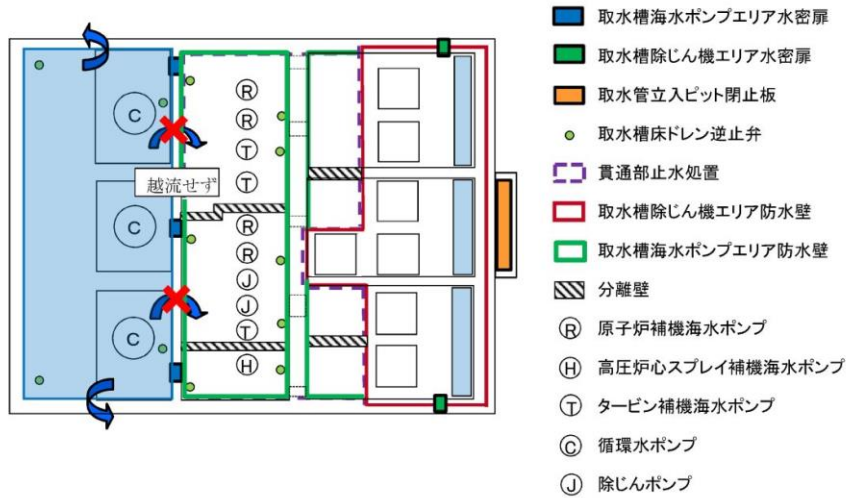


図 9-10 取水槽海水ポンプエリア平面図 (循環水系配管破損時)

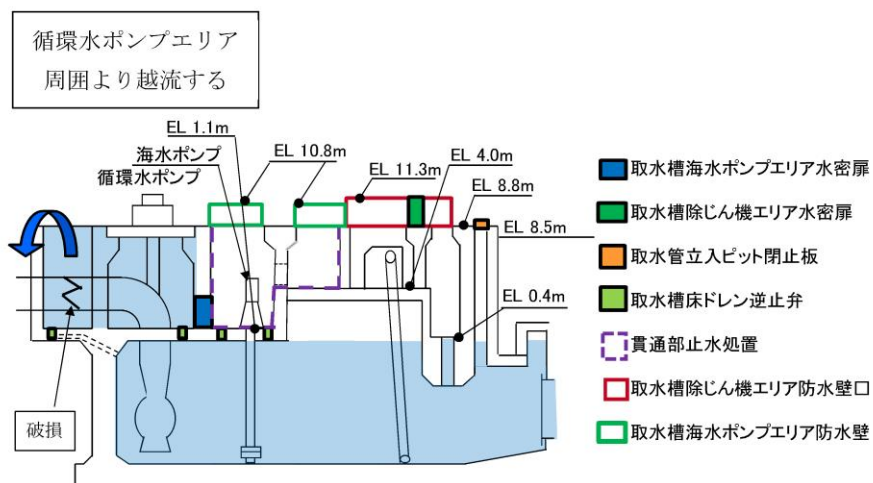


図 9-11 取水槽海水ポンプエリア断面図 (循環水系配管破損時)

9条-別添1-9-13

9.3 評価結果

9.1 及び 9.2 の各溢水事象により浸水する範囲について、溢水防護対象設備が設置されている原子炉建物，廃棄物処理建物，制御室建物及び海水ポンプエリアとの境界貫通部に対して止水措置を施すことにより，溢水防護対象設備への影響がないことを確認した。

9条-別添1-9-14

4. 取水槽海水ポンプエリアにおける溢水（事象 c.）

補足説明資料 30

海水ポンプエリアの防護について

1. はじめに

溢水防護対象設備のうち海水ポンプは、取水槽に設置されている。

海水ポンプエリアは、エリア外からの浸水を防止する対策として、水密扉及び逆止弁の設置、貫通部止水処置を実施するとともに、海水ポンプエリア上部には防水壁を、海水ポンプエリア内には分離壁を設置している。

ここでは、海水ポンプエリアについて、想定破損、消火水の放水及び地震起因による溢水を評価した。海水ポンプエリアの平面図を図 1-1 に、断面図を図 1-2 に示す。

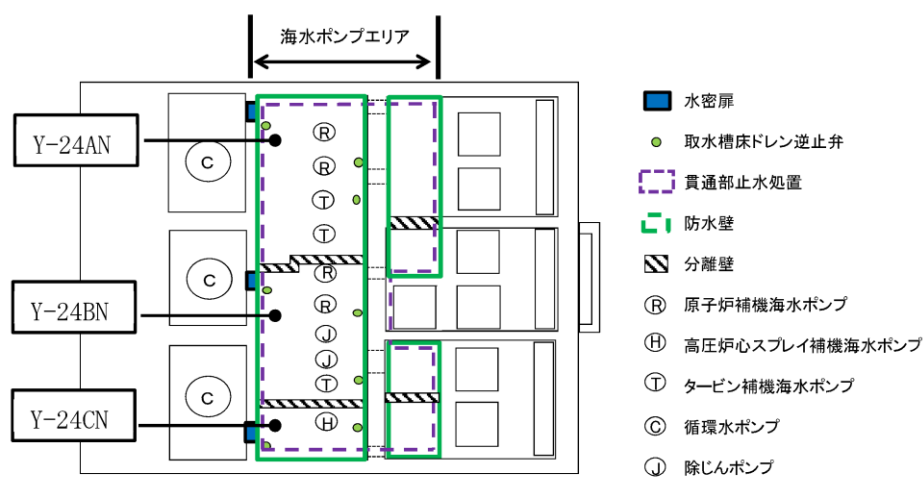


図 1-1 海水ポンプエリア平面図

9条一別添1ー補足30ー1

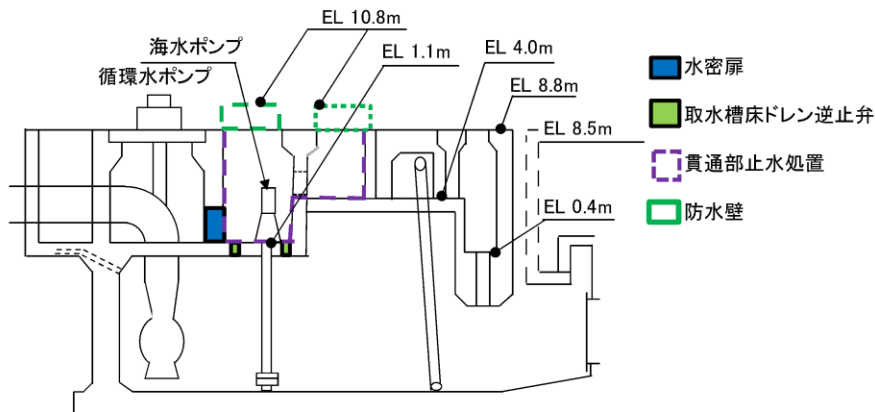


図 1-2 海水ポンプエリア断面

2. 想定破損による溢水影響評価

図 2-2 に示す通り、海水ポンプエリアに設置している分離壁(高さ 9.9m)は、防水壁(高さ 9.7m)より 0.2m 高く設計されており、隣接する海水ポンプエリアでの想定破損により溢水が発生した場合においても、分離壁を越流して溢水が隣接する海水ポンプエリアに流入することはなく、多重化された系統が同時に機能喪失することはない。評価結果を表 2-1 に示す。

表 2-1 想定破損による溢水影響評価結果

評価区画		Y-24AN	Y-24BN	Y-24CN
W	防水壁の高さ[m]	9.7	9.7	9.7
B	排出を期待する開口長さ[m]	33	23	17
L	防水壁の幅[m]	0.074	0.074	0.074
Q	区画内の最大溢水流量[m ³ /h]	216	216	121
h	越流水深[m]	0.02	0.02	0.02
H	許容越流水深[m]	0.2	0.2	0.2
評価結果 (判定基準: $H \geq h$)		○	○	○

また、評価結果の例を以下に示す。

【区画 Y-24AN での想定破損による溢水影響評価】

区画 Y-24AN での想定破損による溢水が隣接する区画 Y-24BN に流出しないことを確認する。溢水源となる系統及び溢水流量を表 2-2 に示す。

溢水源となる系統のうち、溢水量が最大となるのはⅡ-RSWである。防水壁を越えて外部に排出する際の水位（越流水深）を算出するため、以下の式を使用した。

Govinda Rao の式（参考文献：土木学会 水理公式集（平成 11 年度版））

(a) 越流水深による表示

$$Q = CBh^{3/2} \quad \dots\dots\dots (3-1.5)$$

$$0 < h/L \leq 0.1 ; C = 1.642(h/L)^{0.022} \quad \dots\dots\dots (3-1.5.a)$$

$$0.1 < h/L \leq 0.4 ; C = 1.552 + 0.083(h/L) \quad \dots\dots\dots (3-1.5.b)$$

$$0.4 \leq h/L \leq (1.5 \sim 1.9) ; C = 1.444 + 0.352(h/L) \quad \dots\dots\dots (3-1.5.c)$$

$$(1.5 \sim 1.9) \leq h/L ; C = 1.785 + 0.237(h/W) \quad \dots\dots\dots (3-1.5.d)$$

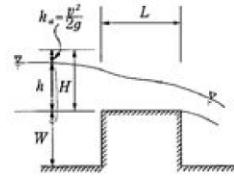


図 3-1.11 長方形せきの諸元

- Q : 越流流量 [m³/s]
- B : 排出を期待する開口長さ [m]
- h : 越流水深 [m]
- C : 流量係数 [-]
- L : 海水ポンプエリア防水壁の幅 [m]
- W : 海水ポンプエリア防水壁の高さ [m]

想定破損による溢水が防水壁を越えて外部に排出する際の水位（越流水深）を表に示す。なお、排出を期待する開口長さは区画（Y-24AN）に接する防水壁の長さとし、概略図を図 2-1、図 2-2 に示す。

表 2-3 に示すように溢水の越流水深は防水壁と分離壁の高低差（0.2m）を下回るため、分離壁を越流して溢水が隣接する海水ポンプエリアに流入することはない。多重化された系統が同時に機能を喪失することはない。

表 2-2 溢水源となる系統及び溢水流量（Y-24AN）

系統	溢水流量 [m ³ /h]
原子炉補機海水系（Ⅱ-RSW）	216
タービン補機海水系（TSW）	172
補給水系（MUW）	2
消火系（FP）	36

表 2-3 越流水深計算結果

評価対象区画		Y-24AN
W	防水壁の高さ[m]	9.7
B	排出を期待する開口長さ[m]	33
L	海水ポンプエリア防水壁の幅[m]	0.074
Q	越流流量 (II-RSW) [m ³ /h]	216
h	越流水深[m]	0.02

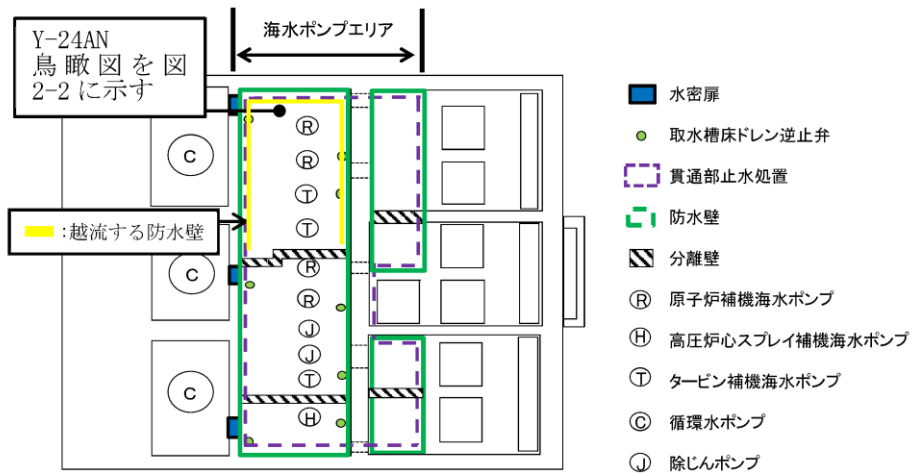


図 2-1 海水ポンプエリア防水壁概略図

9条-別添1-補足30-4

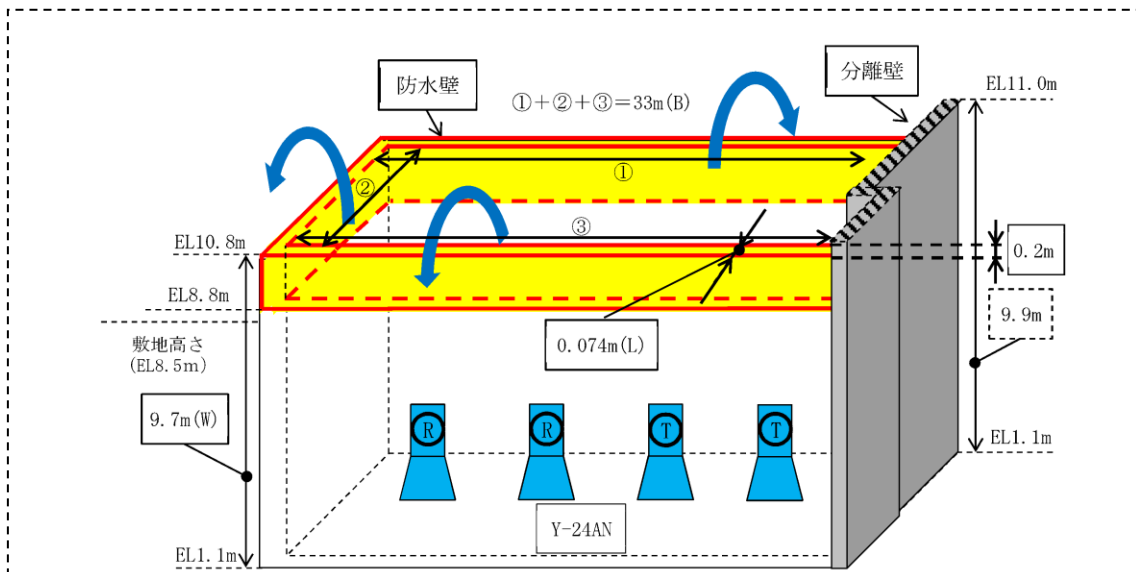


図 2-2 排出を期待する防水壁鳥瞰図 (Y-24AN)

3. 消火水の放水による溢水

海水ポンプエリアの消火活動に使用される設備に屋外の消火栓がある。消火栓からの溢水流量を $350 \text{ l/min} \times 2 \text{ 倍}$ ($42 \text{ m}^3/\text{h}$) とし、消火活動による放水に伴う溢水流量とする。この溢水流量は、表 3-1 に示す通り想定破損の評価で想定する溢水流量より小さく、消火水の放水による溢水評価は想定破損の評価に包含されるため、多重化された系統が同時に機能喪失することはない。

表 3-1 想定破損および消火放水による溢水流量の比較

	想定破損		消火放水
	系統	溢水流量 [m^3/h]	溢水流量 [m^3/h]
Y-24AN	原子炉補機海水系 (II-RSW)	216	42
Y-24BN	原子炉補機海水系 (I-RSW)	216	42
Y-24CN	取水槽設備系 (OTC)	121	42

4. 地震起因による溢水

溢水源となりうる機器のうち、基準地震動 S_s による地震力によって破損が生じるおそれのある機器を溢水源として想定した。添付資料 3 に示すとおり、海水ポンプエリアの機器・配管は基準地震動 S_s に対する耐震性を有している

ことから、重要度の特に高い安全機能、燃料プール冷却機能及び燃料プールへの給水機能が喪失することはない。評価結果を表 4-1 に示す。

表 4-1 地震起因による溢水影響評価結果

評価区画	Y-24AN	Y-24BN	Y-24CN
溢水量[m ³]	0	0	0
滞留面積[m ²]	54	38	22
溢水水位[m]	0	0	0
機能喪失床上高さ[m]	1.68	1.68	1.25
評価結果	○	○	○

9条-別添1-補足30-6

5. 屋外タンク等による屋外における溢水（事象 d. ）

10. 建物外からの溢水影響評価

島根原子力発電所2号炉における溢水防護対象設備を内包する建物の外部に存在する溢水源としては、海水を除き、屋外タンク及び貯水槽等の保有水並びに地下水が挙げられる。ここでは、これらの溢水が溢水防護対象設備に与える影響を評価する。

なお、海水の溢水に関しては「9. 溢水防護対象設備が設置されているエリア外からの溢水影響評価」及び設置許可基準規則 第五条（津波による損傷の防止）に対する適合性において説明する。

10.1 屋外タンクの溢水による影響

島根原子力発電所の敷地内に設置されているタンク、貯槽類（以下「屋外タンク等」という。）のうち溢水源とする屋外タンク等を溢水源とする屋外タンク等の選定フロー（図10-1）により抽出した（詳細を補足説明資料27に示す）。結果を表10-1に、また抽出された屋外タンク等の配置を図10-2に示す。

屋外タンク等の溢水としては、地震による損傷が否定できない設備については地震起因破損による溢水を考慮する必要がある。また、屋外タンク等は全て大気開放構造であり、最高使用圧力が静水頭圧であるため、想定破損による溢水源として考慮しない。

これより表中の屋外タンク等については、地震起因破損による溢水が溢水防護対象設備に与える影響についての評価を実施する。

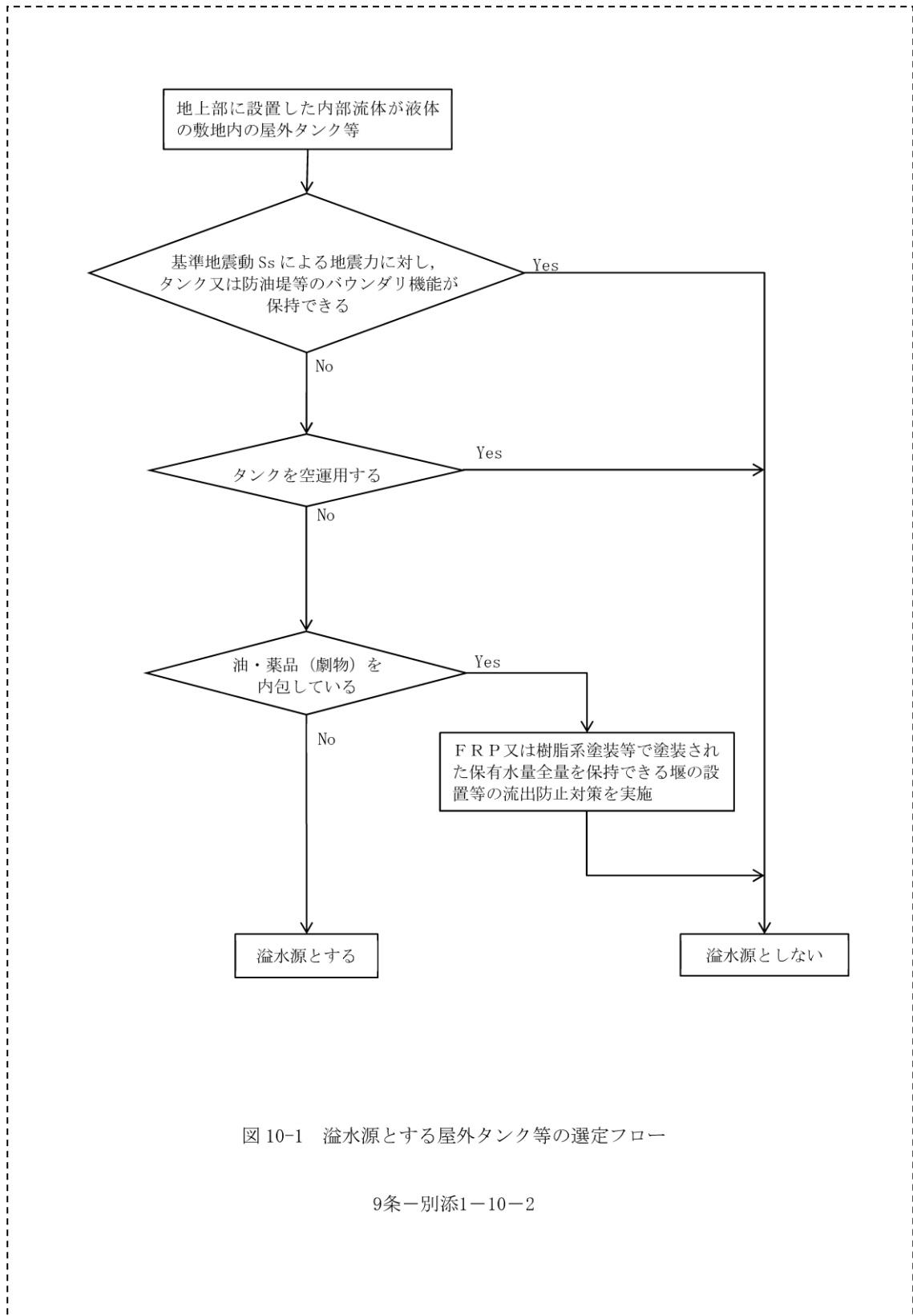


図 10-1 溢水源とする屋外タンク等の選定フロー

9条-別添1-10-2

表 10-1 溢水源とする屋外タンク等

No	名称	保有水量 [m ³]	溢水伝播 率動評価 に用いる 溢水量 [m ³] ^{※3}	配置 No	保有水量20m ² 以上(山間部 除く)の屋外 タンク等	エリア No	合計 保有水量 [m ³]	溢水伝播 率動評価 に用いる 合計溢水量 [m ³] ^{※2}			
1	雑用水タンク	33	49	25	○	エリア ①	2,832	3,366 (2,975)			
2	宇中系統中継水槽(西山水槽)	30	45	26	○						
3	母子水洗タンク	146	161	22	○						
4	h'スタービン発電機用軽油タンク用消火タンク	49	73	23	○						
5	A-44m盤廻り消火設備タンク(南側)	155	171	30	○						
6	B-44m盤廻り消火設備タンク(南側)	155	171	30	○						
7	輪谷貯水槽(東側)沈砂池	260	286	20	○						
8	原水80 t 水槽	80	120	24	○						
9	仮設水槽-1(2号西側法面付近)	20	30	39	○						
10	仮設水槽-2(2号西側法面付近)	20	30	40	○						
11	仮設水槽-3(2号西側法面付近)	20	30	45	○						
12	輪谷貯水槽(東側)	1,864 ^{※1}	2,200	19	○						
13	泡消火薬剤貯蔵槽(h'スタービン発電機用軽油タンク)	1	—	n-43	—						
14	山林用防火水槽(スカイライン)	50	—	n-52	—						
15	山林用防火水槽(スカイライン)	50	—	n-52	—						
16	仮設水槽(2号西側法面付近)	2	—	n-59	—						
17	防火水槽	20	—	n-74	—						
18	防火水槽	20	—	n-73	—						
19	純水タンク(A)	600	660	10	○	エリア ②	7,681	8,602 (7,712)			
20	純水タンク(B)	600	660	10	○						
21	2号ろ過水タンク	3,000	3,300	11	○						
22	1号除だく槽	87	131	12	○						
23	1号ろ過器	62	93	13	○						
24	2号除だく槽	102	113	14	○						
25	2号ろ過器	36	54	15	○						
26	2号濃縮槽	30	45	16	○						
27	1号ろ過水タンク	3,000	3,300	17	○						
28	74m盤受水槽(2槽)	60	90	27	○						
29	純水装置廃液処理設備	42	63	31	○						
30	22m盤受水槽	30	45	37	○						
31	59m盤トイレ用水貯槽	32	48	44	○						
32	補助ボイラーブロータック	1	—	n-24	—						
33	補助ボイラー冷却水冷却塔	1	—	n-24-1	—						
34	C-真空脱気塔	3	—	n-28	—						
35	D-真空脱気塔	3	—	n-28-1	—						
36	C/D用冷却水回収槽	2	—	n-28-2	—						
37	A-真空脱気塔	2	—	n-38	—						
38	B-真空脱気塔	2	—	n-38-1	—						
39	冷却水回収槽	2	—	n-38-2	—						
40	1号除だく槽排水槽	7	—	n-41	—						
41	トイレ用ろ過水貯槽	8	—	n-41-1	—						
42	変圧器消火水槽	306	336	4	○				エリア ③	441	539 (474)
43	電解脱受槽(1号)	22	33	5	○						
44	A-SB廻り消火設備タンク	46	69	18	○						
45	B-SB廻り消火設備タンク	46	69	18	○						
46	管理事務所4号船用消火タンク	21	32	36	○						
47	電解脱受槽(2号)	10	—	n-8-1	—						
48	1号海水電解装置電解槽(循環型 8槽)	2	—	n-8-2	—						
49	2号海水電解装置電解槽(非循環型 12槽)	2	—	n-8-3	—						
50	鉄イオン溶解タンク(2号)	19	—	n-9	—						
51	3号ろ過水タンク(A)	1,000	1,100	1	○	エリア ④	6,979	7,735 (7,023)			
52	3号純水タンク(A)	1,000	1,100	2	○						
53	消火用水タンク(A)	1,200	1,320	3	○						
54	消火用水タンク(B)	1,200	1,320	3	○						
55	3号仮設海水淡水化装置(海水受水槽)	25	38	29	○						
56	仮設合併処理槽	31	46	34	○						
57	3号純水タンク(B)	1,000	1,100	32	○						
58	3号ろ過水タンク(B)	1,000	1,100	33	○						
59	A-44m盤廻り消火設備タンク(北側)	155	171	38	○						
60	B-44m盤廻り消火設備タンク(北側)	155	171	38	○						
61	空中受水槽	24	36	46	○						
62	空中合併浄化槽(1)	63	94	42	○						
63	空中合併浄化槽(2)	126	139	43	○						
64	海水電解装置脱気槽	12	—	n-13	—						
65	補助ボイラー排水処理装置 排水 D H中和槽	3	—	n-14	—						
66	重油タンク用泡吸液差圧調整槽	2	—	n-15	—						
67	補助ボイラー補機冷却水薬液注入貯槽	1	—	n-14	—						
68	ブロータック	1	—	n-14	—						
69	排水放流槽	1	—	n-14	—						
70	訓練用模擬水槽	4	—	n-58	—						
71	3号仮設海水淡水化装置(RO処理水槽)	15	—	n-76	—						
72	3号仮設海水淡水化装置(仮設純水槽)	5	—	n-77	—						
73	管理事務所1号館東側調整池	1,520	1,672	9	○				エリア ⑤	1,830	2,014 (1,840)
74	A-50m盤廻り消火設備タンク	155	171	28	○						
75	B-50m盤廻り消火設備タンク	155	171	28	○						
76	濁水処理装置	10	—	n-71	—						
合計							20,024	22,256			

- ※1 輪谷貯水槽のスロッシング解析値(1,694m³)と実験値の差を踏まえて1.1倍し、切上げた値。
 ※2 ()内はエリア内の溢水源とする屋外タンク等の保有水量の合計を示す。
 ※3 評価に用いる溢水量は保有水量を以下の通り割り増した。
 20m³以上100m³以下の屋外タンク等: 1.5倍
 100m³を超える屋外タンク等: 1.1倍
 輪谷貯水槽(東側): 1,864m³を上回る2,200m³とした。

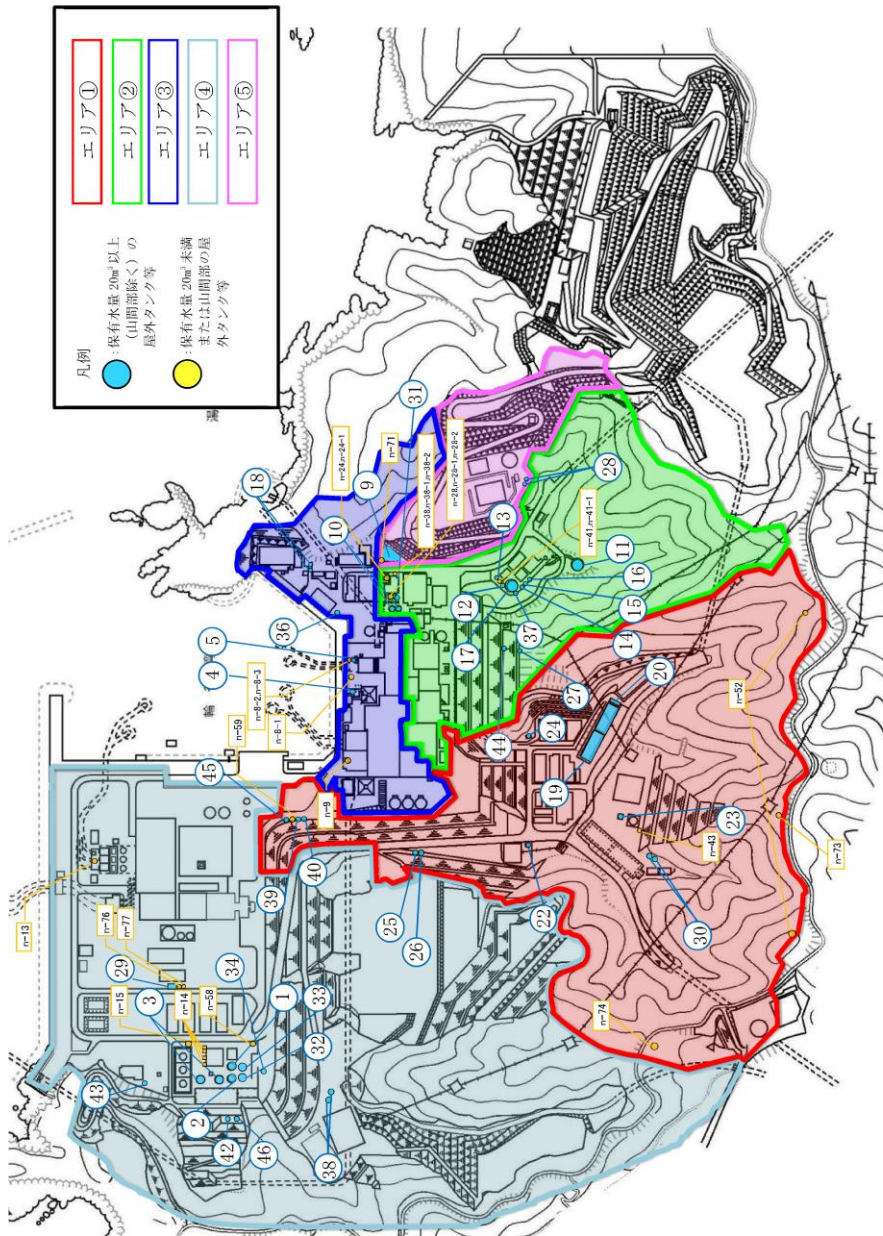


図 10-2 溢水源とする屋外タンク等の配置図

9条一別添1-10-4

(1) 屋外タンク等の溢水伝播挙動評価

屋外タンク等の地震による損傷形態としてはタンクの側板基礎部や側板上部の座屈、また接続配管の破断等が考えられる。このため、地震によりタンクに大開口が生じ短時間で大量の水が流出するようなことはないと考えられるが、タンクの損傷形態及び流出水の伝播に係る条件について、以下に示す保守的な設定を行った上で、溢水伝播挙動評価を行う。

溢水伝播挙動評価は汎用熱流体解析コードFluentを用いて、以下に示す評価モデルにより敷地の水位を算出する。

なお、輪谷貯水槽（東側）は、溢水防護対象設備の設置されている建物より高所に設置しており、溢水防護対象設備の設置されている建物・区画へ流下することが考えられるため、基準地震動 S_s によって生じるスロッシング量を考慮する。

■溢水伝播挙動評価条件

- 溢水源となるタンクを表現し、地震による損傷をタンク側板が瞬時に消失するとして模擬する。
- 構内排水路による排水機能及び敷地外への排出は期待しない。
- 輪谷貯水槽（東側）は基準地震動 S_s によって生じるスロッシングによる溢水量（時刻歴）を模擬する。

■評価モデル

島根原子力発電所の敷地形状を三次元モデルで模擬する。評価モデルを図10-3-1に示す。

溢水源のモデル化にあたっては、敷地形状（尾根、谷、敷地高さ）を踏まえた発電所構内に流入する降水の集水範囲から、屋外タンク等の設置エリアを5箇所エリアに区分する。エリアを区分するうえで考慮した敷地形状を表10-2に示す。

保有水量 20m^3 以上（山間部除く）の屋外タンク等はその設置位置でモデル化する。また、分散している溢水源を集中させることで水位が高くなることから、保有水量 20m^3 未満または山間部の屋外タンク等は、その設置位置でモデル化せず、各エリアでモデル化する屋外タンク等の保有水量を割り増すことで考慮する。

区分した各エリアと屋外タンク等の配置を図10-2に、各エリア内の屋外タンク等の合計保有水量と溢水伝播挙動評価に用いる溢水量を表10-1に示す。

表 10-2 エリア区分で考慮した敷地形状

設置エリア	考慮した主な敷地形状
エリア①/②	尾根
エリア①/③	敷地高さ
エリア①/④	尾根
エリア②/③	敷地高さ
エリア②/⑤	敷地高さ
エリア③/⑤	谷

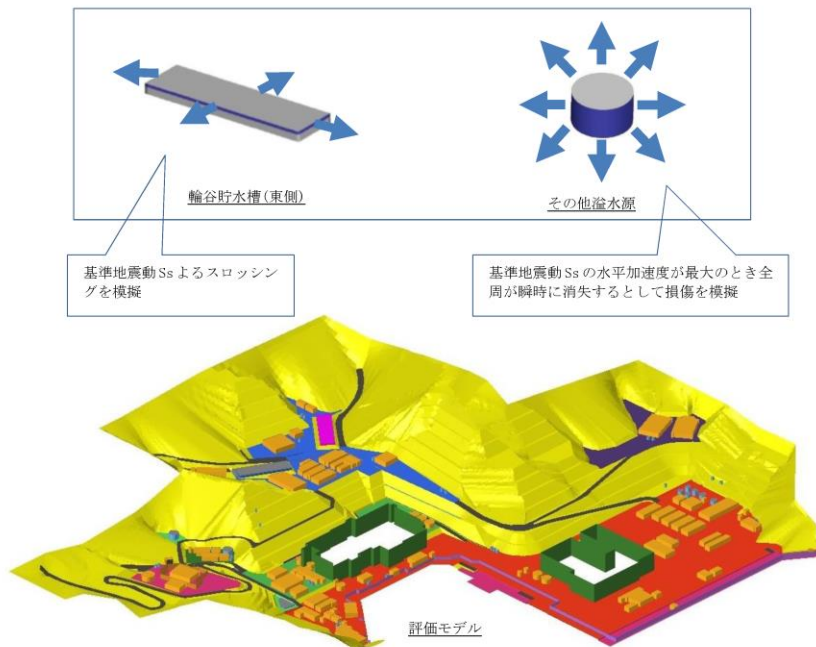
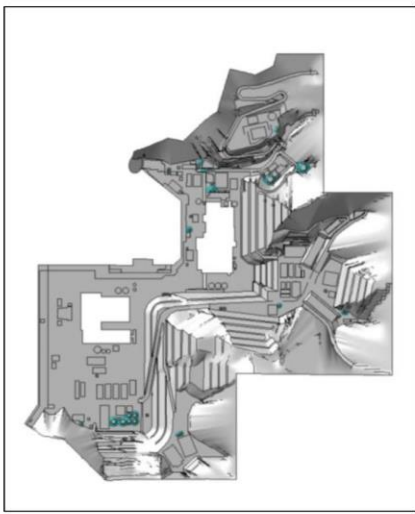


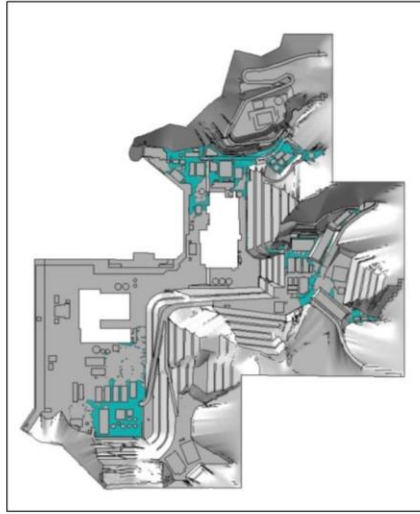
図 10-3-1 溢水伝播挙動の評価モデル

(2) 評価結果

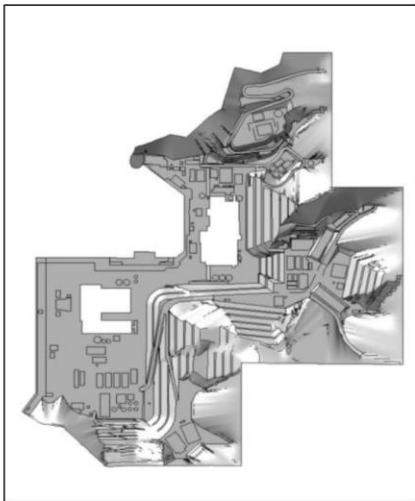
評価の結果として得られた溢水伝播挙動を図 10-3-2 に、また代表箇所における浸水深の時刻歴を図 10-3-3 に示す。



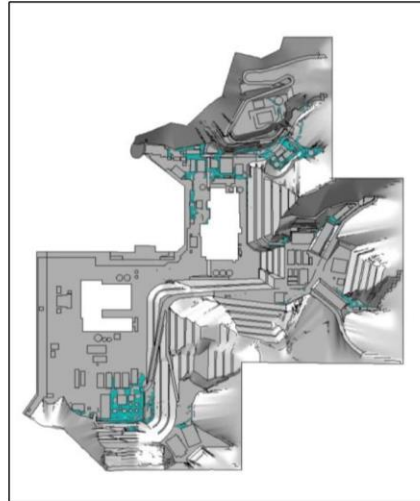
10.0 [s]



60.0 [s]



5.0 [s]



20.0 [s]

図 10-3-2 屋外タンクの溢水伝播挙動 (1/2)

9条-別添1-10-7

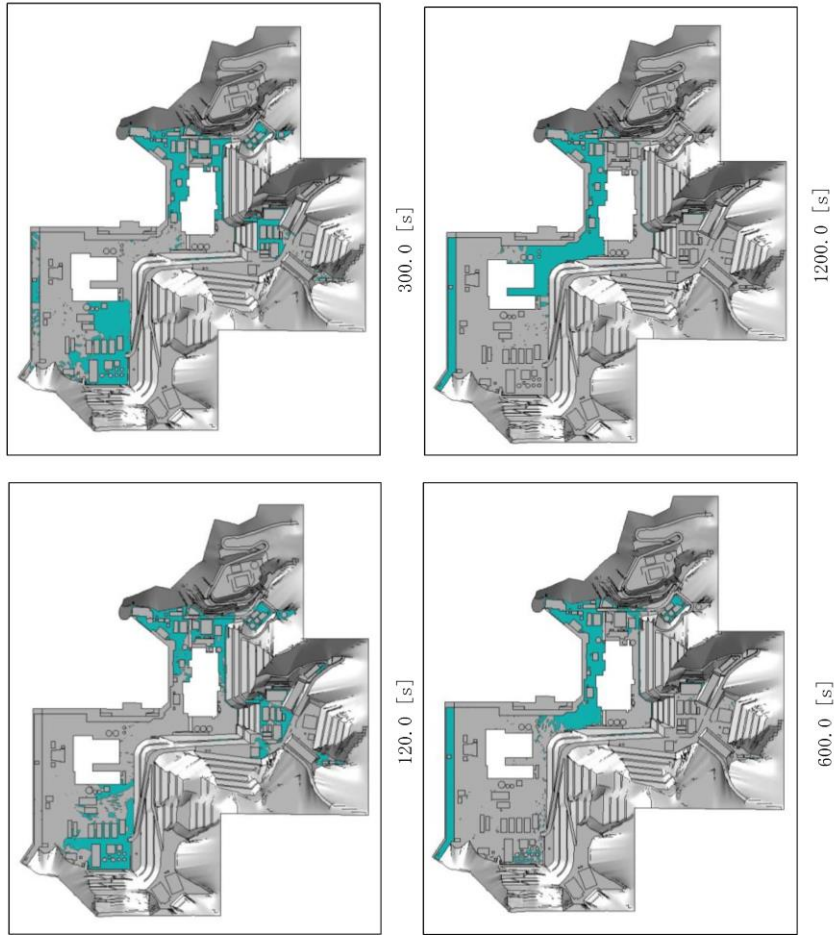


図 10-3-2 屋外タンクの溢水伝播挙動 (2/2)

9条-別添1-10-8



図 10-3-3 代表箇所における浸水深時刻歴

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

9条一別添1-10-9

(3) 影響評価

屋内に設置される溢水防護対象設備の建物外からの溢水に対する浸水経路としては表 10-3 に示す経路が挙げられる。なお、制御室建物については直接地表面と接する外壁はなく、屋外タンク等の溢水が直接浸水する経路はない。

表 10-3 溢水防護区画への浸水経路

NO.	浸水経路
①	建物外壁にある扉
②	建物外壁にある隙間部（配管貫通部）
③	1号建物扉 →1号建物扉と溢水防護対象設備を設置された建物の境界における開口部
④	地下ダクト接続箇所
⑤	建物間の接合部

また、屋外に設置されている溢水防護対象設備としては以下があるが、これらに対する浸水経路は地表部からの直接伝播となる。

- ・ A、H-非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ
- ・ B-非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ
- ・ 原子炉補機海水ポンプ
- ・ 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ

以上の各浸水経路のうち、溢水防護区画への浸水経路①～⑤に対する影響評価の結果は次の通りであり、いずれの経路からも溢水防護区画への浸水はない。

浸水経路①

溢水防護対象設備を設置する原子炉建物および廃棄物処理建物については、各扉付近の溢水水位より外壁に設置された扉の設置位置（敷地高さ（EL15.0m）から 0.3m 以上）が高いことから溢水防護区画への浸水はない。タービン建物については、外壁にある扉付近の水位が最大で 0.72m であり、扉の設置位置（タービン建物東側開口部下端高さ 0.4m）を超えるが、開口部下端高さを超える水位の継続時間が短く、流入する溢水は約 5m³ と少量である。建物内に流入した場合、タービン建物における地震起因による溢水量（約 5,990m³）に含めても、タービン建物の溢水を貯留できる空間容積（約 27,390m³）より小さく貯留可能であることから溢水防護区画への浸水はない。

浸水経路②

溢水伝播挙動評価による建物廻りの水位は最大でも 0.8m 程度である。これに対して、地上 1m 以下の貫通部に対してシリコン等の止水措置を実施していない箇所はないため、本経路から溢水防護区画への浸水はない。

浸水経路③

2号炉建物に隣接する1号炉原子炉建物、タービン建物及び廃棄物処理建物については敷地高さ(EL8.5m及びEL15.0m)から0.3mの高さまで建物扉や貫通部がないことを確認している。屋外タンク等からの溢水が1号炉タービン建物等に流入した場合でも、その水の量は僅かと考えられるが、保守的な想定として1号炉タービン建物近傍に設置する溢水源となるタンク(純水タンク(A)(B))(約1,200m³)が流入したとしても1号炉タービン建物の貯留可能容積は11,170m³であるため、流入水は当該建物内に収容されることから、本経路から溢水防護区画への浸水はない。

浸水経路④

地下ダクト等はEL8.5mの地下部に7箇所、EL15.0mの地下部に4箇所あり、屋外とダクト又はダクトと建物境界部に止水処置を実施するため、本経路から溢水防護区画への浸水はない(詳細評価は補足説明資料9に示す)。

浸水経路⑤

建物間接合部にはエキスパンションジョイント止水板等が設置されているため、本経路から溢水防護区画への浸水はない。

一方、屋外に設置されるA、H-非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプについては、当該設備を設置する区画に止水性を有した高さ2mの竜巻防護対策設備を設置すること、また、B-非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプについては、当該設備近傍の浸水深は低く(図10-3-3 地点11 最大浸水深:0.02m)、扉の設置位置(敷地高さ(EL15.0m)から0.35m)の方が高いことから溢水防護区画への浸水はない。

原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプについては、当該設備を設置する取水槽海水ポンプエリアの天端開口部に高さ2mの防水壁を設置することにより、溢水による影響を防止する。

なお、詳細設計の段階において屋外に設置する溢水防護対象設備についても、本項に示す溢水伝播挙動評価により得られる各設置位置における浸水深に対して対策を講ずることにより、溢水による影響を防止する。

以上より、屋外タンク等の溢水は、溢水防護対象設備に影響を与えることがないものと評価する。

溢水影響のある屋外タンク等の選定について

1. はじめに

溢水防護対象設備が設置されている建物等への溢水影響評価において、溢水影響のある屋外タンク等の選定方法を示す。

2. 屋外タンク等の抽出

島根原子力発電所敷地内において、地上部に設置されており、内部流体が液体である屋外タンク、貯水槽、沈砂池及び調整池等を図面又は現場調査により抽出した。

3. 溢水影響のある屋外タンク等の選定

図面又は現場調査により抽出した屋外タンク等を溢水源の選定フローに基づき溢水源とする屋外タンク等又は溢水源としない屋外タンク等に選定する。溢水源の選定フローを図 1 に、選定結果を表 1 に、配置図を図 2 に示す。

宇中貯水槽及び中和沈殿槽、輪谷貯水槽（西側）沈砂池、輪谷 200 t 貯水槽は敷地を掘り込んだ構造となっており、水面が敷地高さより低いため、溢水源とする屋外タンク等の対象から除外した。また、敷地形状から建物側へ流れないことを確認している屋外タンク等は対象から除外した。

なお、輪谷貯水槽（西側）は基準地震動 S_s による地震力に対し機能維持する密閉式貯水槽を設置するため、スロッシングを含め溢水は生じない。

4. 溢水源としない屋外タンク等の対策

溢水源としない屋外タンク等の対策内容を以下に示す。

(1) 区分 A

基準地震動 S_s による地震力に対し、タンク又は防油堤等のバウンダリ機能を保持させる。

(2) 区分 B

タンクを空運用とすることとし、QMS 文書に反映し管理する。

(3) 区分 C

FRP 又は樹脂系塗装等で塗装された保有水量全量を保持できる堰の設置等の流出防止対策を実施する。

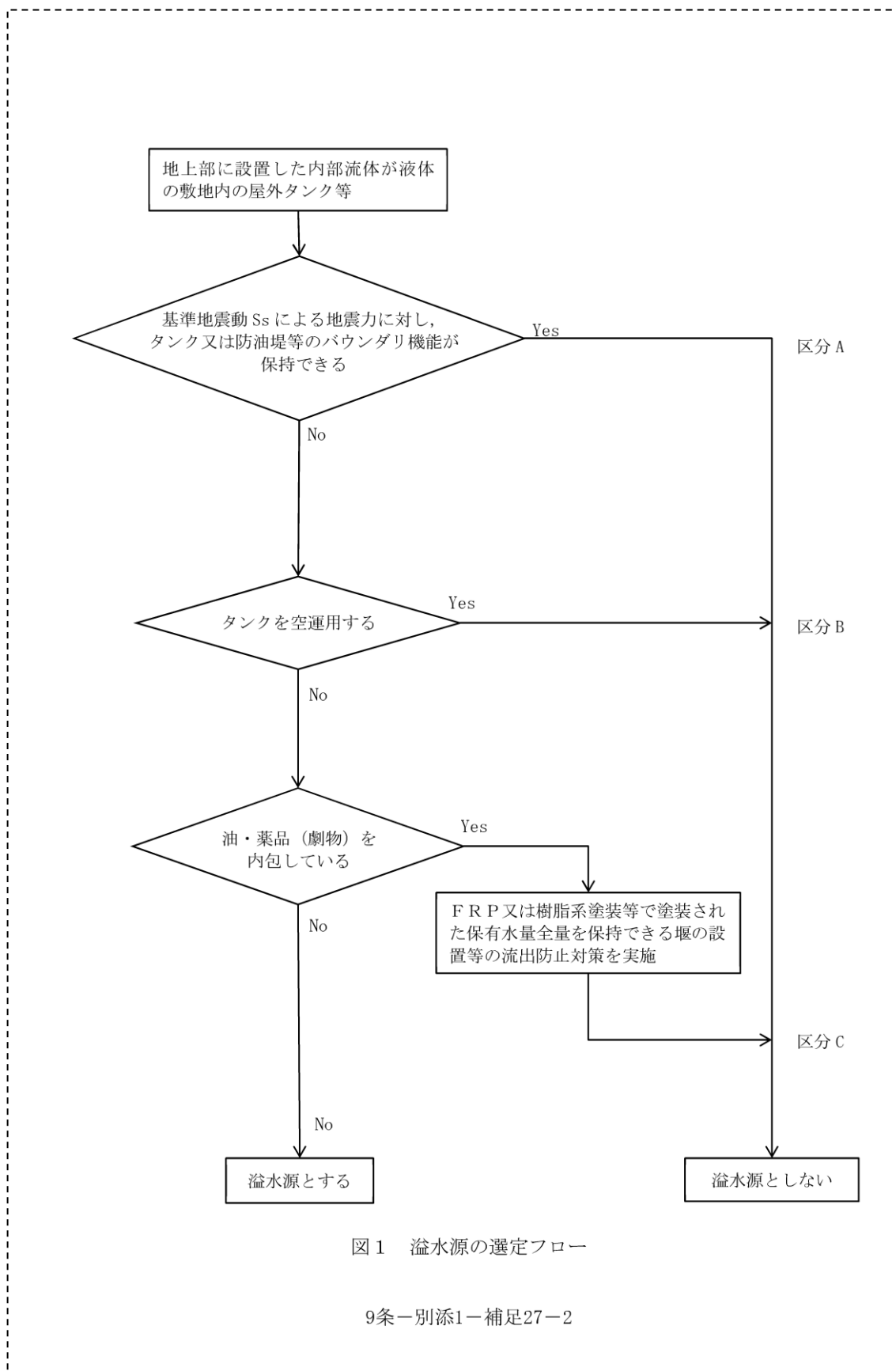


図1 溢水源の選定フロー

9条-別添1-補足27-2

表 1 溢水影響のある屋外タンク等の選定結果 (1/2)

No.	名称	内容物	保有水量 [m ³]	選定結果 ^{※1}	配置図 No	区分
1	タービン油計量タンク	油	47	×	n-3	C
2	No. 3 重油タンク	油	900	×	n-4	A-1
3	No. 2 重油タンク	油	900	×	n-4	A-1
4	No. 1 重油タンク	油	900	×	n-4	A-1
5	地上式淡水タンク(A)	水	560	×	n-7	B
6	地上式淡水タンク(B)	水	560	×	n-7	B
7	電解液受槽 (1号)	薬品 (非劇物)	22	○	5	—
8	電解液受槽 (2号)	薬品 (非劇物)	10	○	n-8	—
9	鉄イオン溶解タンク (2号)	薬品 (非劇物)	19	○	n-9	—
10	硫酸貯蔵タンク	薬品 (劇物)	6	×	n-10-1	C
11	苛性ソーダ貯蔵タンク	薬品 (劇物)	30	×	n-10-1	B
12	1号機主変圧器	油	0	×	n-11	B
13	1号機所内変圧器	油	0	×	n-11	B
14	2号機主変圧器	油	77	×	n-12	C
15	2号機所内変圧器(A)	油	10	×	n-12	C
16	2号機所内変圧器(B)	油	10	×	n-12	C
17	2号機起動変圧器	油	24	×	n-12	C
18	海水電解装置脱気槽	薬品 (非劇物)	12	○	n-13	—
19	補助ボイラー排水処理装置 pH調整用 酸貯槽	薬品 (劇物)	1	×	n-14-1	C
20	補助ボイラー排水処理装置 pH調整用 76kg貯槽	薬品 (劇物)	1	×	n-14-1	C
21	補助ボイラー排水処理装置 排水 pH中和槽	水	3	○	n-14	—
22	補助ボイラー補機冷却水薬液注入貯槽	薬品 (非劇物)	1	○	n-14	—
23	重油タンク用泡原液差圧調合槽	薬品 (非劇物)	2	○	n-15	—
24	3号機主変圧器	油	141	×	n-16	C
25	3号機所内変圧器	油	21	×	n-16	C
26	3号機補助変圧器	油	37	×	n-16	C
27	空気分離器	油	2	×	n-17	C
28	500kVケーブル給油装置	油	1	×	n-16	C
29	補助ボイラーサービスタンク	油	2	×	n-14-1	C
30	1号処理水受入タンク	水 (放射性)	2,000	×	n-3	B
31	3号復水貯蔵タンク	水	2,000	×	n-74	A-2
32	3号補助復水貯蔵タンク	水	2,000	×	n-74	A-2
33	代替注水槽	水	2,500	×	n-20	B
34	3号補助消火水槽 (A)	水	200	×	n-75	B
35	3号補助消火水槽 (B)	水	200	×	n-75	B
36	3号ろ過水タンク (A)	水	1,000	○	1	—
37	3号純水タンク (A)	水	1,000	○	2	—
38	消火用水タンク (A)	水	1,200	○	3	—
39	消火用水タンク (B)	水	1,200	○	3	—
40	宇中受水槽	水	24	○	46	—
41	変圧器消火水槽	水	306	○	4	—
42	管理事務所1号館東側調整池	水	1,520	○	9	—
43	3号所内ボイラーサービスタンク	油	2	×	n-24-2	C
44	4号所内ボイラーサービスタンク	油	2	×	n-24-3	C
45	苛性ソーダ貯蔵タンク	薬品 (劇物)	26	×	n-27	C
46	排水中和用塩酸タンク	薬品 (劇物)	1	×	n-27	C
47	排水中和用苛性ソーダタンク	薬品 (劇物)	1	×	n-27	C
48	塩酸貯槽	薬品 (劇物)	3	×	n-28-3	C
49	予備変圧器	油	10	×	n-31	C
50	1号機起動変圧器	油	48	×	n-32	C
51	硫酸貯蔵タンク	薬品 (劇物)	10	×	n-27	C
52	1号復水貯蔵タンク	水 (放射性)	500	×	n-33	A-2
53	1号補助サージタンク	水 (放射性)	500	×	n-34	B
54	純水タンク(A)	水	600	○	10	—
55	純水タンク(B)	水	600	○	10	—
56	2号復水貯蔵タンク	水 (放射性)	2,000	×	n-35	A-2
57	2号補助復水貯蔵タンク	水 (放射性)	2,000	×	n-36	A-2
58	2号トーラス水受入タンク	水 (放射性)	2,000	×	n-37	A-2
59	A-真空脱気塔	水	2	○	n-38	—
60	B-真空脱気塔	水	2	○	n-38-1	—
61	冷却水回収槽	水	2	○	n-38-2	—
62	C-真空脱気塔	水	3	○	n-28	—
63	D-真空脱気塔	水	3	○	n-28-1	—

9条-別添1-補足27-3

表1 溢水影響のある屋外タンク等の選定結果 (2/2)

No.	名称	内容物	保有水量 [m ³]	選定結果※1	配置図 No	区分
64	C/D用冷却水回収槽	水	2	○	n-28-2	—
65	2号ろ過水タンク	水	3,000	○	11	—
66	1号除だく槽	水	87	○	12	—
67	1号ろ過器	水	62	○	13	—
68	2号除だく槽	水	102	○	14	—
69	2号ろ過器	水	36	○	15	—
70	2号濃縮槽	水	30	○	16	—
71	1号除だく槽排水槽	水	7	○	n-41	—
72	22m貯受水槽	水	30	○	37	—
73	1号ろ過水タンク	水	3,000	○	17	—
74	ガスタービン発電機用軽油タンク	油	560	×	n-43-1	A-1
75	泡消火薬剤貯蔵槽 (ガスタービン発電機用軽油タンク)	薬品 (非劇物)	1	○	n-43	—
76	OFケーブルタンク	油	3	×	n-47	C
77	輪谷貯水槽 (東側)	水	1,864※2	○	19	—
78	輪谷貯水槽 (西側)	水	10,000	×	n-55	A-1
79	輪谷貯水槽 (東側) 沈砂池	水	260	○	20	—
80	砂子水洗タンク	水	146	○	22	—
81	原水80 t 水槽	水	80	○	24	—
82	雑用水タンク	水	33	○	26	—
83	字中系統中継水槽 (西山水槽)	水	30	○	25	—
84	59m盤トイレ用水貯槽	水	32	○	44	—
85	500kVケーブル給油装置	油	1	×	n-48	C
86	非常用ろ過水タンク	水	2,500	×	n-49	A-2
87	74m貯受水槽 (2槽)	水	60	○	27	—
88	山林用防火水槽 (スカイライン)	水	50	○	n-52	—
89	山林用防火水槽 (スカイライン)	水	50	○	n-52	—
90	A-SB廻り消火設備タンク	水	46	○	18	—
91	B-SB廻り消火設備タンク	水	46	○	18	—
92	A-50m盤廻り消火設備タンク	水	155	○	28	—
93	B-50m盤廻り消火設備タンク	水	155	○	28	—
94	3号仮設海水淡水化装置 (海水受水槽)	水	25	○	29	—
96	3号仮設海水淡水化装置 (RO処理水槽)	水	15	○	n-76	—
97	3号仮設海水淡水化装置 (仮設純水槽)	水	5	○	n-77	—
97	ガスタービン発電機用軽油タンク用消火タンク	水	49	○	23	—
98	仮設合併処理槽	水	31	○	34	—
99	管理事務所4号館用消火タンク	水	21	○	36	—
100	仮設水槽-1 (2号西側法面付近)	水	20	○	39	—
101	仮設水槽-2 (2号西側法面付近)	水	20	○	40	—
103	仮設水槽-3 (2号西側法面付近)	水	20	○	45	—
103	純水装置廃液処理設備	水	42	○	31	—
104	3号純水タンク(B)	水	1,000	○	32	—
105	3号ろ過水タンク(B)	水	1,000	○	33	—
106	A-44m盤廻り消火設備タンク (南側)	水	155	○	30	—
107	B-44m盤廻り消火設備タンク (南側)	水	155	○	30	—
108	A-44m盤廻り消火設備タンク (北側)	水	155	○	38	—
109	B-44m盤廻り消火設備タンク (北側)	水	155	○	38	—
110	字中合併浄化槽 (1)	水	63	○	42	—
111	字中合併浄化槽 (2)	水	126	○	43	—
112	ブロータンク	水	1	○	n-14	—
113	排水放流槽	水	1	○	n-14	—
114	訓練用模擬水槽	水	4	○	n-58	—
115	1号海水電解装置電解槽 (循環7台 8槽)	薬品 (非劇物)	2	○	n-8	—
116	2号海水電解装置電解槽 (非循環7台 12槽)	薬品 (非劇物)	2	○	n-8	—
117	仮設水槽 (2号西側法面付近)	水	2	○	n-59	—
118	25MVA緊急用変圧器	油	15	×	n-60	A-1
119	補助ボイラーブロータンク	水	1	○	n-24	—
120	補助ボイラー冷却水冷却塔	水	1	○	n-24-1	—
121	濁水処理装置	水	10	○	n-71	—
122	防火水槽	水	20	○	n-74	—
123	防火水槽	水	20	○	n-73	—
124	トイレ用ろ過水貯槽	水	8	○	n-41	—

※1：溢水源とする屋外タンク等を「○」、溢水源としない屋外タンク等を「×」とする。
 ※2：基準地震動 Ss による地震力に対し耐震性を有しているため、スロッシング量を保有水量とした。
 保有水量は、スロッシング解析値 (1,694m³) と実験値の差を踏まえ 1.1 倍し、切上げた値。

区分 A：基準地震動 Ss による地震力に対し、タンクまたは防油堤等のバウンダリ機能が保持できる。
 A-1：SA 対応において基準地震動 Ss による地震力に対し、耐震性を確保するもの。
 A-2：溢水影響評価において基準地震動 Ss による地震力に対し、耐震性を確保するもの。
 区分 B：タンクを空運用する。
 区分 C：FRP 又は樹脂系塗装等で塗装された保有水量全量を保持できる堰を設置し、配管破断等により堰外への流出防止対策を実施する。

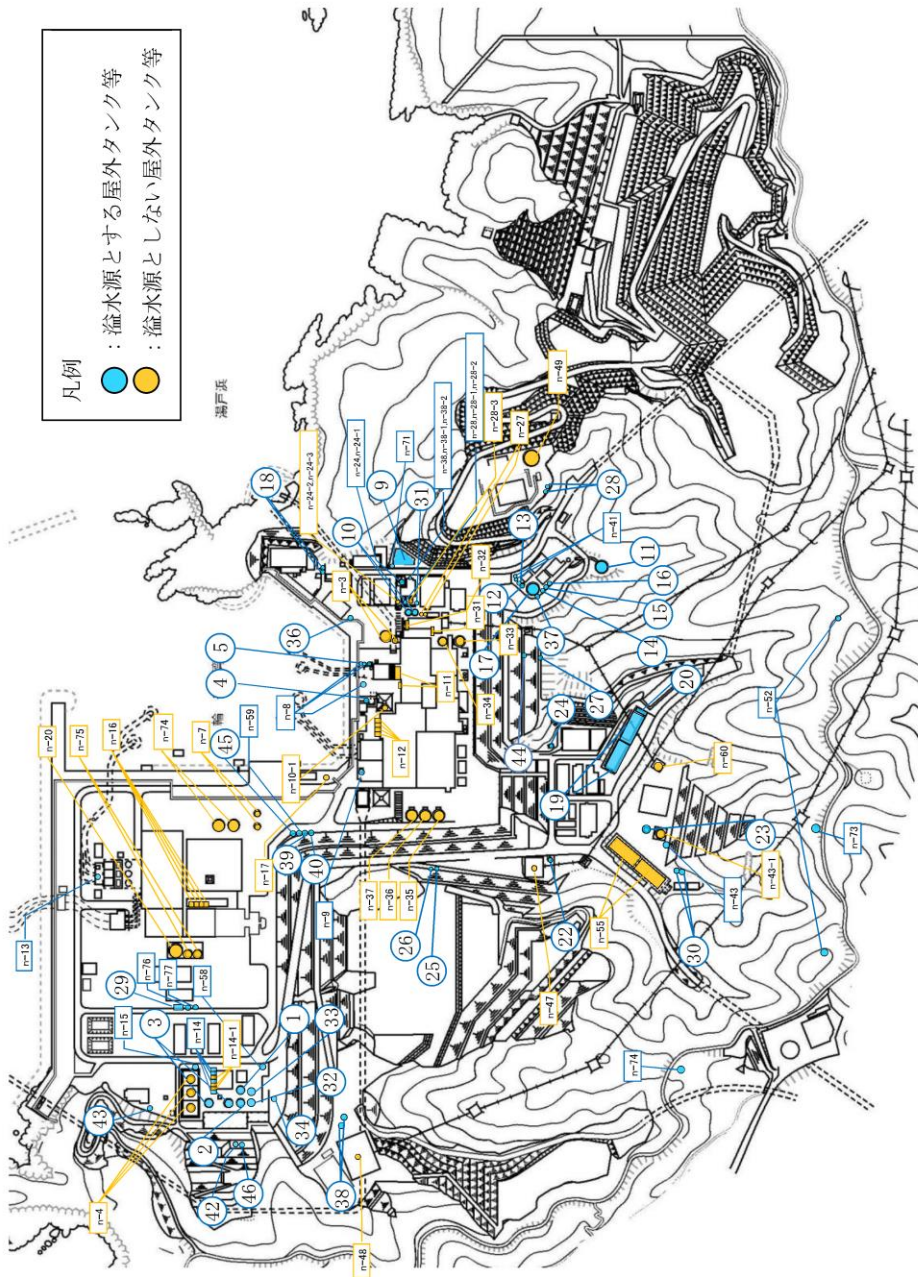


図2 発電所敷地内に地上設置されている屋外タンク等の配置図

9条-別添1-補足27-5

6. 建物外周地下部における地下水位の上昇（事象 e. ）

10.2 地下水の溢水による影響

島根原子力発電所 2 号炉では、溢水防護区画を構成する原子炉建物、廃棄物処理建物及び制御室建物の周辺地下部に、図 10-4 に示すように地下水排水設備を設置しており、同設備により各建物周辺に流入する地下水の排出を行っている。

10.2.1 各建物の地下水排水設備の設置について

原子炉建物、廃棄物処理建物及び制御室建物の周辺地下部に、地下水排水設備を設置しており、地下水は建物周辺の集水管により取水槽等へ排水を行っている。

原子炉建物ではサブドレンを設けて地下水を集水し、排水する方法を採用している。サブドレンは、原子炉建物基礎下に格子状に有孔管を敷設し、地下水を集め、集水管へ導く設計としている。また、建物周囲に有孔管を敷設し、建物周囲からの湧水を集め、集水管によりサブドレンからの地下水とともに原子炉建物西側に設置した地下水排水ピットへ導く設計としている。地下水排水ピットに集められた地下水は、水中ポンプで放水槽へ排水している。

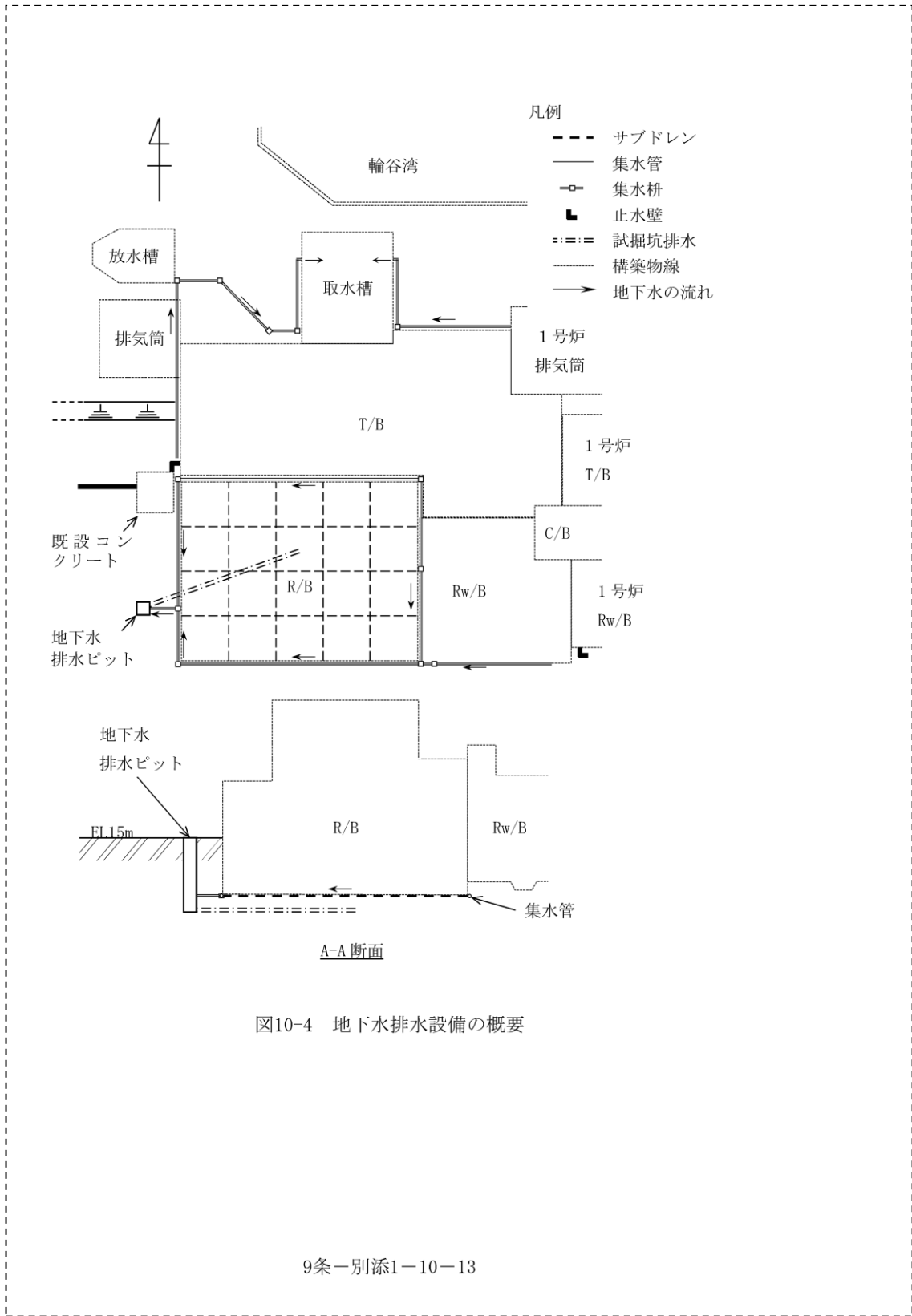


図10-4 地下水排水設備の概要

9条-別添1-10-13

10.2.2 影響評価

地下水の溢水防護区画への浸水経路としては地下部における配管等の貫通部の隙間部及び建物間の接合部が考えられるが、これらについては止水措置を行っており、また建物間接合部にはエキスパンションジョイント止水板を設置しているため、地下水が防護区画内に浸水することはない。

なお、地下水排水ピットの水中ポンプが機能喪失した場合においても速やかに地下水の排水機能の復旧ができるように、可搬型ポンプ等を用いた排水手段を整備する。

以上より、地震により地下水排水ピットの水中ポンプが機能喪失した際に生じる建物周辺に流入する地下水は、溢水防護対象設備に影響を与えることがないものと評価する。

燃料等輸送船の係留索の耐力について

1. 概要

燃料等輸送船（以下、「輸送船」という。）は、津波襲来までに時間的余裕がある津波の場合は、緊急退避するが、津波襲来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。そのため、ここでは、係留索の耐力について評価を実施する。

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

本書では、輸送船が備えている係留索の係留力、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 Maritime Forum）刊行“Mooring Equipment Guidelines”の手法を用いて算出し、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するものであるが、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、同評価を輸送船に適用することは可能と考える。

なお、荷揚場については、岩着構造であり、基準地震動 S_s に対して損傷することはなく、本係留索の耐力評価に影響を及ぼさない。

2. 評価

(1) 輸送船、係留索、係船柱の仕様

輸送船、係留索、係船柱の仕様を表1に、配置を図1に示す。

表1 輸送船, 係留索, 係船柱の仕様

項目		仕様
輸送船	総トン数	約 5,000 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
	形状	(図1参照)
係留索	直径	60mm (ノミナル値)
	素材種別	Polyethylene Rope Grade 1
	破断荷重	279kN (キロニュートン) =28.5tonf
	係船機ブレーキ力	$28.5\text{tonf} \times 0.7 \div 20.0\text{tonf}$
係船柱	形状	(図1参照)
	ビット数, 位置	(図1参照)
	係留状態	(図1参照)
	強度	25t, 50t

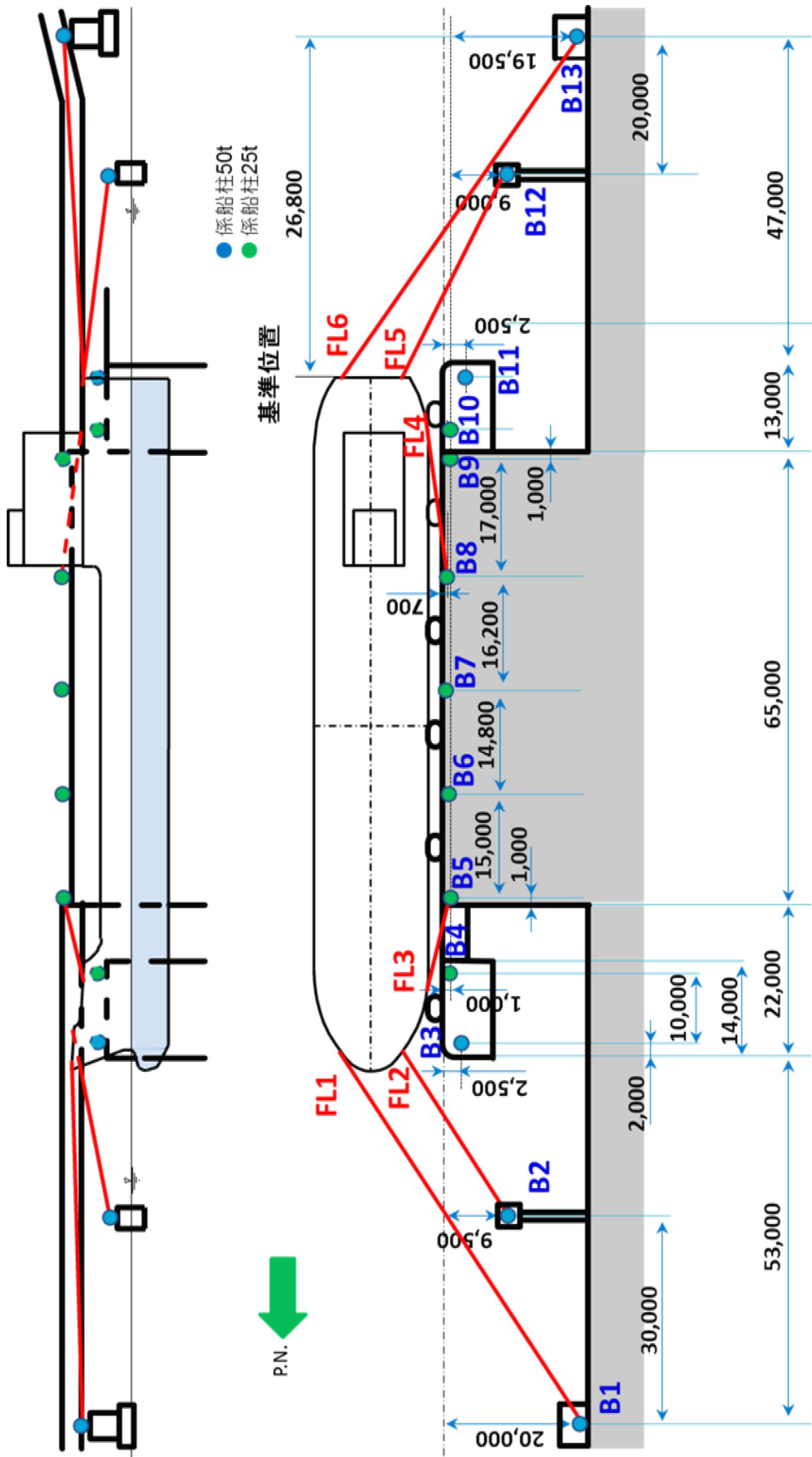
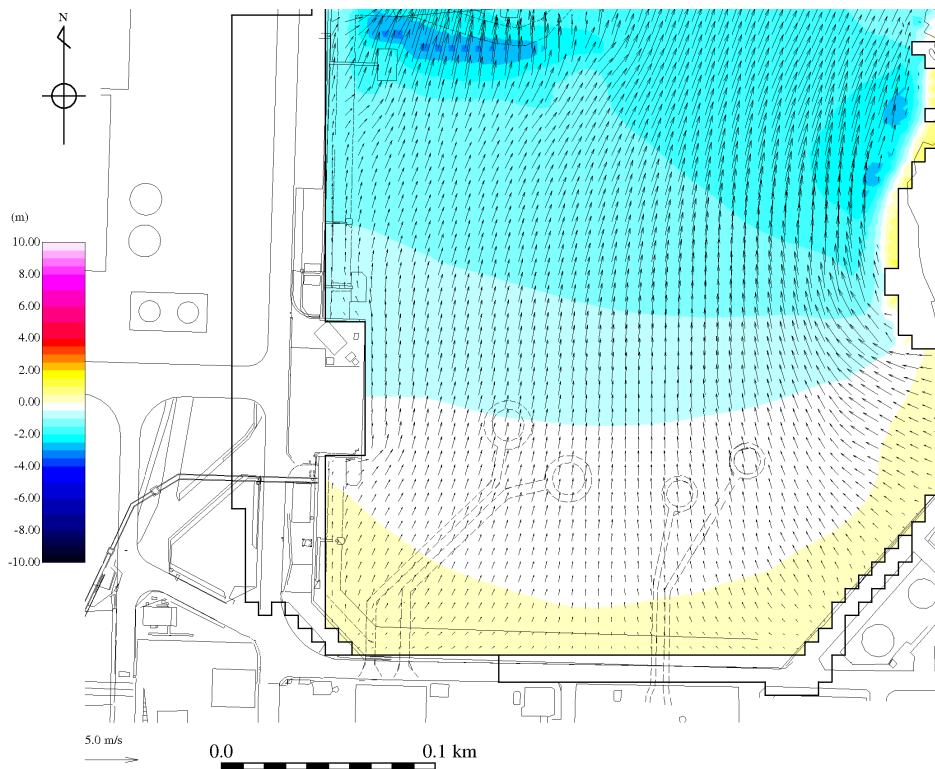


図1 輸送船，係留索，係船柱の配置

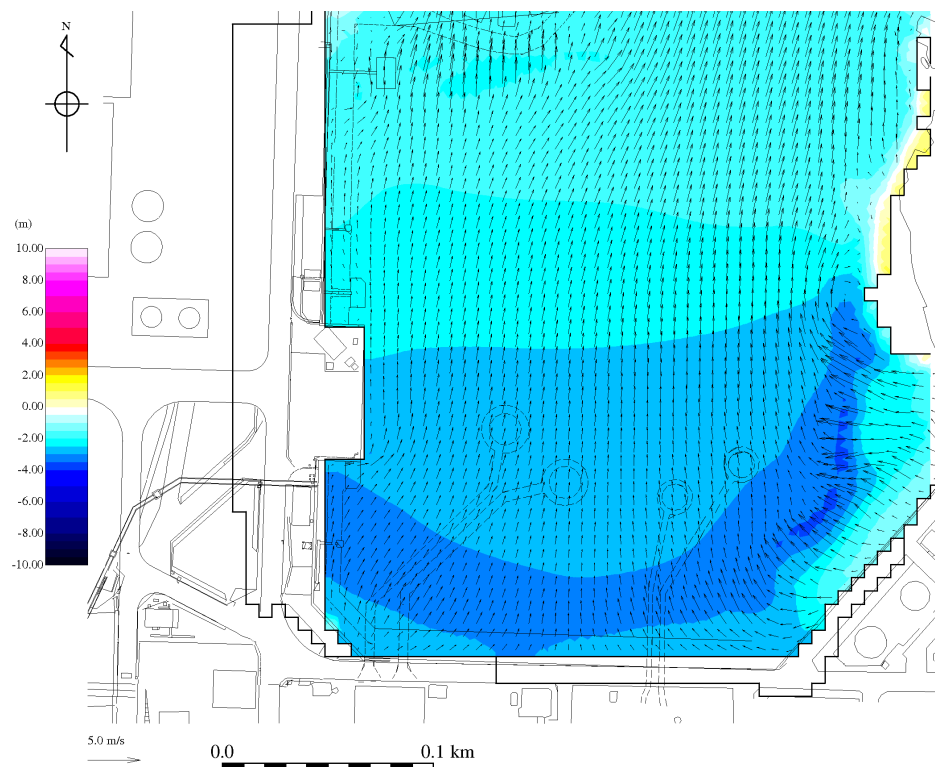
(2) 津波条件（流向，水位，流速）

襲来までに時間的余裕がなく，輸送船を離岸できない海域活断層に想定される地震による津波を評価条件とする。

海域活断層に想定される地震による津波による荷揚場近傍の流向は，図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，輸送船は荷揚場と平行して接岸されることから，評価は輸送船の船首及び船尾方向の流圧力に対する係留索の耐力について実施する。

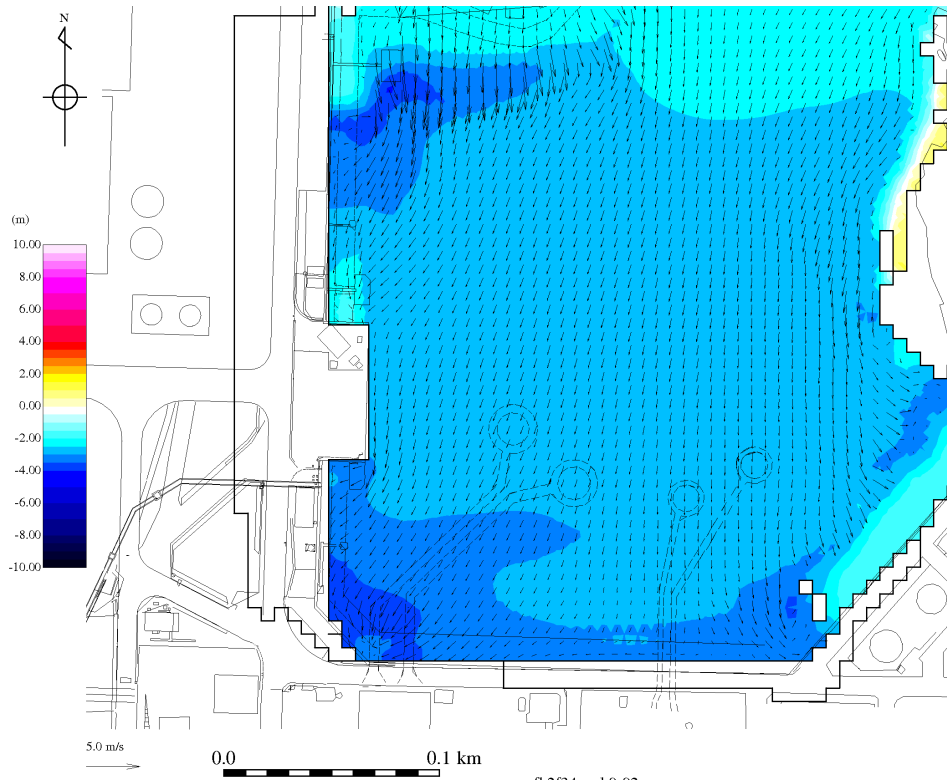


(地震発生後 5 分 50 秒後)



(地震発生後 6 分 10 秒後)

図 2 - 1 基準津波 4 の流向



(地震発生後 6 分 50 秒後)

図 2 - 2 基準津波 4 の流向

一方、海域活断層に想定される地震による津波の荷揚場位置における水位及び接線方向成分の流速は、図3-1のとおりとなる。

図3-1に示すとおり、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、流速は第1波の最低点と同時刻に最大の2.3m/sに達する。

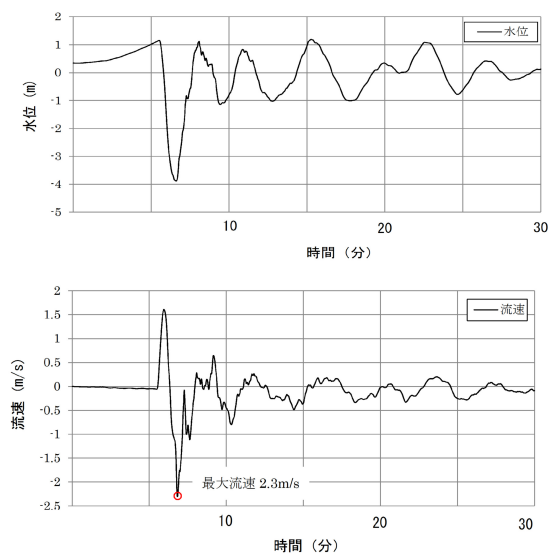


図3-1 基準津波4の流速（荷揚場近傍）

なお、図3-1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3-2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。

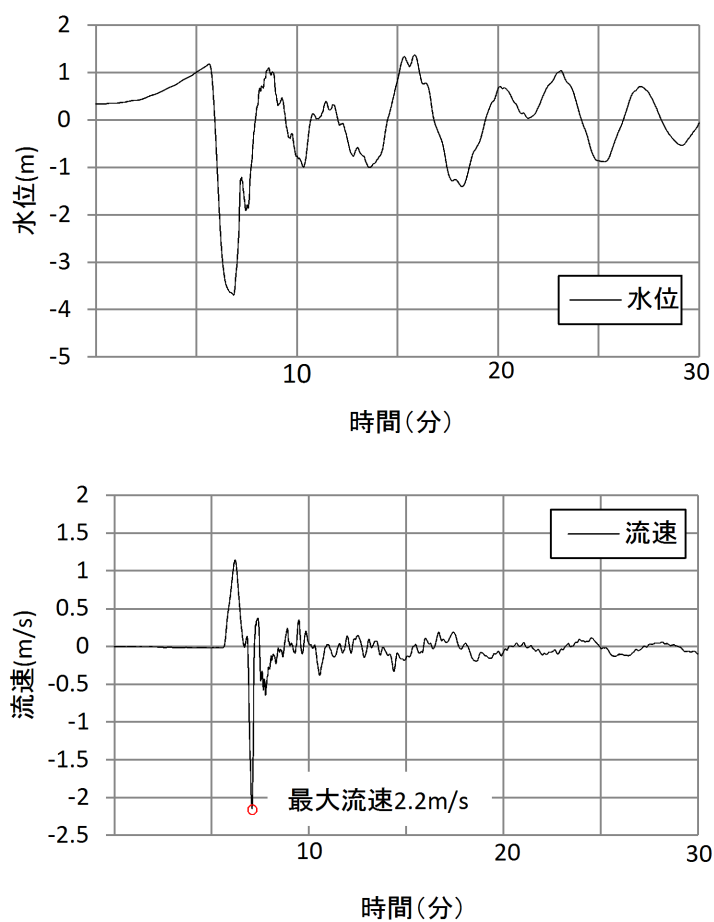
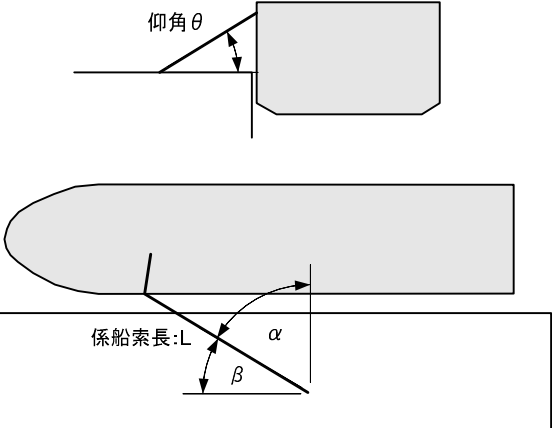


図3-2 防波堤健全時における基準津波4の流速（荷揚場近傍）

(3)係留力

係留力の計算方法を表2に、計算結果を表3、図4、5に示す。

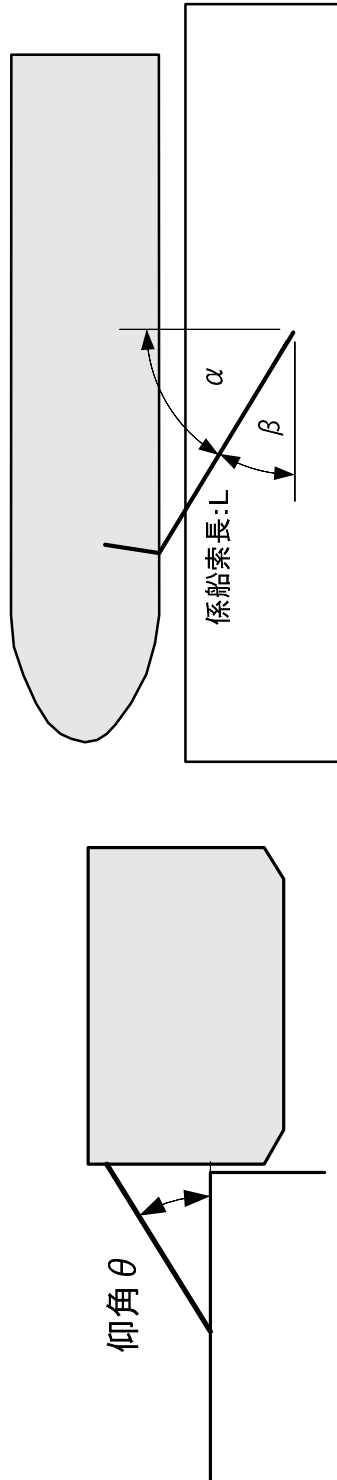
表2 係留力の計算方法

<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, 後報は添字 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] ※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3 係留力 (図1) の計算結果

フェア リダー	索種類	係船柱	係船索長さ[m]		係留角		索張力T [tonf]	係留力前 後 [tonf]	Bitt Performance [tonf]		
			船外		θ	β			Bitt Load	合計	係船柱強 度
FL1	Line1	B1	65.2		3.2	32.3	20.0	6.2	10.2	10.2	50.0
FL2	Line2	B2	29.9		11.8	31.4	20.0	12.2	20.0	20.0	50.0
FL3	Line3	B5	13.1		4.8	-14.5	20.0	19.3	20.0	20.0	25.0
FL4	Line4	B8	21.6		2.4	8.9	20.0	19.7	20.0	20.0	25.0
FL5	Line5	B12	32.8		9.5	-27.0	20.0	8.6	20.0	20.0	50.0
FL6	Line6	B13	59.5		0.9	-34.9	20.0	4.2	12.0	12.0	50.0



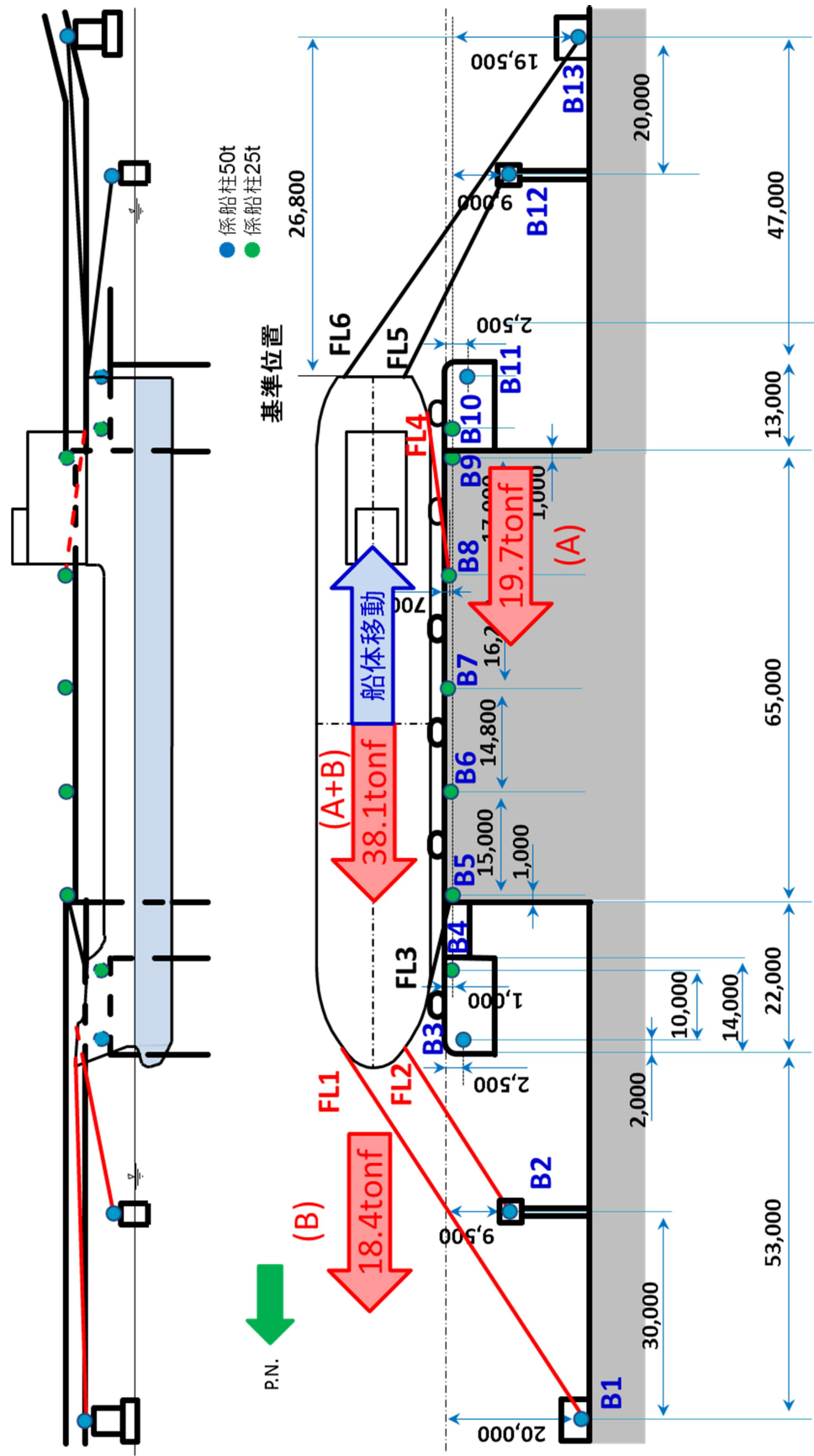


図4 船尾方向への移動に対する船首方向係留力

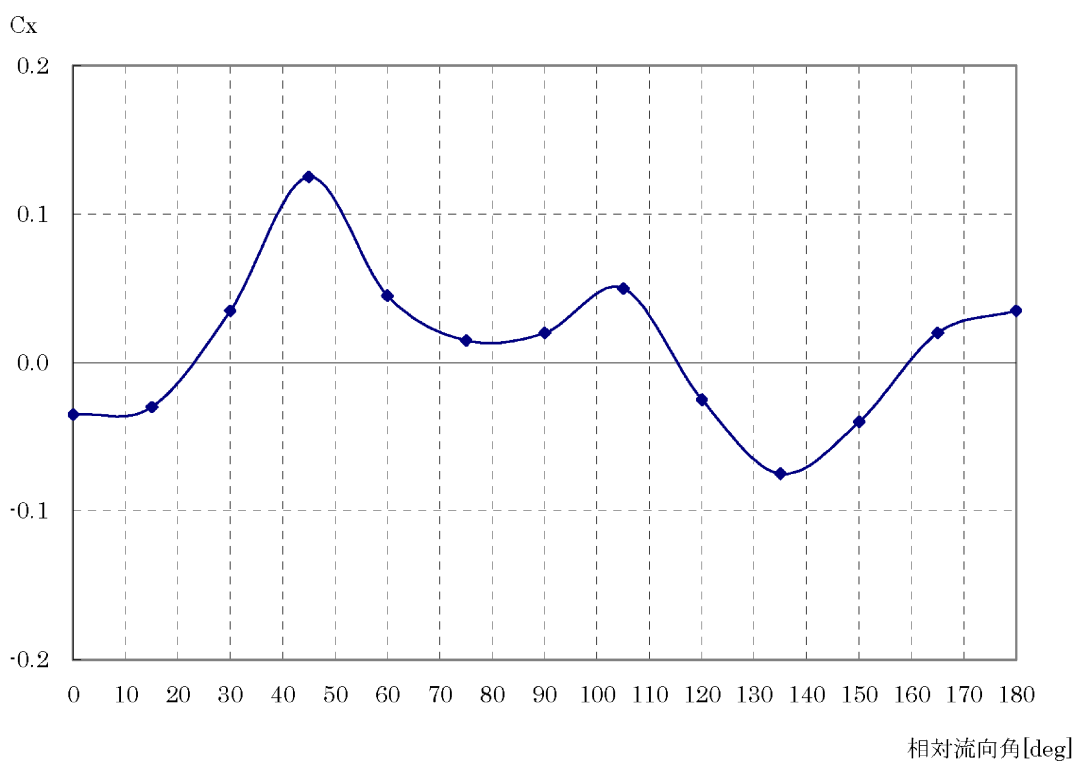
(4) 流圧力

流圧力の計算方法を表4に示す。計算結果について、前項で求めた係留力との比較結果を図6に示す。

表4 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} : 縦方向流圧力計数</p> <p>V_c : 流速[m/s]</p> <p>L_{pp} : 垂線間直[m]</p> <p>d : 喫水[m]</p> <p>ρ_c : 水密度[kg・sec²/m⁴] (=104.5 sec²/m⁴)</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)

縦方向流圧力係数[Cx]

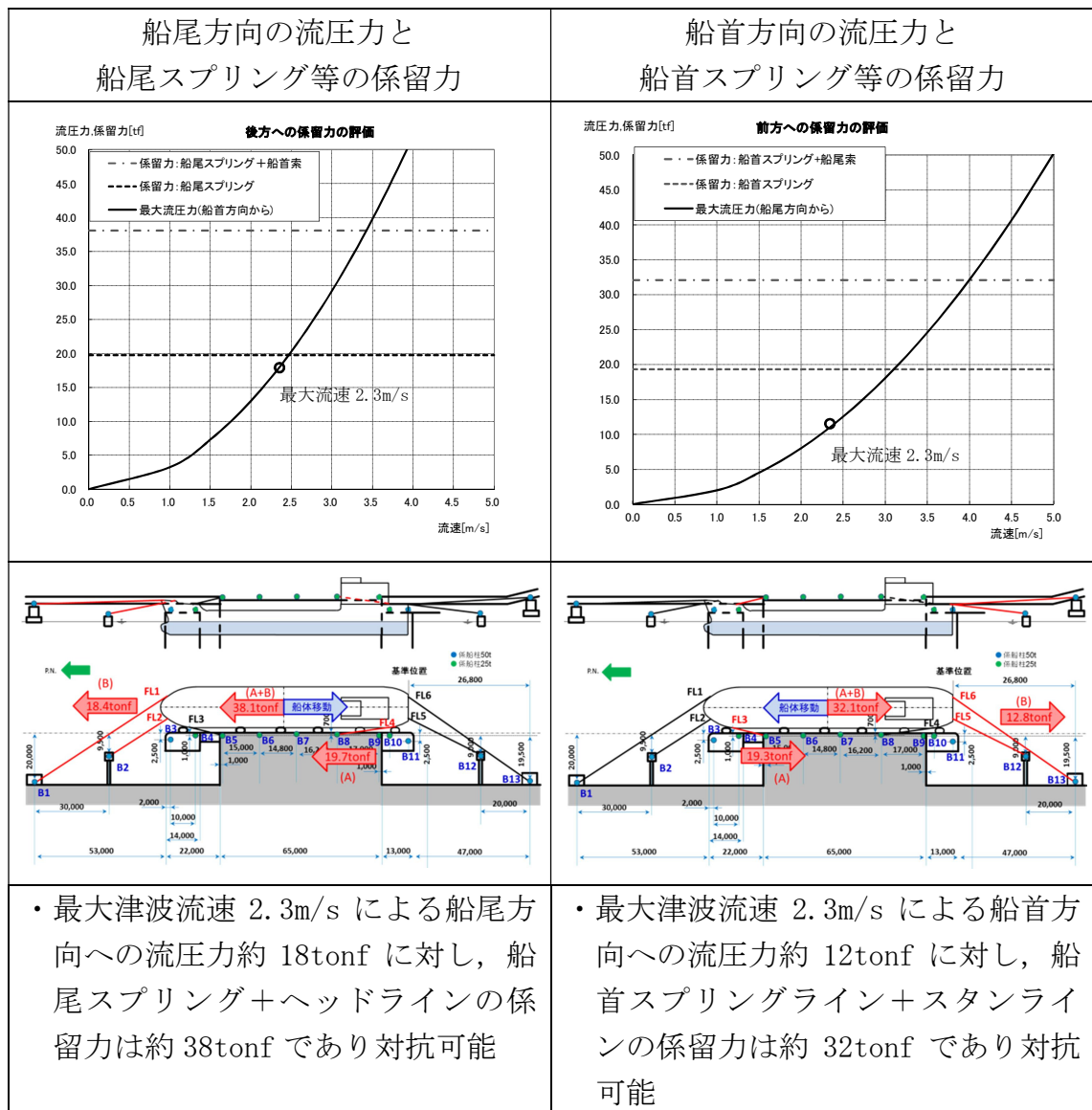


図6 流圧力と係留力の比較

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 38tonf, 約 32tonf)が上回ることを確認した。

したがって, 津波に対し, 輸送船が係留によって対応すると仮定した場合においても係留力により荷揚場に留まり続けることができる。

燃料等輸送船の喫水高さと津波高さとの関係について

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、津波の襲来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、寄せ波に対して荷揚場に乗り上げることのないこと、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。

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、早く襲来する海域活断層に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

図1, 2に, 燃料等輸送船が停泊する荷揚場における海域活断層に想定される地震による津波の波形を示す。押し波時の最大水位は T. P. 2.0m, 引き波時の最低水位は T. P. -4.07m である。

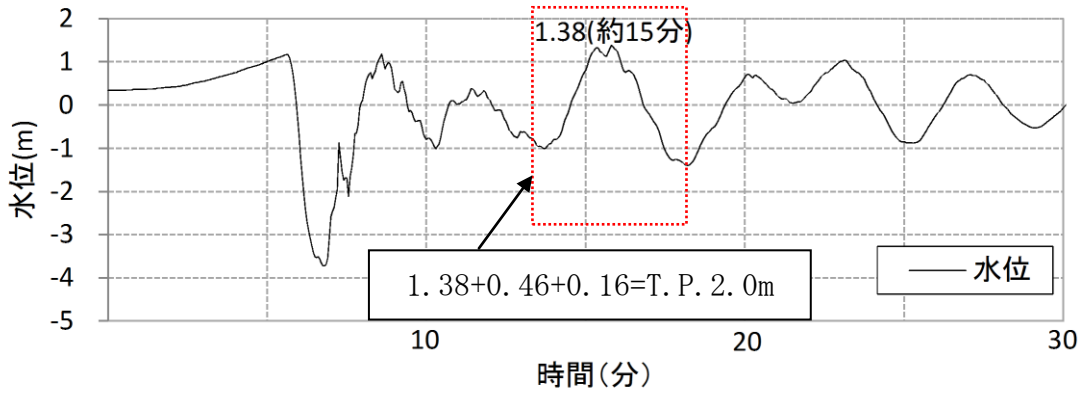


図1 基準津波4による荷揚場での時刻歴波形
(水位上昇側)

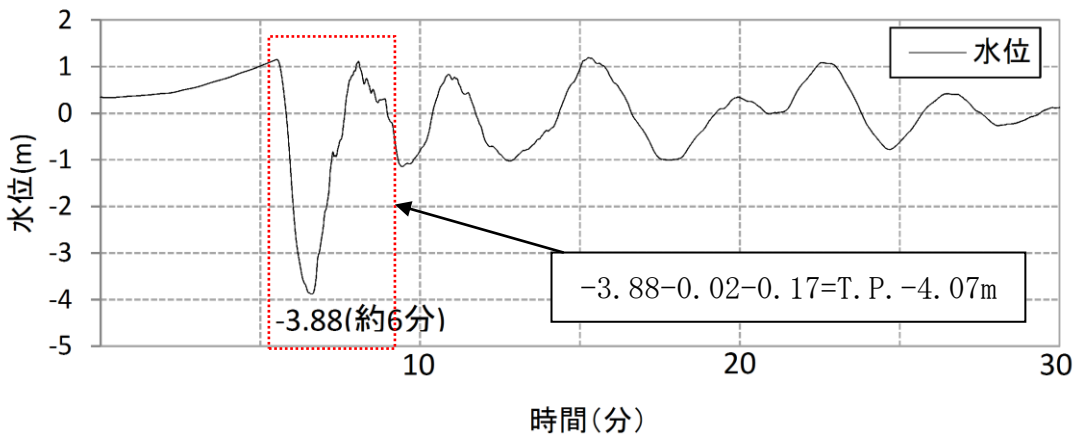


図2 基準津波4による荷揚場での時刻歴波形
(水位下降側)

3. 確認結果

(1) 寄せ波による岸壁への乗り上げ評価

寄せ波による津波高さと岸壁高さ及び喫水高さの関係を図3に示す。

寄せ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、保守的に考慮しないものとする。

①津波高さ		
・寄せ波水位	T. P. 1.38m	
・朔望平均満潮位	T. P. 0.46m	
・潮位のばらつき	0.16m	
合計	T. P. 約 2.00m	⇒ (② - ①) = 4.00m
②津波襲来時岸壁高さ		
・岸壁高さ (通常時)	T. P. 6.00m	

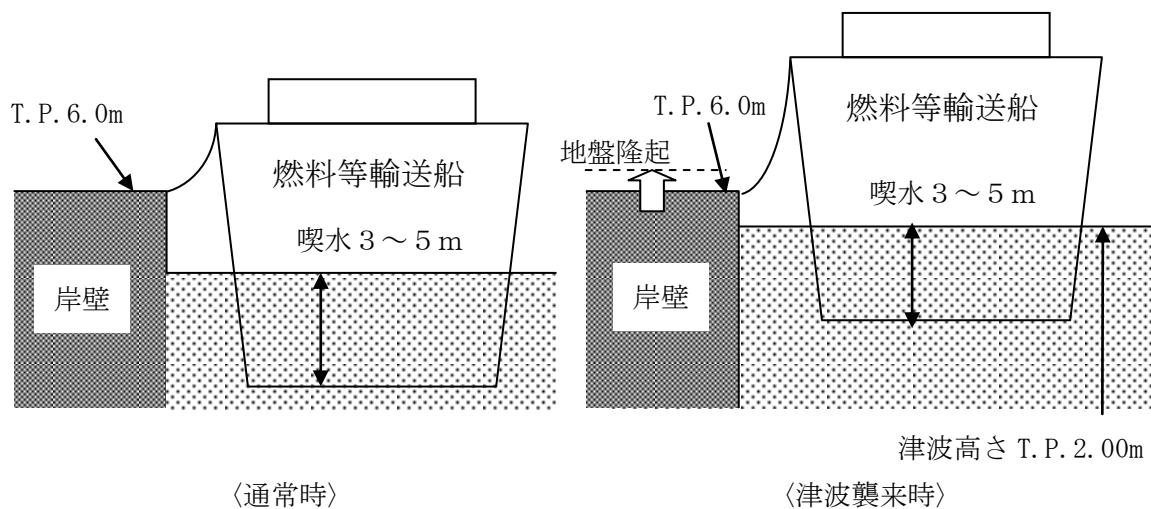


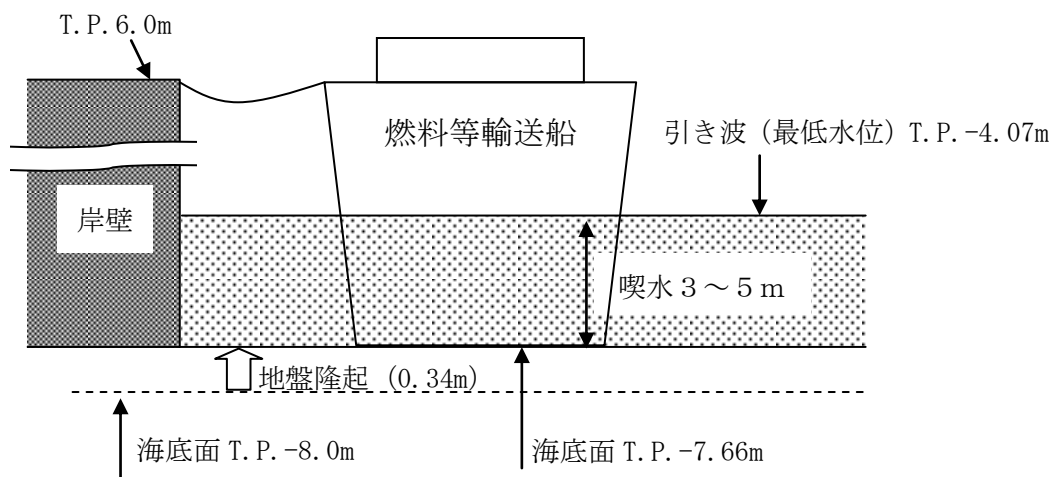
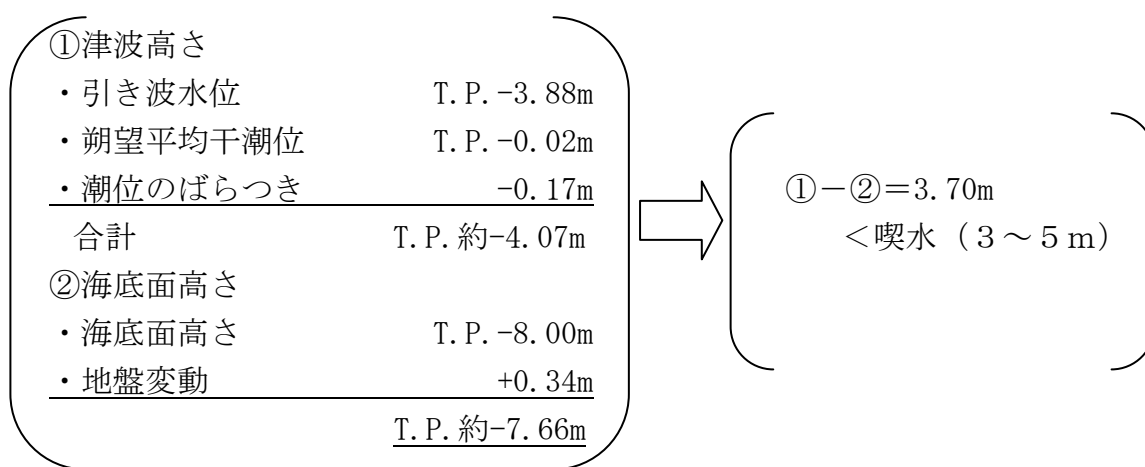
図3 寄せ波による津波高さと岸壁高さ及び喫水高さの関係

(2) 引き波（着底評価）

引き波による津波高さとの関係を図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 引き波による津波高さとの関係

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。

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。

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
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

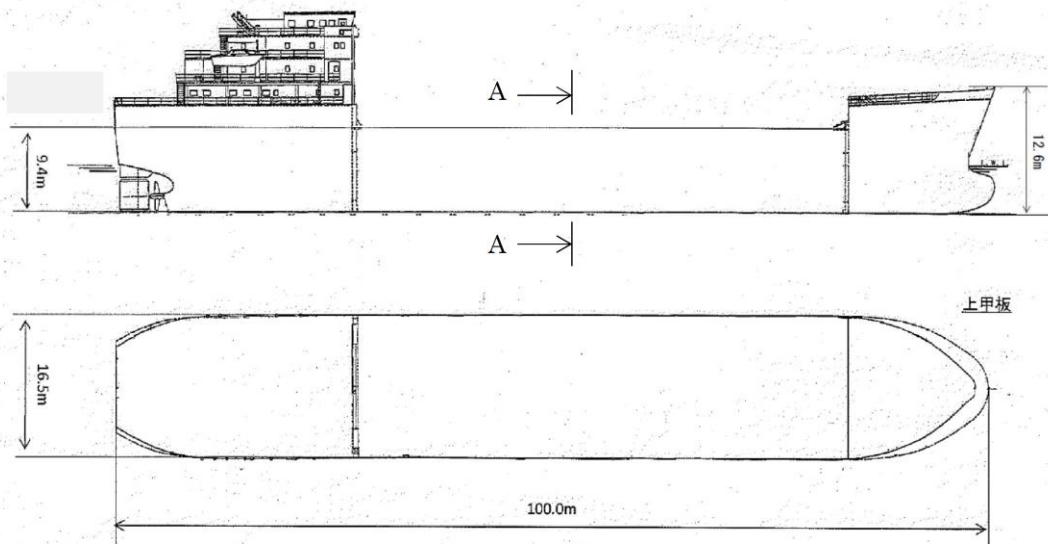


図1 燃料等輸送船外形図

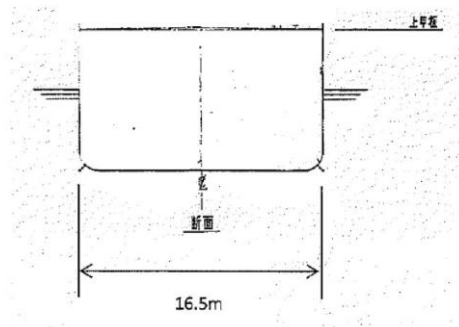


図2 燃料等輸送船外形図 (A-A 断面)

(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。

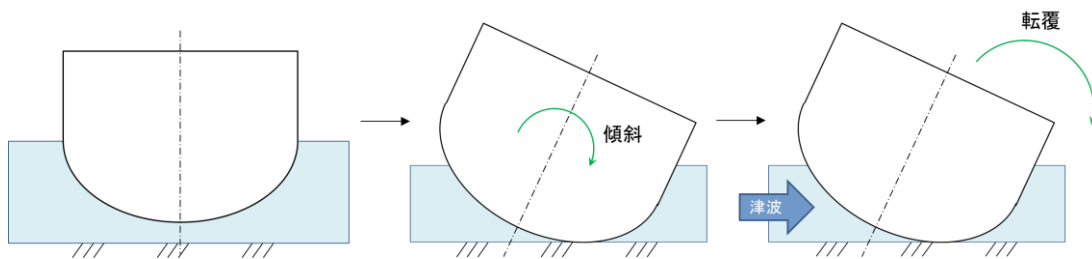


図3 丸型の船底を有する船舶の着底状態

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。

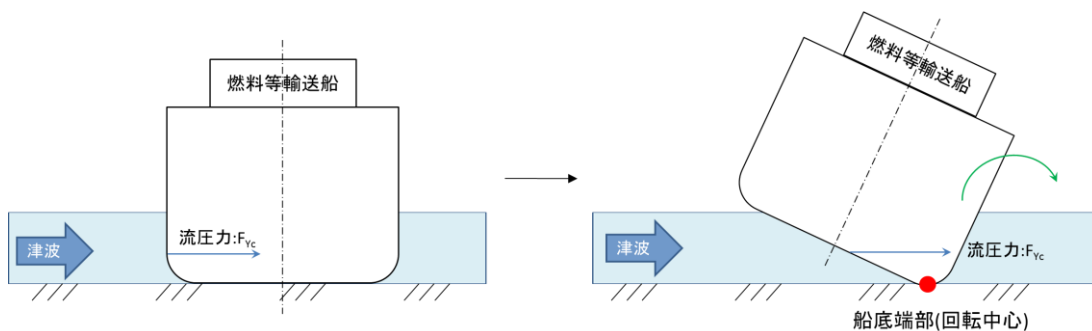


図4 想定転覆モード

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。

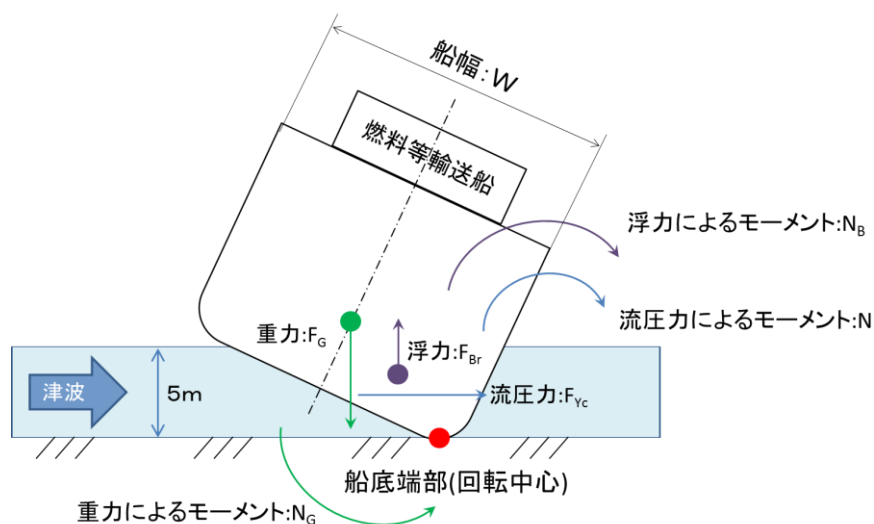


図5 燃料等輸送船に働く力とモーメント

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 60° であるため、ここでは、傾きを 30° と仮定し、流圧力によるモーメント N と浮力によるモーメント N_B の和と重力によるモーメント N_G とのモーメントの釣り合いから転覆しないことを確認する。

重力によるモーメント N_G は次式のとおりとなる。

$$\begin{aligned} N_G &= F_G \times X(GR) \\ &= 7,000 \times 5.1 \\ &= 35,700 [\text{tonf} \cdot \text{m}] \end{aligned}$$

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 (=満載排水量) [tonf] (=7000)

$X(GR)$: 重心と回転中心の水平方向距離 [m] (≈ 5.1)

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時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⁾

【流圧力計算式】 $F_{YC} = \frac{1}{2} \times C_{YC} \times \rho_C \times V_C^2 \times L_{PP} \times d$	F_{YC} : 横方向流圧力 [kgf] C_{YC} : 横方向流圧力係数 V_C : 流速 [m/s] L_{PP} : 垂線間長 [m] (=94.4) d : 喫水 [m] (=5) ρ_C : 水密度 [kgf・sec ² /m ⁴] (=104.7kgf・sec ² /m ⁴)
---	---

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。

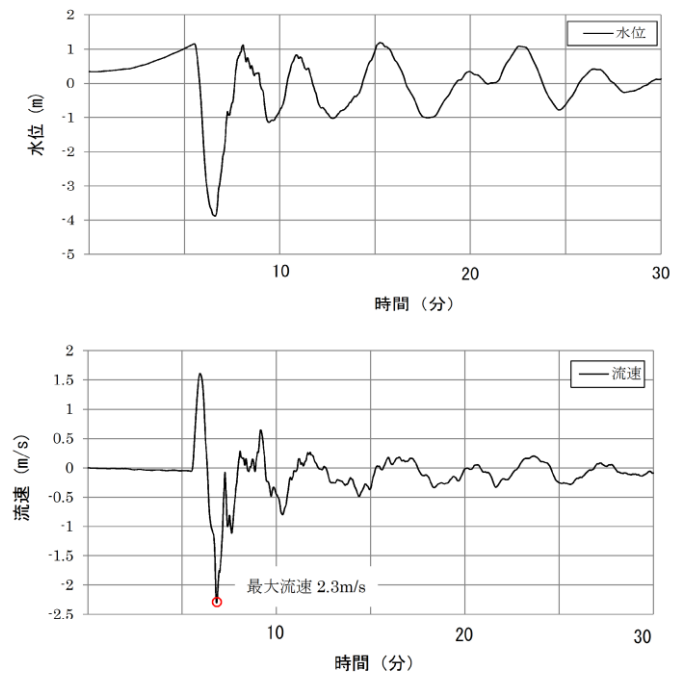


図6 基準津波4の流速（荷揚場近傍）

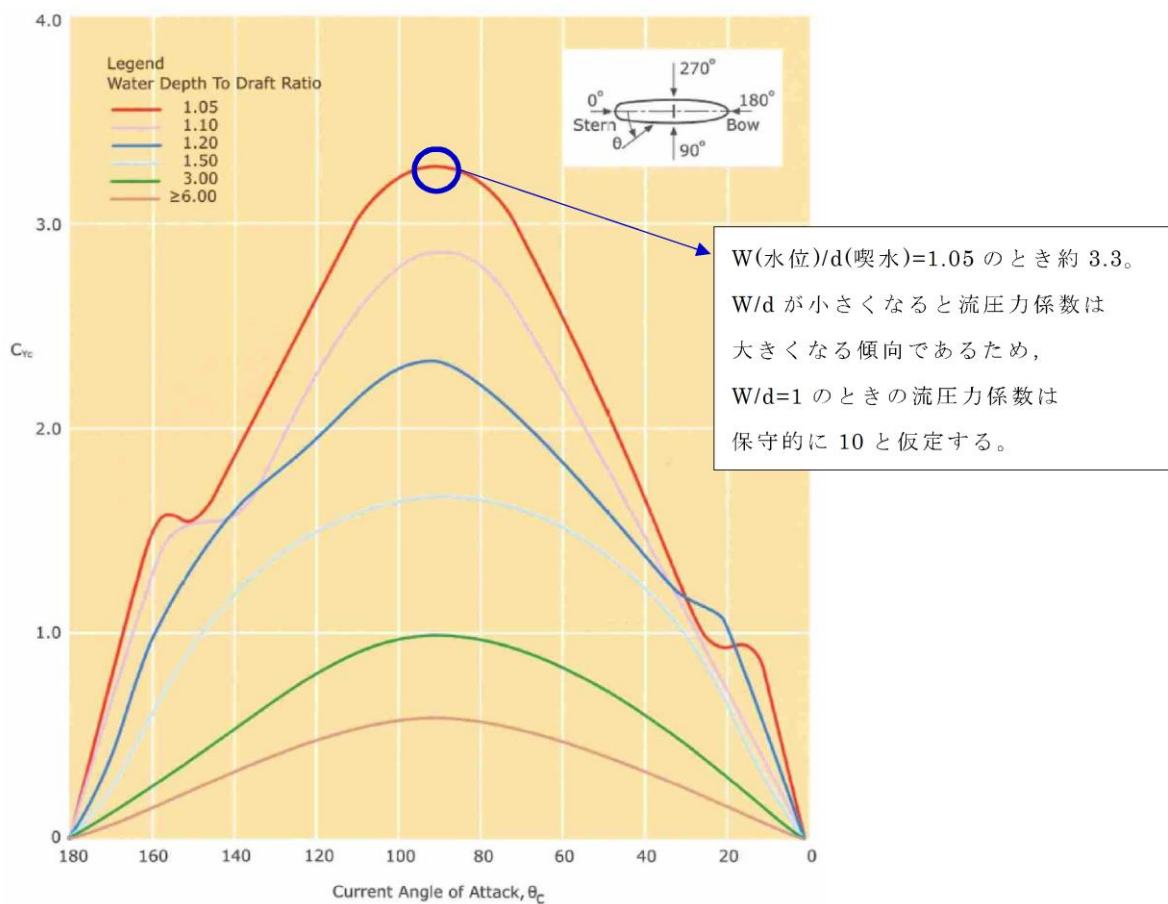


図7 横方向の流圧力係数¹⁾

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。

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

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。

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

最後に浮力によるモーメント N_B は次式にて評価する。

$$\begin{aligned} N_B &= F_{Br} \times X(BR) \\ &= 2,500 \times 2.0 \\ &= 5,000 [\text{tonf} \cdot \text{m}] \end{aligned}$$

N_B : 浮力によるモーメント [tonf]

F_{Br} : 傾いた際の燃料等輸送船の浮力 [tonf] ($\doteq 2,500$)

$X(BR)$: 浮心と回転中心の水平方向距離 [m] ($\doteq 2.0$)

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。

$$\begin{aligned} N + N_B &= 3,270 + 5,000 \\ &= 8,270 [\text{tonf} \cdot \text{m}] < N_G = 35,700 [\text{tonf} \cdot \text{m}] \end{aligned}$$

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。

海域活断層に想定される地震による津波及び
日本海東縁部に想定される地震による津波に対する流入防止対策について

1. 概要

内郭防護においては、海域と接続する耐震 B, C クラス機器等が地震により損傷して保有水が溢水するとともに、損傷箇所を介して津波が流入する事象を想定する。

ここでは、海域活断層に想定される地震による配管損傷後に海域活断層に想定される地震による津波が襲来した場合及び敷地近傍の地震による配管損傷後に波源の異なる日本海東縁部に想定される地震による津波が襲来した場合の津波流入防止対策について説明する。

2. 海域と接続する配管

海域と接続する耐震 B, C クラス配管が設置される区画としてタービン建物、取水槽循環水ポンプエリア及び取水槽海水ポンプエリアがある。

タービン建物、取水槽循環水ポンプエリア及び取水槽海水ポンプエリアに設置される海域と接続する津波流入防止対策が必要な配管を表 1 に示す。なお、海域と接続する原子炉補機海水系、高圧炉心スプレイ補機海水系は基準地震動 S_s による地震力に対してバウンダリ機能を維持する設計としている。

表 1 海域と接続する津波流入防止対策が必要な配管

区画	配管	耐震性
タービン建物	循環水系	C クラス
	タービン補機海水系	C クラス
	液体廃棄物処理系	C クラス
取水槽循環水 ポンプエリア	循環水系	C クラス
	タービン補機海水系	C クラス
取水槽海水 ポンプエリア	除じん系	C クラス

3. 津波流入防止対策

海域活断層に想定される地震による津波襲来に係る時系列を図1に、日本海東縁部に想定される地震による津波襲来に係る時系列を図2に示す。

循環水系は、地震により当該系統が損傷する場合、図3に示す通り、地震大信号及び漏えい検知器動作のAND条件のインターロックによる復水器水室出入り口弁及びポンプ出口弁閉止により津波の流入を防止する。

タービン補機海水系は、地震により当該系統が損傷する場合、循環水系と同条件のインターロックによりポンプ出口弁を閉止するとともに、出口側配管の逆止弁により津波の流入を防止する（図4参照）。また、液体廃棄物処理系については、出口側配管の逆止弁により津波の流入を防止し、除じん系についても基準地震動 S_s による地震力に対してバウンダリ機能を維持する設計とし、津波の流入を防止する。

この結果、地震により循環水系、タービン補機海水系、液体廃棄物処理系及び除じん系が損傷した後に、海域活断層に想定される地震による津波が襲来した場合及び日本海東縁部に想定される地震による津波が襲来した場合でも、津波はタービン建物、取水槽循環水ポンプエリア及び取水槽海水ポンプエリアに流入しない。

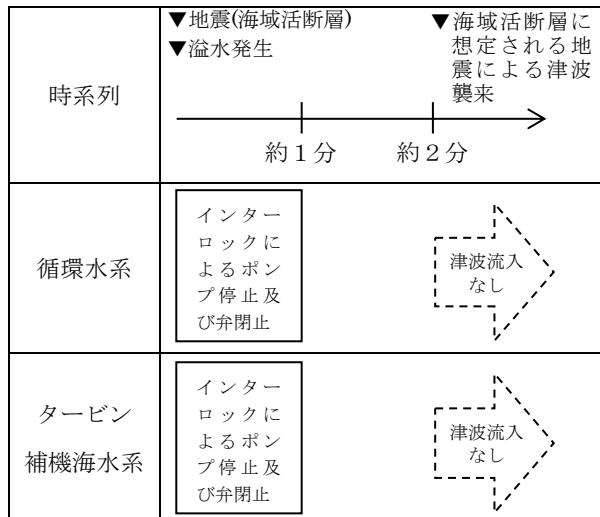


図1 海域活断層に想定される地震による津波襲来に係る時系列

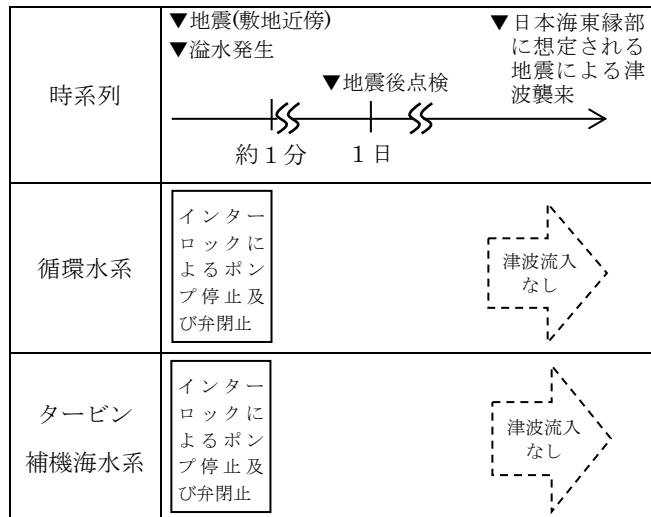


図2 日本海東縁部に想定される地震による津波襲来に係る時系列

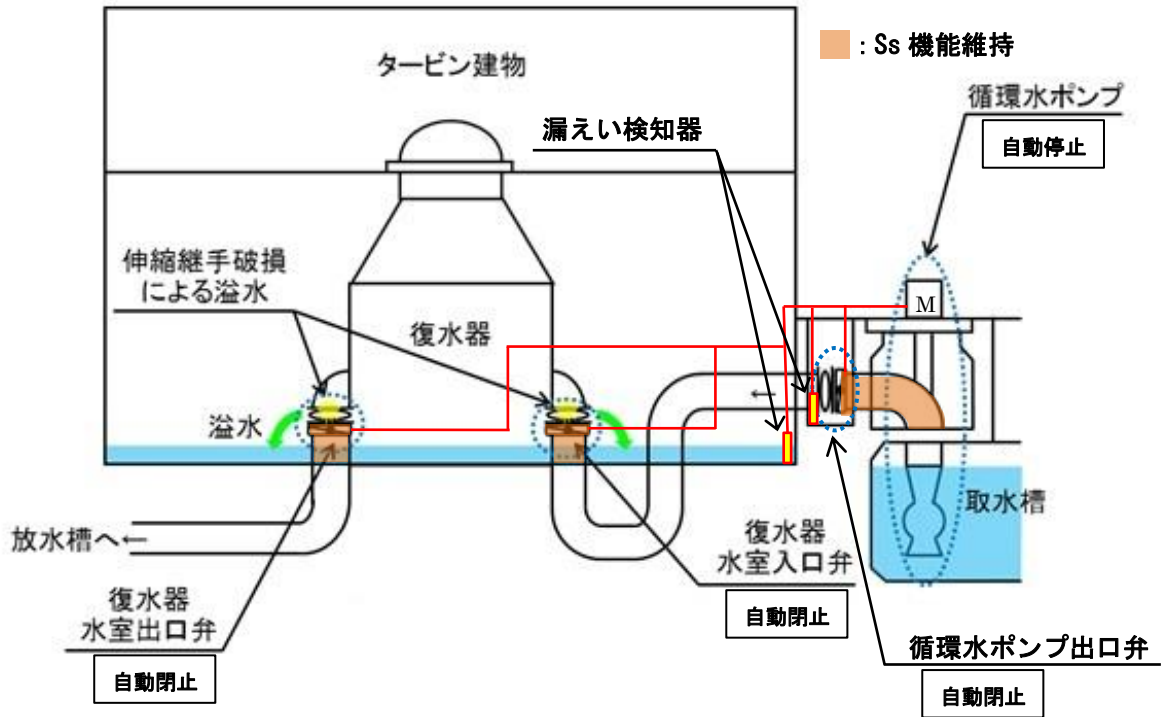


図3 循環水系概要図

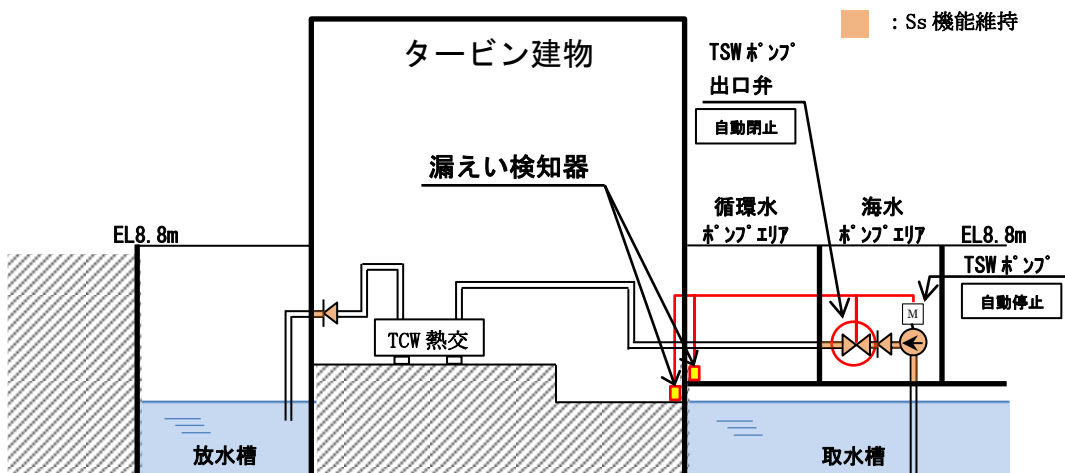


図4 タービン補機海水系概要図

タービン建物及び取水槽循環水ポンプエリアに設置する
耐震 S クラスの設備に対する浸水影響について

1. 概要

耐震 S クラスの設備を内包する建物及び区画として、原子炉建物、タービン建物、廃棄物処理建物、制御室建物、取水槽海水ポンプエリア、取水槽循環水ポンプエリア、屋外配管ダクト（復水貯蔵タンク～原子炉建物、タービン建物～排気筒、タービン建物～放水槽）及び燃料移送系配管ダクト並びに非常用ディーゼル燃料設備及び排気筒を敷設する区画があり、これらの範囲を浸水防護重点化範囲と設定している。

このうち、タービン建物及び取水槽循環水ポンプエリアについては、海域と接続する耐震 B, C クラスである循環水系配管等を設置しており、地震時には配管等の破損による保有水の溢水及び破損箇所を介した津波の流入を想定する範囲となる。

そのため、タービン建物及び取水槽循環水ポンプエリアに設置する耐震 S クラスの設備について、地震・津波時の浸水状況を考慮した浸水に対して、同区画に設置される津波防護対象設備の浸水による機能喪失要因の網羅的な抽出を踏まえ、浸水による影響がないことを確認する。タービン建物及び取水槽循環水ポンプエリアに設置する耐震 S クラスの設備を表 1 に、その配置を図 1 に示す。

なお、タービン建物及び取水槽循環水ポンプエリアに設置する耐震 S クラスの配管に、電動弁等の浸水により機能喪失する設備は設置していない。

表 1 タービン建物及び取水槽循環水ポンプエリアに設置する耐震Sクラスの設備

設置区画	設備	
タービン建物	原子炉補機海水系	配管・手動弁
		ケーブル
	高圧炉心スプレイ補機海水系	配管・手動弁
		ケーブル
	非常用ディーゼル発電機系	配管・手動弁
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機系	配管・手動弁	
	ケーブル	
非常用ガス処理系	配管・手動弁	
取水槽循環水ポンプエリア	原子炉補機海水系	配管・手動弁 (ストレーナ含む)
		ケーブル
	高圧炉心スプレイ補機海水系	配管・手動弁 (ストレーナ含む)
		ケーブル

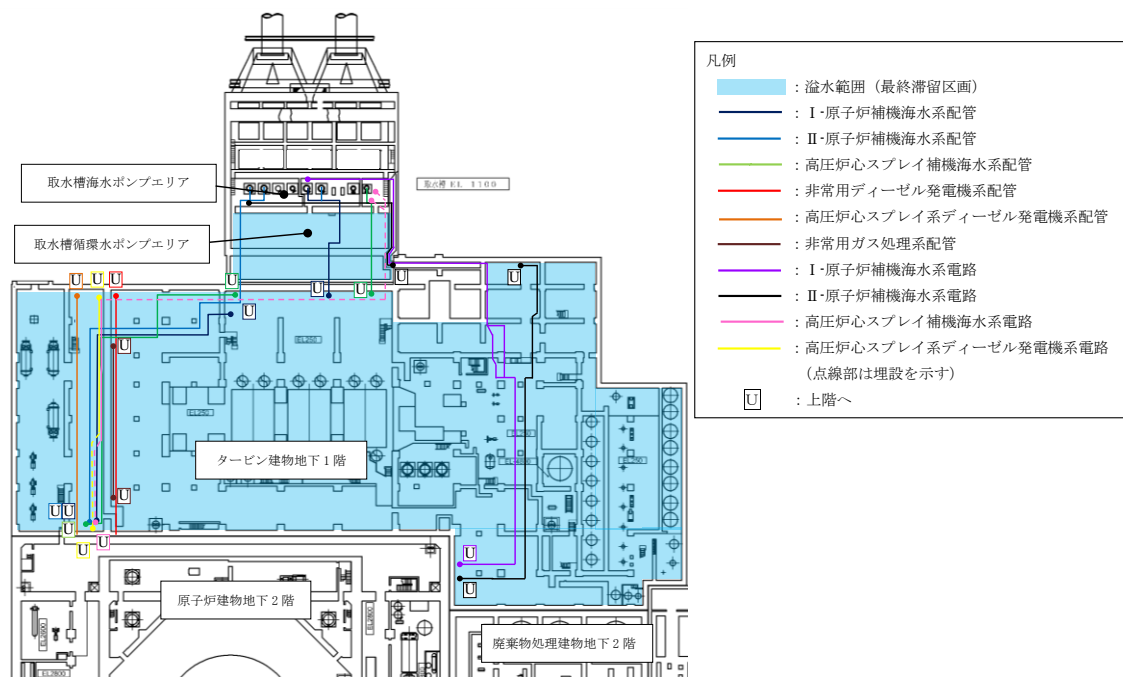


図 1 タービン建物及び取水槽循環水ポンプエリアに設置する耐震Sクラスの設備の配置

2. 耐震Sクラスの設備に対する浸水による機能喪失要因

抽出された耐震Sクラスの設備の浸水による影響有無を評価するため、機能喪失要因を抽出した。

タービン建物及び取水槽循環水ポンプエリアにおける地震・津波時の浸水状況を踏まえた範囲に設置する耐震Sクラスの設備に対する浸水による機能喪失要因を表2に示す。津波流入により生じる漂流物による配管等の損傷の可能性については、タービン建物及び取水槽循環水ポンプエリアに津波を流入させない対策(添付資料27参照)を実施することから、当該エリアに津波の流入はなく、漂流物は生じない。

表2 耐震Sクラスの設備に対する浸水による機能喪失要因

設備	設置区画	系統	機能喪失要因	
			水圧による損傷	電気接続部の没水
配管・手動弁 (ストレナ含む)	タービン建物	原子炉補機海水系	地震・津波時の浸水による水頭圧(外圧)により、配管の構造的損傷の可能性はある。	-
		高圧炉心スプレイ補機海水系		
		非常用ガス処理系		
		非常用ディーゼル発電機系		
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機系			
	取水槽循環水ポンプエリア	原子炉補機海水系		
高圧炉心スプレイ補機海水系				
ケーブル	タービン建物	原子炉補機海水系	地震・津波時の浸水による水頭圧(外圧)により、ケーブルの構造的損傷の可能性はある。	地震・津波時の浸水が電気接続部に接することにより、機能喪失する可能性がある。
		高圧炉心スプレイ補機海水系		
		高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機		
	取水槽循環水ポンプエリア	原子炉補機海水系		
		高圧炉心スプレイ補機海水系		

3. 機能喪失要因に対する評価

地震・津波時の浸水状況を踏まえ、抽出された機能喪失要因に対する評価を実施した。

(1) 水圧による損傷に対する評価及びケーブルの電気接続部の没水に対する評価

タービン建物に設置される耐震Sクラスの設備の水圧による損傷に対する評価及びケーブルの電気接続部に対する評価については、「第9条 溢水による損傷の防止等 9.1.4 タービン建物に設置されている防護対象設備について」において説明しており、地震・津波時の浸水による水圧に対して機能喪失しないこと、また電気接続部がないことを確認している。同様に、取水槽循環水ポンプエリアに設置される耐震Sクラスの設備の水圧による損傷に対する評価については、「第9条 溢水による損傷の防止等 添付資料1 機能喪失判定の考え方と選定された溢水防護対象設備について」において説明しており、地震・津波時の浸水による水圧に対して機能喪失しないことを確認している。具体的な内容を図2，図3に示す。

(2) 配管及びケーブルの溢水影響について

a. 評価条件について

9.1.3 の評価より、タービン建物における最大の溢水水位 EL4.9m に相当する水頭圧を外圧条件とした。

b. 評価結果

(a) 配管

没水時の外圧に対する健全性評価の例を表 9-10 に示す。なお、弁は配管に比べ肉厚であるため、配管の評価に包含される。配管の製造最小厚さから外圧に対する許容圧力を算出し、没水時の外圧に対する健全性を確認した。

(b) ケーブル

ケーブルはシース（難燃性特殊耐熱ビニル）で覆った構造であり、非常時の環境条件（静水圧換算：18m 以上）を考慮した設計であるため、没水時の外圧により機能喪失しない。また、海水に対する影響については、海水による浸水試験（試験時間：200 時間）を実施し、外観及び絶縁抵抗に影響がないことを確認している。なお、没水するケーブルについては溢水により機能を喪失する接続部（端子部）がないことを確認した。

表 9-10 タービン建物に敷設される配管の外圧に対する許容圧力

系統	原子炉補機海水系配管	高圧炉心スプレイ補機海水系配管	非常用ディーゼル発電機系配管	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機系配管	非常用ガス処理系配管
外径 Do[mm]	711.2	267.4	60.5	60.5	406.4
板厚 t[mm]	9.5	9.3	5.5	5.5	9.5
製造上最小厚さ ts[mm]	8.5	8.13	4.81	4.81	8.31
付録材料図表 Part7 により定まる値 B	9.7	55	110	110	34
材質	SM41C	STPT42	STPT42	STPT42	STPT42
水頭圧[MPa]	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
許容圧力 [MPa]*	0.15	2.22	11.6	11.6	0.92
許容圧力 > 水頭圧判定	○	○	○	○	○

※ 「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（JSME S NC1-2005/2007）」

「PPC-3411 直管（2）外圧を受ける直管」を準用した以下の式を用い、製造上の最小厚さから許容圧力を算定した値

$$t_s = \frac{3P_e D_0}{4B}$$

P_e : 許容圧力 [MPa]

t_s : 製造上の最小厚さ [mm]

D_0 : 管の外径 [mm]

B : 付録材料図表 Part7 により定まる値

9条-別添1-9-11

図 2 タービン建物に設置される耐震 S クラスの設備の水圧による損傷に対する評価及びケーブルの電気接続部に対する評価

2.3 溢水影響評価の対象外とする理由

(1) 「①溢水により機能を喪失しない」による対象外

溢水により機能を喪失しないとした防護対象設備について、没水時の健全性を評価した。表 2-4 に示すように、各建物の最大階高（当該床から上階床までの階高のうち最大となる値）に相当する水頭圧を外圧条件とした。

表 2-4 各建物の外圧条件

建物	水頭圧[m]	最大階高
原子炉建物	8	3 階～4 階
廃棄物処理建物	7	2 階～3 階
取水槽	10	床～防水壁天端

a. 配管及び弁

配管及び弁の没水時の外圧に対する健全性評価の例を表 2-5 に示す。

「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2005/2007」に基づき算出した機器の外圧に対する許容圧力が溢水水位による外圧を上回るため、健全性を維持できる。なお、弁は配管に比べ肉厚であるため、配管の評価に含まれる。

表 2-5 配管の没水時の外圧による影響評価結果（代表例）

建物	原子炉建物	廃棄物処理建物	取水槽
代表配管※1	700A-RSW-7A	200A-RCW-61A	700A-RSW-2A
外径 Do[mm]	711.2	216.3	711.2
板厚 t[mm]	9.5	8.2	9.5
製造上最小厚さ ts[mm]	8.5	7.17	8.5
付録材料図 表 Part7 により定まる値 B	15.9	89.5	16.6
材質	SM41C	STPT42	SM41C
許容圧力[MPa]※2	0.15	3.95	0.15
水頭圧[MPa]	0.08	0.07	0.10
許容圧力>水頭圧判定	○	○	○

※1 評価を実施するにあたり、各建物の対象配管のうち、保守的に外径(Do)/板厚(t)が最大となる配管を代表として選定した。なお、評価では内圧は大気圧とした。

※2 「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (JSME S NC1-2005/2007) PPC-3411 直管 (2) 外圧を受ける直管」を準用した以下の式を用い、製造上最小厚さから許容圧力を算定した値

$$t_s = \frac{3P_e D_0}{4B}$$

P_e : 許容圧力 [MPa]
 t_s : 製造上の最小厚さ [mm]
 D_0 : 管の外径 [mm]
 B : 付録材料図 表 Part7 により定まる値

9条-別添1-添付1-24

図 3 取水槽循環水ポンプエリアに設置される耐震 S クラスの設備の水圧による損傷に対する評価

1号炉取水槽流路縮小工について

1. はじめに

1号炉取水槽流路縮小工（以下、「流路縮小工」と記す）は、1号炉取水路を遡上する津波に対して、1号炉取水槽から敷地への津波の到達、流入を防止するために設置することから、2号炉申請の中で津波防護施設として整理している。流路縮小工の設置位置を図1に示す。

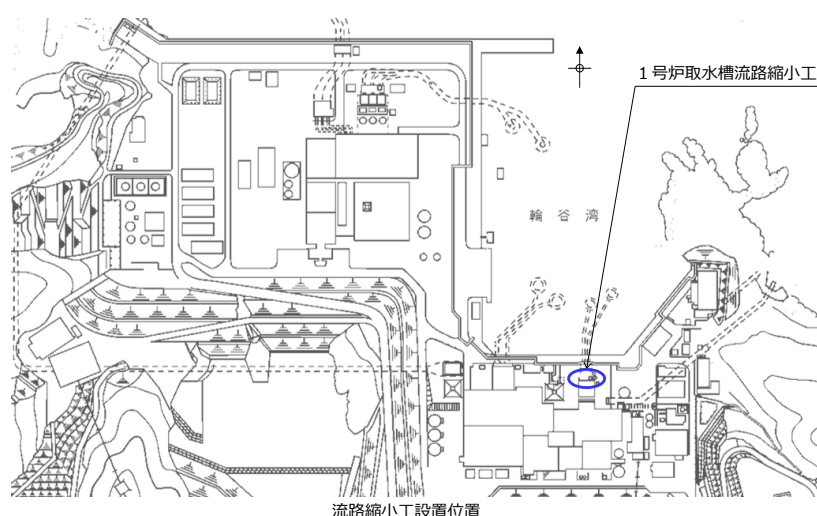


図1 流路縮小工設置位置

2. 流路縮小工設置による1号炉への影響について

(1) 流路縮小工の構造概要

a. 流路縮小工の構造（図2参照）


(a) 既設部

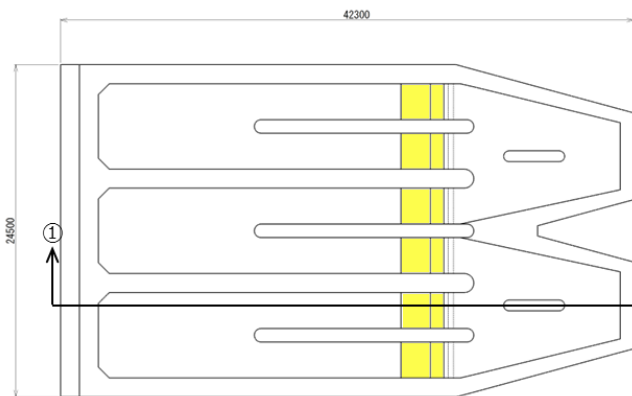
流路縮小工の既設部は、幅0.5m～1.0mの鉄筋コンクリート造の壁状構造物である。

(b) 新設部

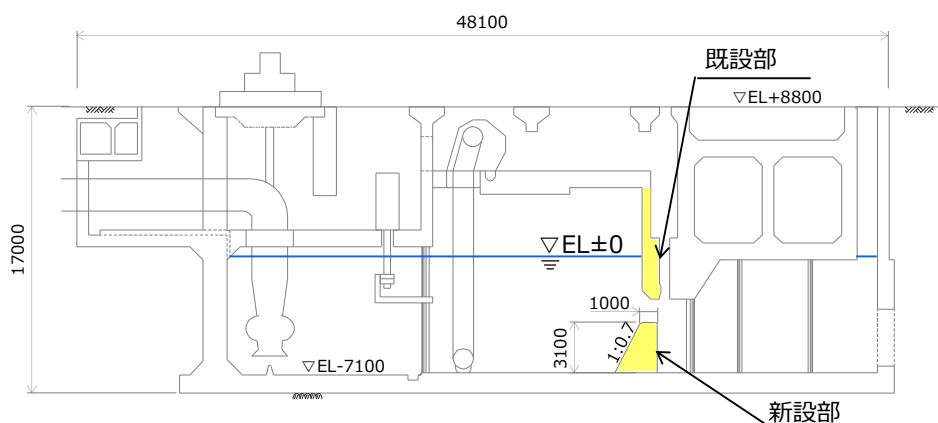
流路縮小工の新設部は、鉄筋コンクリート造の堰を取水槽底面に設置する。「建設省河川砂防技術基準（案）同解説 設計編[I]」によれば、「固定堰の本体はコンクリート構造を標準とする」とし、「コンクリート構造の固定堰の本体の横断面は、上流側のり面を鉛直あるいはこれに近い勾配とし、下流側のり面勾配を緩勾配として、堰頂に幅を与えた台形断面とし、力学的に安定条件を満足し、かつ水理学的に有利な断面とする」としている。また、下流側のり

面勾配は、「土地改良事業設計指針「ため池整備」(H27.5, 農林水産省)」によれば、水路内の流速が 4m/s 以下の越流堰の下流側のり面勾配は 1:0.7 程度とすることが多いとしている。以上の基準等に基づき新設部の構造を設定する。

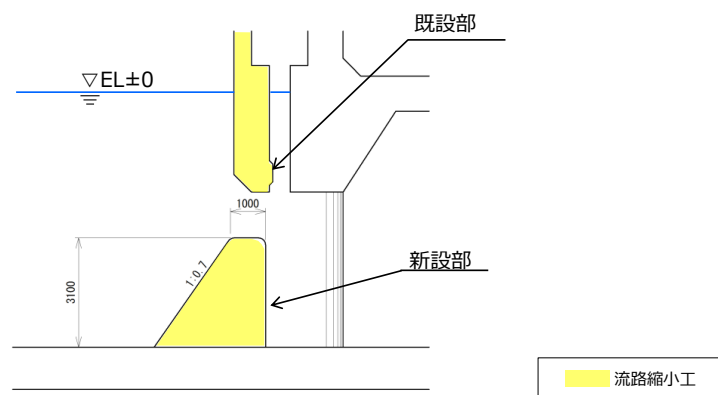
単位：mm 



平面図



①-①断面図



流路縮小工拡大図

図2 1号炉取水槽流路縮小工の構造図

(2) 流路縮小工設置による1号炉取水機能への影響について

a. 1号炉取水機能への影響について

1号炉に貯蔵中の使用済燃料の冷却は十分進んでおり、崩壊熱による発熱量は小さいため、使用済燃料プールの冷却が停止しても、その水温の上昇は緩やかな状況であるため、ここでは流路縮小工設置による原子炉補機海水ポンプへの取水性について評価した。

(a) 原子炉補機海水ポンプの取水性評価

流路縮小工設置後は、1号炉循環水ポンプは全台停止する運用とすることから、表1に示すとおり、流速が小さくなり、損失水頭は低下するため、流路縮小工設置により取水槽内の水位が低下することはなく、原子炉補機海水ポンプの取水機能への影響はない。

表1 流路縮小工設置による1号炉取水機能への影響

流路縮小工	循環水ポンプ状態	流量(m ³ /s)	水路断面積(m ²)	流速(m/s)
設置前	ポンプ運転時	28	約65	0.44
設置後	ポンプ停止時	1	約18	0.06

(b) 海生生物の付着による閉塞の可能性

1号炉取水槽の流路縮小工の開口部は、1箇所あたり高さ1.2m×幅2.65mであり、これまでの取水設備の点検結果から、海生生物の付着代は最大で5cm程度であることを確認していることから、海生生物の付着による閉塞の可能性はない。

なお、流路縮小工設置後においても定期的な点検と清掃を行う。

以上より、海生生物による流路縮小工の閉塞の可能性はない。

(3) 原子炉施設保安規定への影響

流路縮小工設置による1号炉における保安管理に関する事項として、原子炉施設保安規定（以下「保安規定」という。）上の影響について以下のとおりまとめた。

a. 1号炉の保安確保における該当条文

(a) 第143条（使用済燃料プールの水位および水温）

- ・使用済燃料プールの水位がオーバーフロー水位付近にあること
- ・使用済燃料プールの水温が65℃以下

b. 保安規定上直接影響がある条文

上記a.の該当条文の結果から流路縮小工設置に伴い関連する条文は以下のとおり。

(a) 第143条（使用済燃料プールの水位および水温）

- ・使用済燃料プールの冷却水として、原子炉補機冷却系を使用しているため
- c. 保安規定上の影響

(2)の結果から流路縮小工設置後においても、海水系(原子炉補機冷却海水系)に必要な流量は確保されていることから、保安規定上要求される事項への影響がないことを確認した。

3. 流路縮小工の保守管理について

流路縮小工については、津波防護施設としての機能及び1号炉取水機能を維持していくため、別途定める保全計画に基づき、適切に管理していく。具体的には、取水槽については定期的な抜水による点検・清掃等を実施する。

4. 流路縮小工(取水槽)の開口面積について

流路縮小工は、1号炉取水路から敷地への津波の流入を防止することに加え、1号炉の補機冷却海水ポンプの取水機能に影響を与えないことが求められる。

管路計算の結果を踏まえて、流路縮小工の開口面積を17.58m²とする構造としている。(2) a. (a)に示す通り、循環水ポンプを停止運用とすることにより、原子炉補機海水ポンプの必要流量に対し、十分な開口面積を確保している。

5. 流路縮小工部の異常の検知性について

流路縮小工部が閉塞する可能性はないと評価しているものの、仮に閉塞を仮定した場合の検知性について検討する。

流路縮小工が閉塞した場合、取水槽水位が低下傾向を示すため、「取水槽水位低」の警報が中央制御室において発報することにより検知可能であり、保安規定に紐づくQMS文書「設備別運転要領書 別冊 警報発生時の措置」に基づき対応が可能である。

6. まとめ

流路縮小工を設置することによる影響について、以下のとおり確認した。

(1) 1号炉取水機能への影響

1号炉に貯蔵中の使用済燃料の冷却は十分進んでおり、崩壊熱による発熱量は小さいため、使用済燃料プールの冷却が停止しても、その水温の上昇は緩やかな状況であることを踏まえ、流路縮小工の設置による取水機能への影響を以下のとおり確認した。

- a. 非常用海水系の取水機能への影響はない。
- b. 海生生物による流路縮小工部の閉塞の可能性はない。

- (2) 流路縮小工設置後においても、原子炉補機冷却海水系に必要な流量は確保されていることから、保安規定上要求される事項への影響がないことを確認した。
- (3) 流路縮小工については、津波防護施設としての機能及び1号炉取水機能を維持していくため、別途定める保全計画に基づき、適切に管理していく。
- (4) 流路縮小工の開口面積（17.58m²）は、原子炉補機冷却海水ポンプの必要流量から十分な開口面積である。
- (5) 流路縮小工部が閉塞する可能性はないと評価しているものの、仮に閉塞を仮定した場合の検知性について評価し、中央制御室で異常を検知（警報の確認）した後、保安規定に紐づくQMS文書「設備別運転要領書 別冊 警報発生時の措置」に基づき対応が可能であることを確認した。

1号炉取水槽流路縮小工の構造成立性

1号炉取水槽流路縮小工（以下、「流路縮小工」と記す）は津波防護施設であることから、基準地震動 S_s による地震荷重や基準津波による津波荷重に対し、構成する部材が概ね弾性域内に収まるよう設計する。

ここでは、地震荷重や津波荷重により流路縮小工を構成する部材が曲げやせん断に対する損傷以外に、津波時流速が作用した場合の構造成立性に関する既往知見について整理するとともに、それを踏まえ、流路縮小工の各部位が損傷して要求機能を喪失しうる事象（例えば、津波による作用水圧や縮小部の流速により躯体安定性が確保できない等）を整理する。これらの損傷モードの発生可能性を評価し、設計・施工上の配慮事項を整理した上で、構造成立性を示す。

(1) 津波時流速が作用した場合の構造成立性に関する既往知見の整理

流路縮小工の各部位が損傷して要求機能を喪失しうる事象の抽出にあたり、津波時流速が作用した場合の構造成立性に関する既往知見を整理した結果を以下に示す。

- ・津波時には、流路縮小工による開口部を津波が通過する。「建設省河川砂防技術基準（案）同解説設計編[I]」によれば、ダムの放水設備について、流水に接する構造物の表面は、流水による洗掘や摩耗の軽減に配慮して設計するとともに、流速が大きい場合には、渦や流水による摩耗や浸食の対策を考える必要があるとしている。
- ・「コンクリート診断技術[基礎編]’19（日本コンクリート工学会）」によれば、ダムや水路などの水路構造物は、流水に砂礫を含むとすりへりによる損傷が増大するとされている。
- ・流路縮小工は、流路断面が縮小されることから、流路縮小工前面と流路縮小工による開口部の間で津波流速の変化が生じる。「コンクリート診断技術[基礎編]’19（日本コンクリート工学会）」によれば、凹凸や急激な屈曲をもつコンクリート表面に沿って高速の水が流れる場合などに局所的な圧力低下が加わると、その下流は負圧となって空洞を生じ、水の流れが圧力の高いところへ移動すると水蒸気の気泡は急激に圧潰され壁面に大きな衝撃を与えて、ピッチング損傷を与えるとされている。

(2) 要求機能を喪失しうる事象の抽出

前述を踏まえ、流路縮小工各部位が損傷により要求機能を喪失しうる事象を抽出し、これに対する設計・施工上の配慮を整理した。表1及び表2に整理結果を示す。

表1 流路縮小工が要求機能を喪失しうる事象と設計・施工上の配慮事項（流路縮小工全体）

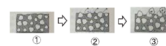
部位の名称	要求機能を喪失しうる事象	設計・施工上の配慮	照査
流路縮小工全体	<ul style="list-style-type: none"> 地震荷重や津波荷重により、縮小工が曲げやせん断破壊又は滑動することで、躯体全体の安定性を失い、要求機能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 曲げやせん断破壊については、地震荷重や津波荷重に対して躯体が弾性域内に収まるよう設計する。 滑動については、新設埋部の差筋を、埋部が滑動しないように詳細設計段階で設計する。 	○
	<ul style="list-style-type: none"> 急縮部・急拡部で発生する渦や流水によるすりへり(エロージョン摩耗※1)によって、形状に変化が生じ、津波防護機能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 「建設省河川砂防技術基準(案)同解説 設計編 [I]」によれば、エロージョン摩耗はすりへの一つであり、経年劣化による損傷である。 常時の流路縮小工急縮部の流速は0.06m/sと遅いことから、すりへりによる流路縮小工の健全性への影響は小さいと判断する。 	—

※1：エロージョン摩耗とは、液体粒子・固体粒子あるいは液体の流れが角度をなしてコンクリートに衝突することで生じる摩耗である。

表2 流路縮小工が要求機能を喪失しうる事象と設計・施工上の配慮事項（流路縮小工による開口部）

部位の名称	要求機能を喪失しうる事象	設計・施工上の配慮	照査
流路縮小工による開口部	<ul style="list-style-type: none"> 砂礫や目を含んだ津波の流入により、コンクリート表面にすりへり(アブレーション摩耗※)が発生することによって、開口部が広がり津波防護機能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 島根2号炉の基準津波における砂移動の検討結果から、津波時に流入する海水に砂礫はほとんど含まないこと、及び、目については、定期的に抜水し、清掃により目を除去する保守管理方針とすることから、すりへりによる流路縮小工の健全性への影響は小さいと判断した。 	—
	<ul style="list-style-type: none"> 急縮部に高速な津波が流れ込むことによる局所的な圧力降下によって、その下流は負圧となって空洞を生じ(キャビテーション)、圧力が高まる急拡部付近に移動すると、水蒸気の気泡は急激に圧潰され、壁面に損傷を与えることにより、形状に変化が生じ、流路縮小性能を喪失する(ピッチング損傷)。 	<ul style="list-style-type: none"> 「コンクリート診断技術[基礎編]19(日本コンクリート工学協会)」によれば、キャビテーション発生の限界流速は7.5m/s程度とされており、1号炉取水槽における津波時の流速は、管路解析の結果から最大でも2.5m/sであり、キャビテーションによる流路縮小工の健全性への影響は小さいと判断した。 	—

※ アブレーション摩耗とは砂等がコンクリート表面を転がったり滑ったりすることで、コンクリートを損失させる摩耗である。すりへの原因として砂礫等によるアブレーション摩耗が想定され三段階で進行する。
 ①コンクリート表面に近いモルタル層がすりへる。②モルタル層がすりへった後、粗骨材が露出し粗骨材自体がすりへる。③粗骨材が剥離する。



(3) 流路縮小工全体の構造成立性の見通しの確認

a. 概要及び評価方針

流路縮小工全体の構造成立性の見通しについて以下に示す。

流路縮小工は、図1に示すとおり、鉄筋コンクリート部材である堰及び壁で構成されており、津波防護施設であることから、部材が概ね弾性範囲内であることが求められる。堰は底版上に設置することから、底版が間接支持部材となっており、Sクラス施設に影響を与えないようにするため、部材が終局状態に至らないことが求められる。

以上のことから、各部材に必要な性能に係る許容限界は、表3に示すとおり設定する。

なお、側壁・隔壁についても、Sクラス施設に影響を与えないようにするため、部材が終局状態に至らないことを確認する。

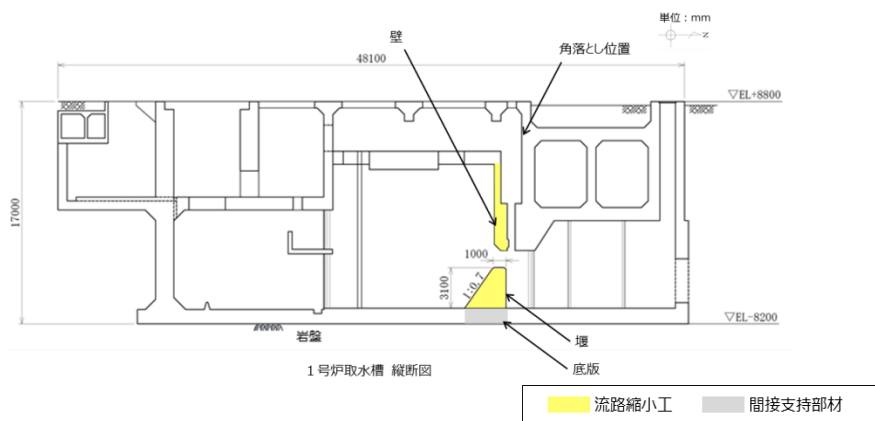
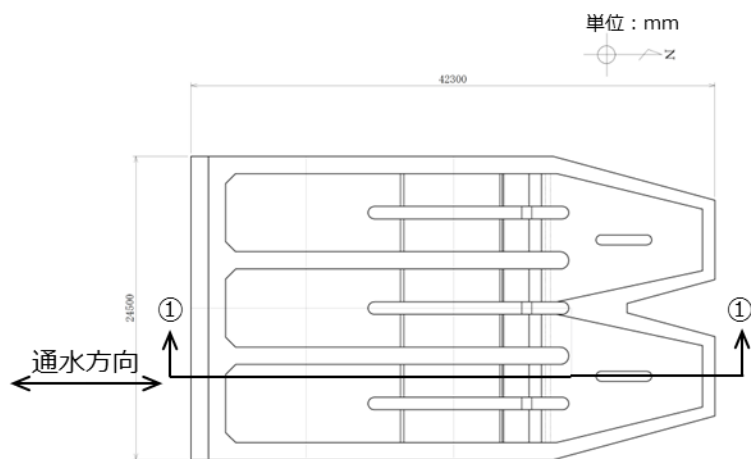


図1 流路縮小工の範囲及び流路縮小工間接支持部材

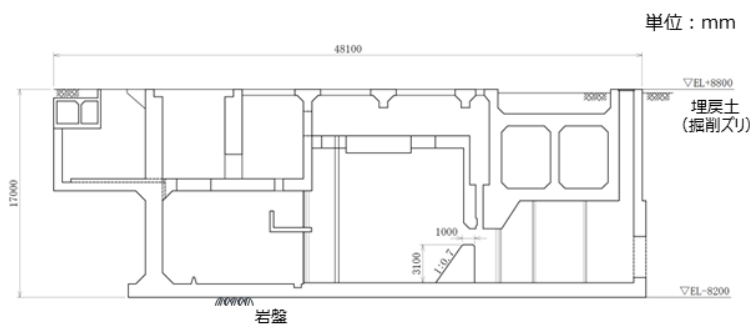
表3 要求機能に応じた許容限界

評価対象部位	堰・壁	側壁・隔壁・底板
目標性能	・鉄筋が降伏しない ・発生せん断力がせん断耐力以下	・部材が終局状態に至らない
設定理由	断面が降伏に至らない状態及びせん断耐力以下であれば、部材は概ね弾性範囲内に収まることから、鉄筋が降伏しないこと及び発生せん断力がせん断耐力以下であることを目標性能とする。	堰及び壁に影響を与えないようにするため、部材が終局状態に至らないことを目標性能とする。
限界状態	降伏耐力以下	終局耐力以下
主な照査指標・許容限界	曲げ	層間変形角<層間変形角1/100
	せん断	発生せん断力<せん断耐力

ここで、流路縮小工は、図2に示すとおり、地中構造物である1号炉取水槽内の鉄筋コンクリート部材で構成されている。よって、流路縮小工の構造成立性の確認において、部材の降伏耐力については「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002年）」に、部材の終局耐力については、「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会，2005）」に基づき、許容限界を表4に示すとおり設定して評価を行う。



平面図



①-①断面図

図2 1号炉取水槽の構造及び周辺状況

表4 流路縮小工の構造成立性の確認における許容限界

評価対象部位	変形モード	許容限界	
		指標	許容値
堰・壁	曲げ	圧縮ひずみ	2000 μ
		主筋ひずみ	1725 μ (SD345相当)
	せん断	発生せん断力	せん断耐力
側壁・隔壁 底板	曲げ	層間変形角	1/100
	せん断	発生せん断力	せん断耐力

b. 評価対象断面の設定

評価対象断面について、図3に示すとおり、流路縮小工の堰及び壁は、構造上の特徴から面外方向となる南北方向を、流路縮小工の間接支持部材である底板、及び側壁・隔壁は同様に面外方向となる東西方向を評価対象断面に設定する。

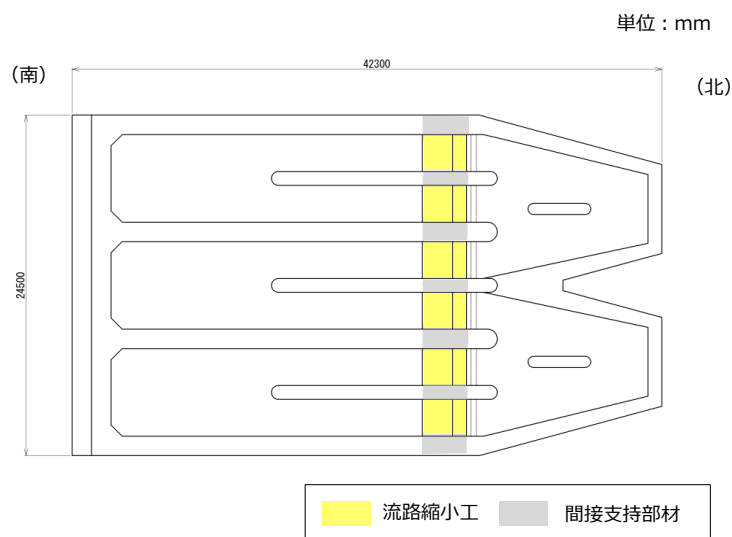


図3 流路縮小工の評価対象断面

c. 荷重組合せ

流路縮小工の設計においては、以下のとおり、常時荷重、地震荷重及び津波荷重を適切に組合せて設計を行う。

- ①地震時：常時荷重＋地震荷重
- ②津波時：常時荷重＋津波荷重
- ③重畳時：常時荷重＋津波荷重＋余震荷重

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

d. 荷重条件

流路縮小工の設計において考慮する荷重は、以下のように設定する。

(a) 常時荷重

自重を考慮する。

(b) 地震荷重

基準地震動 S_s を考慮する。なお、構造成立性の見通しの確認においては、基準地震動 S_s のうち、流路縮小工の水平方向 1 次固有周期における加速度応答スペクトルが最も大きい基準地震動 $S_s - D$ を用いる。

(c) 津波荷重

津波時の静水圧、流水圧を考慮する。

静水圧は、津波時及び重畳時において、以下の管路計算により算定された流路縮小工の上流側と下流側の水位差から算定し、上流側と下流側の水位差が最大となる時の水位差から求める。なお、重畳時は取水槽内の水位が最大となる時の水位差からも算定する。

- ・津波時（対象：日本海東縁部に想定される地震による津波（基準津波 1，2，3，5，及び 6））

流路縮小工上流側 EL+2.90m，流路縮小工下流側 EL+0.44m

- ・重畳時（対象：海域活断層に想定される地震による津波（基準津波 4））

流路縮小工上流側 EL+3.54m，流路縮小工下流側 EL+3.40m

流水圧は、流路縮小工が水中又は水面付近の部材で構成されることから、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会）」に基づく評価式により算定する。なお、津波の流速は、管路計算による流路縮小工地点の最大流速に基づき保守的に、津波時は 2.5m/s，重畳時は 1.0m/s と設定する。

(d) 余震荷重

海域活断層に想定される地震による津波荷重に組み合わせる余震荷重として、弾性設計用地震動 S_d による荷重を設定する。（添付資料 22 参照）

e. 評価方法

(a) 地震時

地震時の検討では，基準地震動 S_s に対する地震応答解析を実施し，部材に発生する断面力やひずみが許容限界を超えないことを確認する。評価対象部位は，流路縮小工である堰及び壁，並びに間接支持部材である底版及び側壁・隔壁とする。

地震時の荷重作用イメージは図4に示すとおりであり，動水圧は以下の Westergaard 式から算定する。

・動水圧 (Westergaard 式)

(Westergaard 式)

$$p_w = \frac{7}{8} \times c \times \gamma_w \times \sqrt{(h \times y)} \times Kh$$

ここに，

p_w : 動水圧 (tf/m²)

Kh : 水平震度

c : 補正係数

$L/h < 1.5$ の場合 : $c=L/(1.5h)$

$L/h \geq 1.5$ の場合 : $c=1.0$

L : 水路幅 (m)

γ_w : 内水の単位体積重量 (tf/m³)

h : 水深 (m)

y : 水面から動水圧を求める点までの深さ (m)

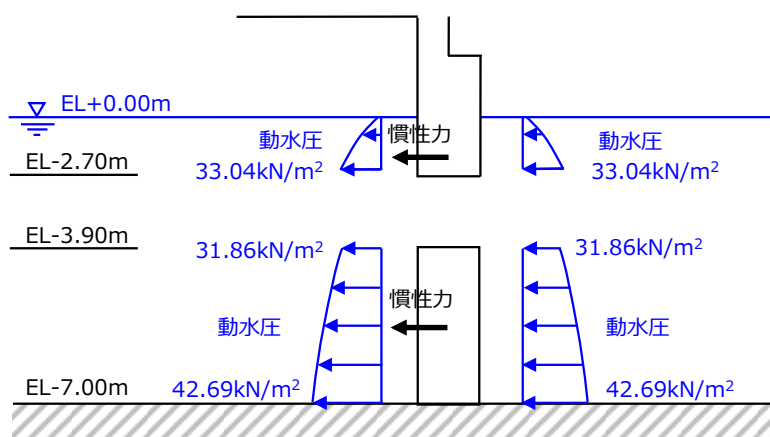


図4 地震時の荷重作用イメージ

(b) 津波時

津波時の検討では，図5のように津波荷重を作用させ，部材に発生する断面力やひずみが許容限界を超えないことを確認する。評価対象部位は，津波荷重である静水圧及び流水圧が南北方向に作用することから，流路縮小工である堰及び壁とする。

流水圧は下式から求めた流体力を用いて算定する。

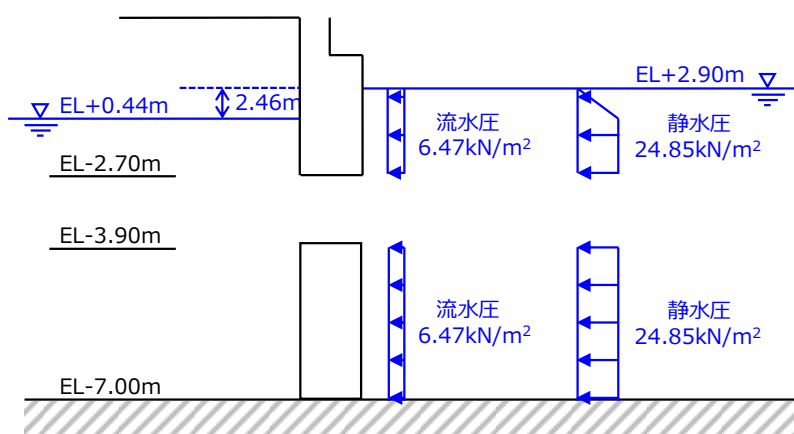
・ 流体力

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \rho_0 A U^2$$

F_D : 流体力(kN), C_D : 抗力係数 (保守的に最大値 2.01 とする)

ρ_0 : 水の密度 (海水 1.03t/m³)

A : 流れの方向の物体の投影面積 (m²), U : 流速 (m/s)



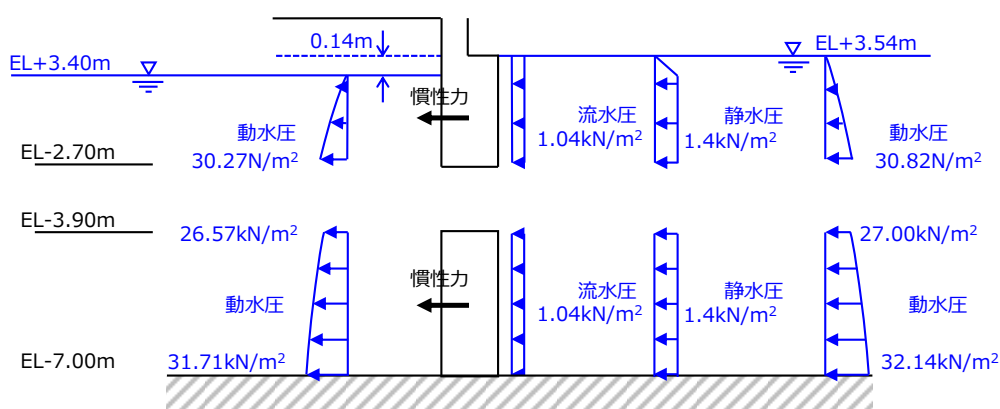
- ※ 静水圧は，構造物上下流の水位差分の荷重として載荷した
- ※ 壁に作用する静水圧および流体力は，保守的に壁全面に一様荷重として載荷した

図5 津波時の荷重作用イメージ

(c) 重畳時

重畳時の検討では、図6のように余震荷重及び津波荷重を作用させ、部材に発生する断面力やひずみが許容限界を超えないことを確認する。評価対象部位は、津波時同様、流路縮小工である堰及び壁とする。動水圧及び静水圧は前述のとおり算定する。

構造成立性の見通しの確認では、流路縮小工に作用する荷重が大きい、管路計算による1号炉取水槽内の水位が最大となる時の静水圧及び動水圧を考慮する。



- ※ 静水圧は、構造物上下流の水位差分の荷重として載荷した
- ※ 動水圧は、保守的に内水位が最高水位EL+3.54mとして算定した
- ※ 壁に作用する静水圧、流体力および動水圧は、保守的に壁下端で算定した荷重による一様荷重として載荷した

図6 重畳時の荷重作用イメージ

(d) 作用荷重を踏まえた構造成立性の見通しの確認における検討ケースの絞り込み

流路縮小工である堰や壁に作用する地震時及び津波時における荷重を比較すると、前述のとおり、地震時の作用荷重の方が大きいことから、構造成立性見通しの確認においては、地震時について評価を行う。

f. 評価式

評価式を以下に示す。

(a) 流路縮小工（堰及び壁）

- 曲げに対する評価式

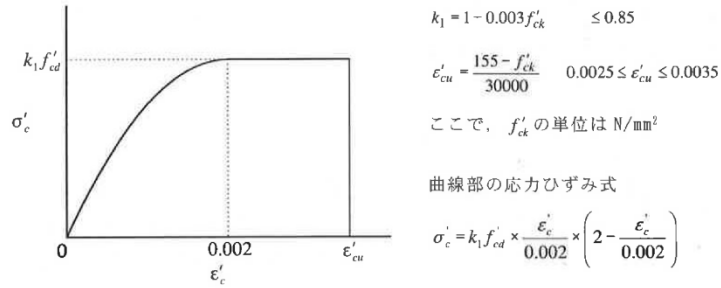


図 3.2.1 コンクリートの応力-ひずみ曲線

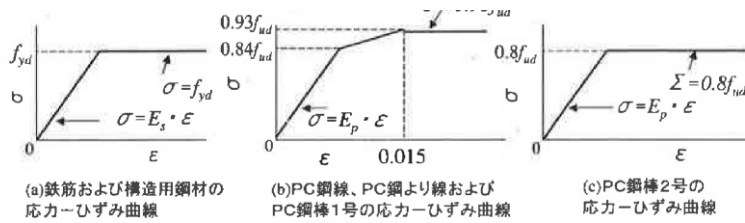


図 3.3.1 鋼材のモデル化された応力-ひずみ曲線

「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002年）」から抜粋

・せん断に対する評価式

6.3.3 棒部材の設計せん断耐力

(1) 設計せん断耐力 V_{yd} は、式 (6.3.2) によって求めてよい。

ただし、せん断補強鉄筋として折曲鉄筋とスターラップを併用する場合は、せん断補強鉄筋が受け持つべきせん断力の 50 % 以上をスターラップで受け持たせるものとする。

$$V_{yd} = V_{cd} + V_{sd} + V_{ped} \quad (6.3.2)$$

ここに、 V_{cd} : せん断補強鋼材を用いない棒部材の設計せん断耐力で、式 (6.3.3) による。

$$V_{cd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot f_{vcd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_b \quad (6.3.3)$$

$$f_{vcd} = 0.20 \sqrt[3]{f_{cd}} \quad (\text{N/mm}^2) \quad \text{ただし } f_{vcd} \leq 0.72 \quad (\text{N/mm}^2) \quad (6.3.4)$$

$$\beta_d = \sqrt[4]{1/d} \quad (d: \text{m}) \quad \text{ただし, } \beta_d > 1.5 \text{ となる場合は } 1.5 \text{ とする。}$$

$$\beta_p = \sqrt[3]{100P_v} \quad \text{ただし, } \beta_p > 1.5 \text{ となる場合は } 1.5 \text{ とする。}$$

$$\beta_n = 1 + M_0 / M_d \quad (N'_d \geq 0 \text{ の場合}) \quad \text{ただし, } \beta_n > 2 \text{ となる場合は } 2 \text{ とする。}$$

$$= 1 + 2M_0 / M_d \quad (N'_d < 0 \text{ の場合}) \quad \text{ただし, } \beta_n < 0 \text{ となる場合は } 0 \text{ とする。}$$

N'_d : 設計軸方向圧縮力

M_d : 設計曲げモーメント

M_0 : 設計曲げモーメント M_d に対する引張縁において、軸方向力によって発生する応力を打ち消すのに必要な曲げモーメント

b_w : 腹部の幅

d : 有効高さ

$$P_v = A_s / (b_w \cdot d)$$

A_s : 引張側鋼材の断面積

f_{cd} : コンクリートの設計圧縮強度で、単位は N/mm^2 である。

γ_b : 一般に 1.3 としてよい。

V_{sd} : せん断補強鋼材により受け持たれる設計せん断耐力で、式 (6.3.5) による。

$$V_{sd} = [A_w f_{wyd} (\sin \alpha_s + \cos \alpha_s) / s_s + A_{pw} \sigma_{pw} (\sin \alpha_p + \cos \alpha_p) / s_p] z / \gamma_b \quad (6.3.5)$$

A_w : 区間 s_s におけるせん断補強鉄筋の総断面積

A_{pw} : 区間 s_p におけるせん断補強用緊張材の総断面積

σ_{pw} : せん断補強鉄筋降伏時におけるせん断補強用緊張材の引張応力度

$$\sigma_{pw} = \sigma_{wpe} + f_{wyd} \leq f_{pyd}$$

σ_{wpe} : せん断補強用緊張材の有効引張応力度

f_{wyd} : せん断補強鉄筋の設計降伏強度で、 400 N/mm^2 以下とする。ただし、コンクリート圧縮強度の特性値 f_{ck} が 60 N/mm^2 以上の時は、 800 N/mm^2 以下としてよい。

f_{pyd} : せん断補強用緊張材の設計降伏強度

α_s : せん断補強鉄筋が部材軸となす角度

α_p : せん断補強用緊張材が部材軸となす角度

s_s : せん断補強鉄筋の配置間隔

s_p : せん断補強用緊張材の配置間隔

z : 圧縮応力の合力の作用位置から引張鋼材図心までの距離で、一般に $d/1.15$ としてよい。

γ_b : 一般に 1.10 としてよい。

V_{ped} : 軸方向緊張材の有効引張力のせん断力に平行な成分で、式 (6.3.6) による。

$$V_{ped} = P_{ed} \cdot \sin \alpha_p / \gamma_b \quad (6.3.6)$$

P_{ed} : 軸方向緊張材の有効引張力

α_p : 軸方向緊張材が部材軸となす角度

γ_b : 一般に 1.10 としてよい。

「コンクリート標準示方書[構造性能照査編] (土木学会, 2002 年)」から抜粋

(b) 底版及び側壁・隔壁

・曲げに対する評価式

6.2 耐震性能照査1—曲げ系の破壊に対する照査

図6.2-1に示すとおり、曲げ系の破壊とせん断破壊の2項目に対して安全性の確認を行う。本節および次節では、これらの照査、特に限界値の設定について述べるが、照査に先立って、構造系として安定した挙動を示していることを応答変形の履歴により確認しておくことが重要である。

曲げ系の破壊に対して耐力照査を行う場合や、一般的な屋外重要土木構造物で想定される範囲を超える高軸力部材に対して軸力照査を行う場合は、「示方書[構造性能照査編]」に準拠する。

機器・配管の機能維持のために要求される照査項目については、機器・配管の設置条件に依存するため、本マニュアルでは記述しない。

本マニュアルでは計算による照査を取り扱うが、実験に基づいて実証的に照査することを妨げるものではない。

6.2.1 一般

応答変形と限界変形の比に構造物係数を乗じた数値が、1.0を下回ることの確認をもって曲げ系の破壊に対する照査とする。

限界状態は、部材断面の圧縮縁コンクリートひずみが1.0% (10000×10^{-6}) に至った状態とする。これに対応する限界値として、以下に示す4通りの中から選択することができる。

(1) 圧縮縁コンクリートひずみ1.0%

材料非線形解析（ファイバーモデルを含む）によって応答を求める場合、ひずみを直接出力することが可能なので、上記を直接限界値とすることができる。

(2) 圧縮縁コンクリートひずみ1.0%に対応する曲率

部材非線形解析によって応答を求める場合、圧縮縁コンクリートひずみ1.0%に対応する曲率を断面計算等によって算定し、それを限界値とすることができる。応答解析の結果、材端でなく部材の中間部で降伏が発生した場合は、当該箇所を曲率で照査することを基本とする。

(3) 圧縮縁コンクリートひずみ1.0%に対応する層間変形角

部材非線形解析によって応答を求める場合、圧縮縁コンクリートひずみ1.0%に対応する層間変形角を6.2.3項に示す式によって算定し、それを限界値とすることができる。ただし、6.2.3項に示す式の適用条件を満たさない場合は(2)もしくは(4)の選択肢を取る。

(4) 層間変形角1/100

部材非線形、材料非線形を問わず、応答層間変形角が1/100以下であれば、上記の基準を保證したものとみなす。

ただし、耐久性能照査の限界状態を、『鉄筋に腐食が発生しない』でなく、『鉄筋腐食に起因するひび割れが発生しない』とする場合には、各限界値を80%に低減する¹⁾。

「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会，2005）」から抜粋（赤枠を加筆）

・せん断に対する評価式

6.3 耐震性能照査 2—せん断破壊に対する照査

6.3.1 一般

応答せん断力とせん断耐力の比に構造物係数を乗じた数値が、1.0を下回ることの確認をもってせん断破壊に対する照査とする。せん断耐力は、以下の3つの選択肢のいずれかを用いて評価する。

(1) せん断耐力評価式

(2) 分布荷重を受ける部材のせん断耐力評価法

分布荷重を受ける部材については、せん断耐力評価式を応用して、より合理的な評価を行うことができる。本マニュアルでは、「等価せん断スパン比を用いた方法」と「線形被害則を用いた方法」の2法を示す。

(3) 材料非線形解析を用いる方法

ここでいう材料非線形解析とは、せん断耐力を求めるために用いる解析法を指し、応答解析で用いる解析とは区別している。部材が複雑な形状を有するなどの場合、これを選択できる。

(1)→(2)→(3)の順で、より合理的な結果が得られる反面、計算労力は増大する。これらは、適宜選択して照査を効率的に進めることができる。(1)で全部材の照査を行った後、不合格と判定される部材だけを取り出して(2)や(3)で再照査を行うという考え方がとれる。ただし、(2)の中の「等価せん断スパン比を用いた方法」と「線形被害則を用いた方法」を同一構造物の異なる部材に対して使い分けることはできない。

照査に用いるせん断力は、部材非線形解析で応答を求める場合、算出されるせん断力そのものを用いることを基本とする。ただし、解析手法、解析における変形の程度、構造物の部位によっては、曲げモーメントを応答から換算した方が、合理的な場合がある。材料非線形解析で応答を求める場合は、応力の応答値を積分するなどしてせん断力を算出する。なお、具体的な照査断面位置は各手法の中で記述する。

ここに記載するせん断耐力評価法は、せん断破壊の判定が無い部材非線形モデルで応答解析を行った場合を想定している。せん断破壊の判定基準を持つ材料非線形モデルによる応答解析を行えば、せん断破壊も含めて応答解析の中で終局状態の判定結果を得ることができる。現時点では、部材のせん断破壊耐力の評価精度は良好で実用のレベルにあるが、ひずみ量あるいは変形量による評価精度は実用のレベルには至っていないと判断されるため、上記のように耐力照査に適用することとする。ただし、部材のせん断破壊評価において、これに替わる十分な照査方法(指標)が見出された場合には、その使用を妨げるものではない。

なお、面部材が面外せん断力あるいは面内せん断力を受ける場合については、「示方書【構造性能照査編】」に準拠して行うものとする。

a. 棒部材式

$$V_{sd} = V_{cd} + V_{sd} \quad (6.3-3)$$

ここに、 V_{cd} : コンクリートが分担するせん断耐力

V_{sd} : せん断補強鉄筋が分担するせん断耐力

$$V_{cd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot \beta_s \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_{bc} \quad (6.3-4)$$

$$f_{ctd} = 0.20 \sqrt{f_{cd}} \quad \text{ただし, } f_{cd} > 0.72 \text{ [N/mm}^2\text{]} \text{ となる場合は } f_{ctd} = 0.72 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\beta_d = \sqrt[3]{l/d} \quad (d \text{ [m]}) \quad \text{ただし, } \beta_d > 1.5 \text{ となる場合は } \beta_d = 1.5$$

$$\beta_p = \sqrt[3]{100 p_v} \quad \text{ただし, } \beta_p > 1.5 \text{ となる場合は } \beta_p = 1.5$$

$$\beta_n = 1 + M_0 / M_d \quad (N'_d \geq 0) \quad \text{ただし, } \beta_n > 2.0 \text{ となる場合は } \beta_n = 2.0$$

$$= 1 + 2M_0 / M_d \quad (N'_d < 0) \quad \text{ただし, } \beta_n < 0 \text{ となる場合は } \beta_n = 0$$

$$\beta_s = 0.75 + \frac{1.4}{a/d} \quad \text{ただし, } \beta_s < 1.0 \text{ となる場合は } \beta_s = 1.0$$

($a/d = 5.6$ で $\beta_s = 1.0$ となって示方書棒部材式に一致)

$p_v = A_s / (b_w \cdot d)$: 引張鉄筋比

A_s : 引張側鋼材の断面積

b_w : 部材の有効幅

N'_d : 設計軸圧縮力

M_d : 設計曲げモーメント

$M_0 = N'_d \cdot D / 6$: M_d に対する引張縁において、軸方向力によって発生する応力を打消すのに必要なモーメント (デコンプレッションモーメント)

D : 断面高さ

a : 後述の(3)で定めるスパン

γ_{bc} : 部材係数 (表 6.1-1 参照, コンクリート寄与分用の値)

$$V_{sd} = \{ A_s f_{syd} (\sin \alpha + \cos \alpha) / s \} z / \gamma_{ss} \quad (6.3-5)$$

A_s : 区間 s におけるせん断補強鉄筋の総断面積

f_{syd} : せん断補強鉄筋の降伏強度で、 400 N/mm^2 以下とする。ただし、コンクリート圧縮強度の特性値 f_{ck} が 60 N/mm^2 以上のときは、 800 N/mm^2 以下としてよい。(特性値を材料係数で除したもの)

α : せん断補強鉄筋と部材軸のなす角度

s : せん断補強鉄筋の配置間隔

z : 圧縮応力の合力の作用位置から引張鋼材圆心までの距離で、一般に $d/1.15$ としてよい。

γ_{ss} : 部材係数 (表 6.1-1 参照, せん断補強鉄筋寄与分用の値)

「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル (土木学会, 2005)」から抜粋

g. 評価結果

評価結果を表5に示す。

流路縮小工は、地震荷重や津波荷重に対して十分な安定性を有しており、構造成立性が見通しがあることを確認した。

なお、本評価結果は暫定条件を用いた評価結果であることから、正式条件を用いた評価結果は詳細設計段階で示す。

表5 流路縮小工の評価結果
(曲げに対する評価結果)

評価対象部位	目標性能	照査結果					
		照査項目	基準地震動	設計値 (A)	許容値 (B)	照査値 (A) / (B)	判定 (照査値 < 1.00)
堰	降伏耐力以下	圧縮ひずみ	Ss-D	209 μ	2000 μ	0.11	OK
		主筋ひずみ	Ss-D	1132 μ	1725 μ	0.66	OK
壁		圧縮ひずみ	Ss-D	30 μ	2000 μ	0.02	OK
		主筋ひずみ	Ss-D	305 μ	1725 μ	0.18	OK
底版	終局耐力以下	圧縮ひずみ	Ss-D	59 μ	2000 μ	0.03	OK
		主筋ひずみ	Ss-D	61 μ	1725 μ	0.04	OK
側壁・隔壁		層間変形角	Ss-D	1/4752	1/100	0.03	OK

(せん断に対する評価結果)

評価対象部位	目標性能	照査結果					
		照査項目	基準地震動	設計値 (A)	許容値※ (B)	照査値 (A) / (B)	判定 (照査値 < 1.00)
堰	降伏耐力以下	せん断	Ss-D	340 kN	996 kN	0.35	OK
壁			Ss-D	115 kN	177 kN	0.65	OK
底版	終局耐力以下		Ss-D	185 kN	954 kN	0.21	OK
側壁・隔壁			Ss-D	728 kN	855 kN	0.86	OK

※：せん断耐力は、いずれも材料非線形解析を使用せず、「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002年）」に基づき算定した値を示す。

1 号炉取水槽流路縮小工設置に伴う水位の変化について

1. 1 号炉取水施設の概要

1 号炉取水槽内への流路縮小工の設置に伴い、取水槽内の水位を確認する。1 号炉取水施設の平面図を図 1 に断面図を図 2 に示す。

2. 計算条件

管路計算は、取水口における水位の時刻歴波形を入力条件、取水槽におけるポンプ取水量（循環水ポンプ停止時の取水量を設定）を境界条件として実施する。取水経路は開水路区間と管路区間が混在するため、微小区間に分割した水路の各部分が、開水路状態か管路状態かを逐次判定し、管路区間はその上下流端の開水路区間の水位（自由水面の水位）を境界条件として流量計算を行う。開水路区間は、開水路の一次元不定流の式により流量・水位を計算する。

管路計算に使用するモデルは、外海にある取水口から取水槽を管路モデルや節点で結び、損失水頭のうち管路内の摩擦は各管路モデルで、それ以外の損失は各節点で表現するように、詳細にモデル化した。（詳細な条件等については、添付資料 6 を参照）

1 号炉取水施設の管路計算に用いたモデルを図 3 に示す。

3. 計算結果

上記の結果、最大の入力津波高さに外郭防護の裕度評価において参照する高さである 0.74m を考慮しても、1 号炉取水槽の天端高さである EL+8.8m を越えないことを確認した。（表 1 参照）

また、1 号炉取水槽の浸水範囲を図 4 に、最大水位上昇量を示したケースの時刻歴波形を図 5 に示す。なお、対策前の取水槽の時刻歴波形を図 6 に示す。

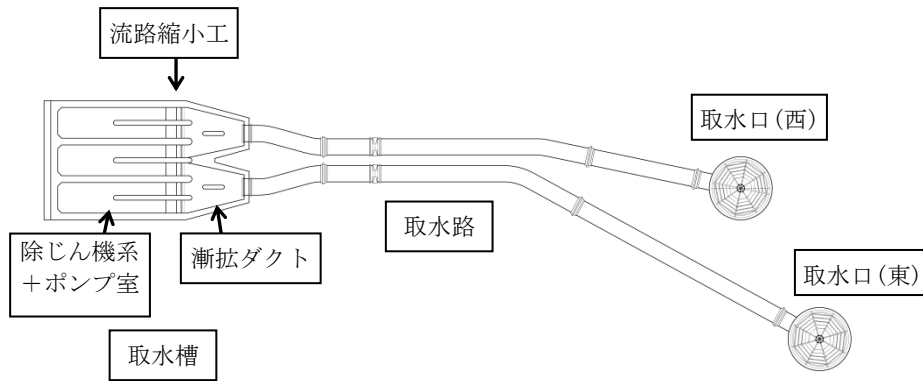


図1 平面図 (1号炉取水施設)

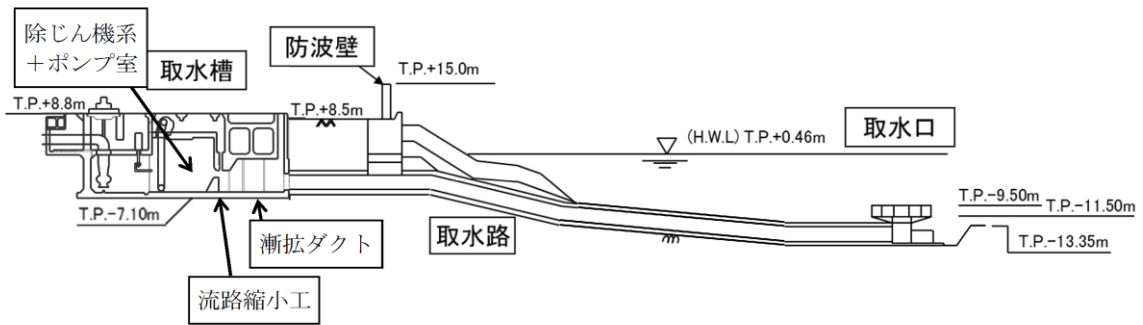


図2 断面図 (1号炉取水施設)

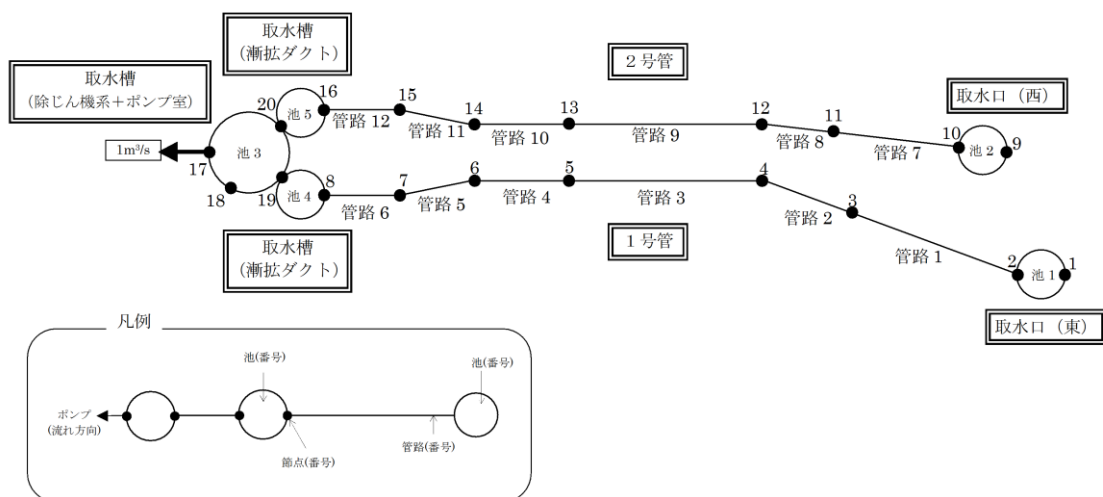


図3 1号炉取水施設の管路計算モデル

表1 基準津波による取水槽水位の結果

波源	防波堤有無	貝付着有無	循環水ポンプ運転状況	1号炉取水槽の入力津波高さ EL (m)				
				対策後*			(参考)対策前	
				漸拡ダクト部		除じん機系+ポンプ室(池3)	取水槽	
				(東ルート)(池4)	(西ルート)(池5)			
日本海東縁部	基準津波1	有り	有り	停止	+6.6	+6.6	+6.5	+7.2
			無し	停止	+6.9	+6.9	+6.8	+7.7
		無し	有り	停止	+7.4	+7.4	+7.3	+8.2
			無し	停止	<u>+7.9</u> [+7.86]	+7.8	<u>+7.7</u> [+7.65]	+9.2
	基準津波2	有り	有り	停止	+6.2	+6.2	+6.1	+6.8
			無し	停止	+6.5	+6.4	+6.3	+7.3
基準津波5	無し	有り	停止	+5.4	+5.3	+5.3	+7.6	
		無し	停止	+7.3	+7.2	+7.1	+8.1	
海域活断層	基準津波4	有り	有り	停止	+2.7	+2.7	+2.7	+3.0
			無し	停止	+2.7	+2.6	+2.6	+3.0
		無し	有り	停止	+2.9	+2.9	+2.9	+3.4
			無し	停止	+3.1	+3.1	+3.1	+3.8
	海域活断層上昇側最大となるケース	有り	有り	停止	+2.4	+2.4	+2.4	+2.6
			無し	停止	+2.4	+2.3	+2.3	+2.6
		無し	有り	停止	+2.8	+2.8	+2.8	+3.2
			無し	停止	+3.0	+2.9	+2.9	+3.5

※下線部が最大水位上昇量の値

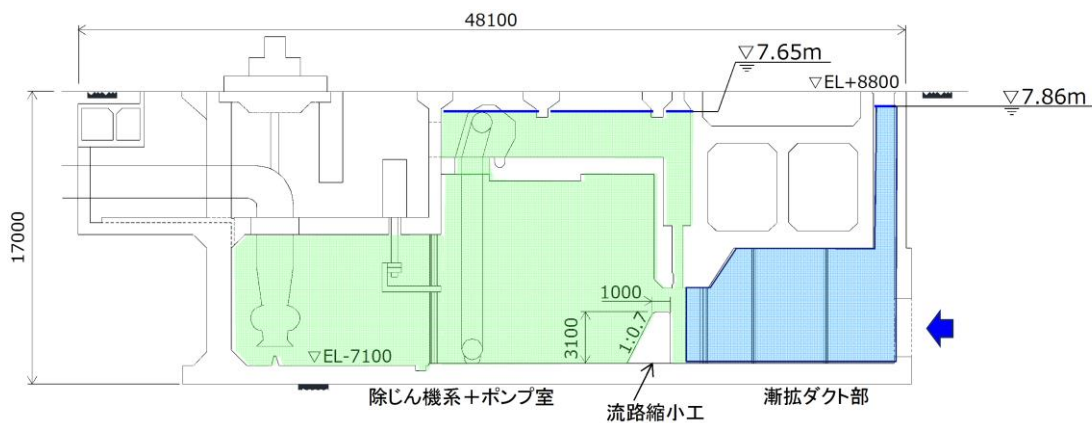
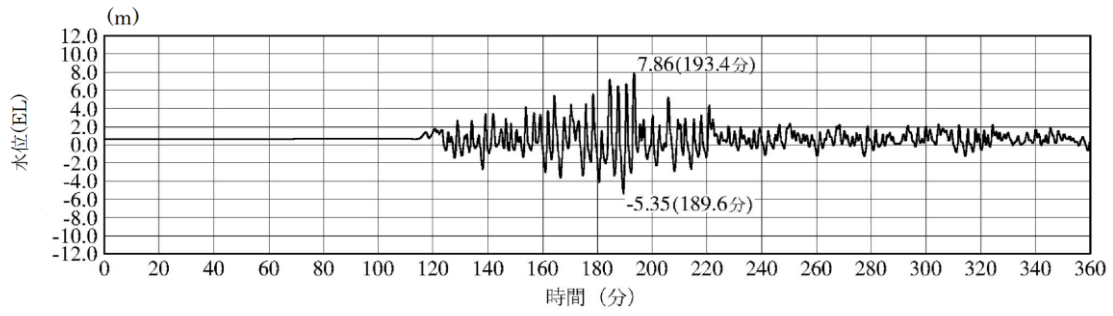
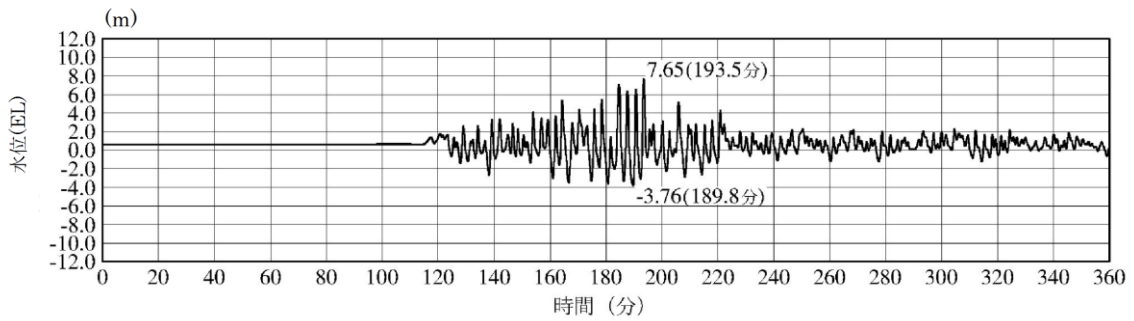


図4 1号炉取水槽流路縮小工による浸水範囲*

※ 漸拡ダクト部，除じん機系+ポンプ室の最大水位上昇量を図に示す。
(基準津波1 防波堤無し 貝無し)



漸拡ダクト (東ルート)



除じん機系+ポンプ室

図5 時刻歴波形 (基準津波1 防波堤無し 貝付着無し)

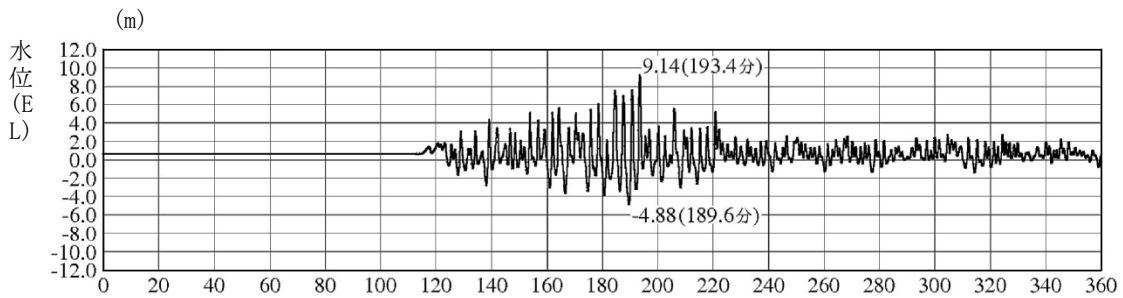


図6 対策前の取水槽の時刻歴波形 (基準津波1 防波堤無し 貝付着無し)

取水槽除じん機エリア防水壁及び取水槽除じん機エリア水密扉の
設計方針及び構造成立性の見通しについて

1. はじめに

(1) 防水壁及び水密扉に要求される機能

鋼構造の取水槽除じん機エリア防水壁（以下、「防水壁」とする）及び取水槽除じん機エリア水密扉（以下、「水密扉」とする）は2号炉取水槽に設置する。防水壁及び水密扉の平面位置図を図1に、概要図を図2に示す。

浸水防止設備として防水壁及び水密扉に求められる要求機能は、取水口から流入する津波の敷地への浸水を防止すること、基準地震動 S_s に対し要求される機能を損なうおそれがないよう、構造物全体として十分な構造強度を有することである。

上記の機能を確保するため、入力津波に対し余裕を考慮した防水壁及び水密扉の高さを確保するとともに、構造体の境界部等の止水性を維持し、基準地震動 S_s に対し止水性を損なわない構造強度を有した構造物とする。

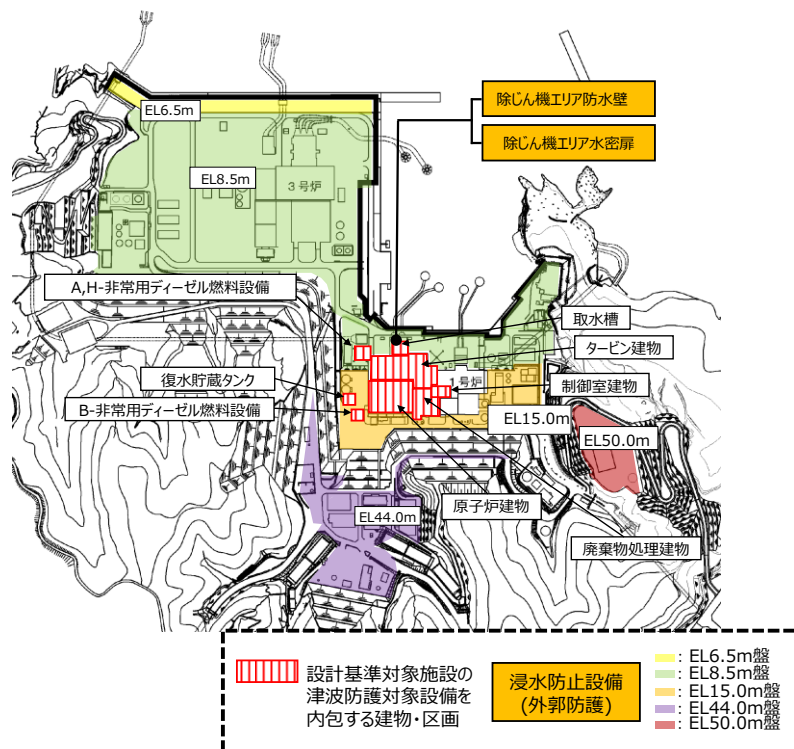
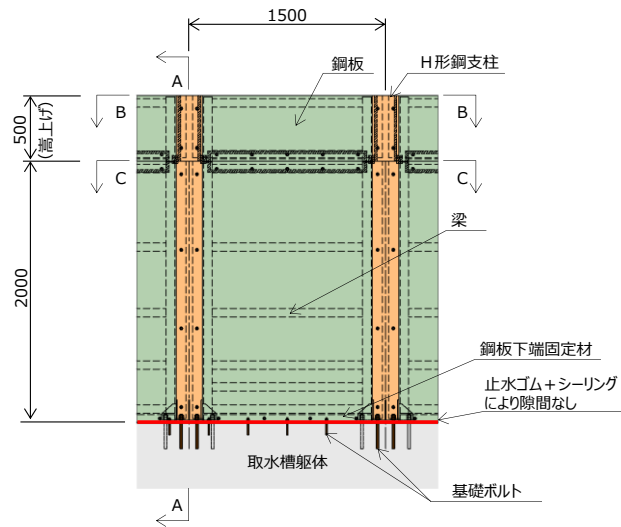
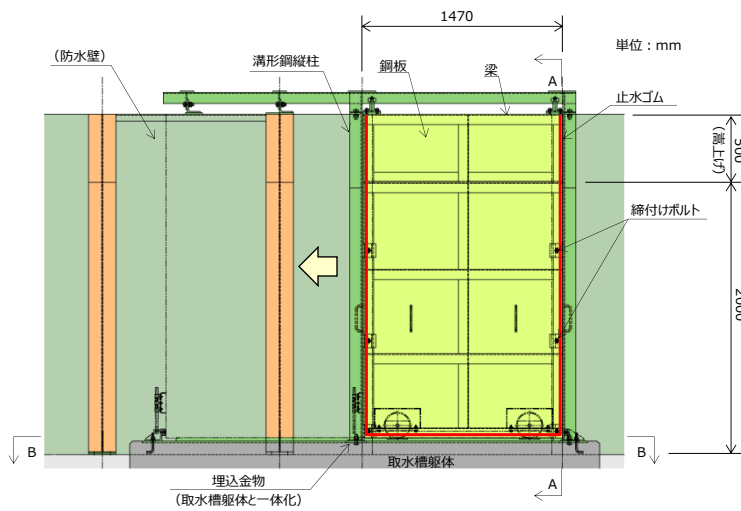


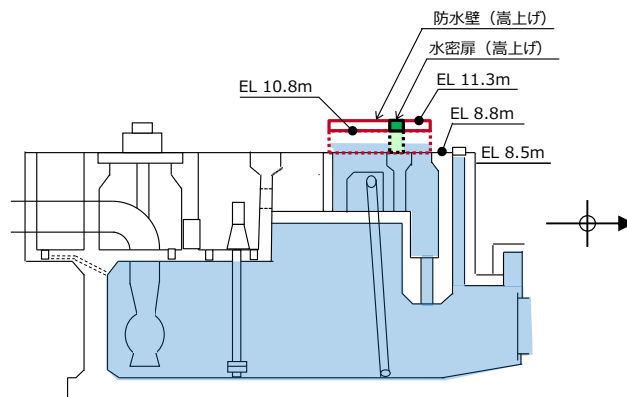
図1 防水壁及び水密扉の平面位置図



防水壁（正面図）



水密扉（正面図）



断面イメージ図

図2 防水壁及び水密扉の概要図

(2) 防水壁及び水密扉の高さの設定方針

防水壁及び水密扉の高さは、設置位置の入力津波高さに設計裕度を考慮して決定し、入力津波高さは、基準津波による取水口位置の水位変動量に基づき、流入経路の水理特性を考慮した管路解析を踏まえて設定する。防水壁及び水密扉の高さは、入力津波高さに対して余裕を考慮した高さとする。入力津波高さと防水壁及び水密扉の高さの関係を表1に示す。

表1 入力津波高さと防水壁及び水密扉高さの関係

設置位置	入力津波高さ	防水壁高さ	高さの裕度
2号炉取水槽 除じん機エリア	EL+10.5m	EL+11.3m	+0.8m

(3) 防水壁及び水密扉の設計の基本的考え方

防水壁及び水密扉は、地震荷重や津波荷重に対して十分な耐震性・遮水性が要求されるため、高強度で軽量かつ十分に遮水性のある鋼板及び鋼桁を用い、取水槽に固定した鋼製支柱により支持される構造とする。

また、取水槽の管理用出入口である水密扉は、人力で容易に開閉作業が可能な鋼製の扉構造とするとともに、常時閉運用とする。

2. 防水壁及び水密扉の概要

(1) 防水壁

防水壁は、高強度で軽量かつ十分に遮水性のある鋼板を、取水槽に設置したH形鋼支柱にボルト接合により設置する構造とし、H型鋼支柱と鋼板との間に止水ゴムを設置して止水性を確保する。

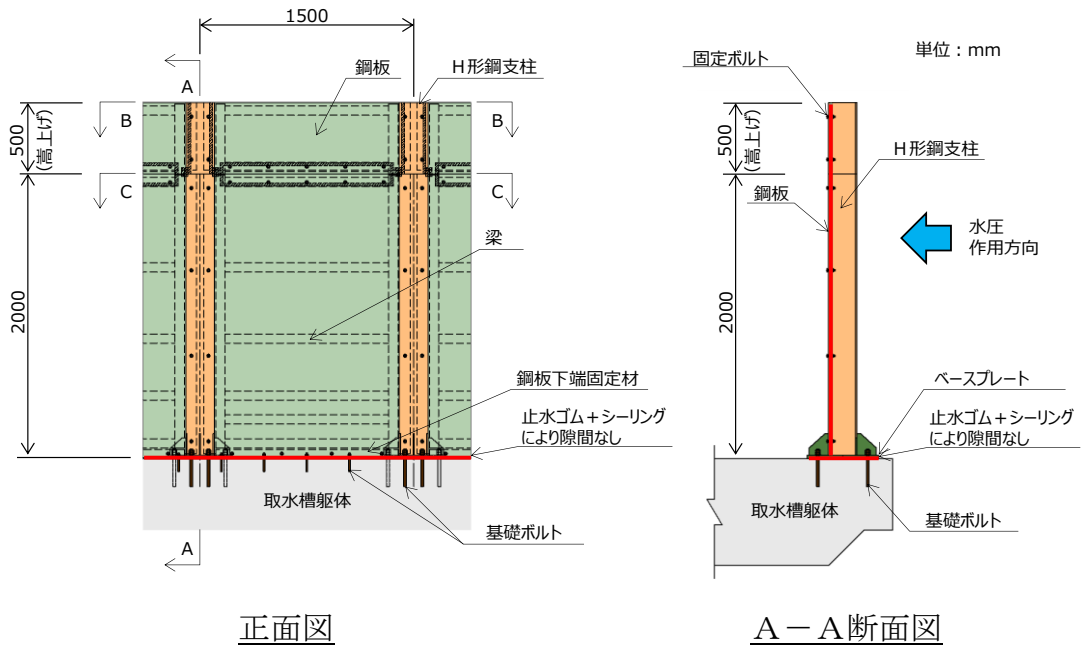
嵩上げ箇所は、H形鋼支柱を溶接接合にて嵩上げし、既設部同様、鋼板を支柱にボルト接合により設置する構造とし、支柱と鋼板との間は止水ゴムを設置して止水性を確保するとともに、シーリングを施工して止水性を高める。また、鋼板と鋼板の隙間は鋼板を追加してボルト接合するとともに、止水ゴムを隙間に設置して止水性を確保する。

また、H形鋼支柱下端のベースプレート及び鋼板下端固定材（等辺山形鋼）と取水槽の間には止水ゴムを設置することで止水性を確保する。さらに、ベースプレートを含めた鋼板下端全長にシーリングを施すことで止水性を高める。

各部位の役割を表2に、防水壁の構造例を図3に示す。

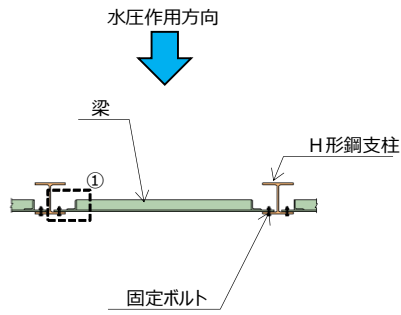
表2 防水壁の各部位の役割

部位	役割
鋼板	止水機能の保持
梁・H形鋼支柱・固定ボルト	鋼板等の支持
ベースプレート	H形鋼支柱の支持
基礎ボルト	鋼板及びベースプレートの支持
止水ゴム	止水機能の保持（鋼板とH形鋼支柱間等）

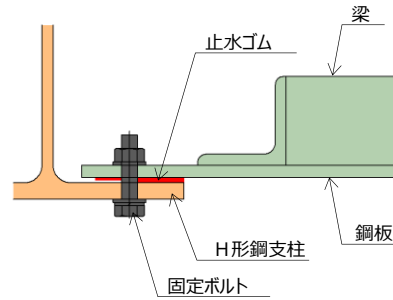


正面図

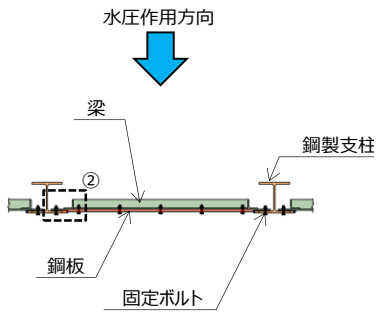
A-A断面図



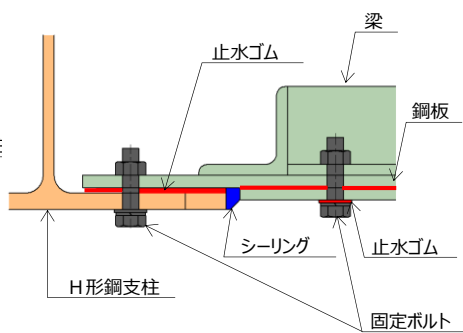
B-B断面図



①部詳細イメージ



C-C断面図



②部詳細イメージ

図3 防水壁の構造例

(2) 水密扉

取水槽の管理用出入口として、鋼製扉を用いた開閉可能な構造とする。

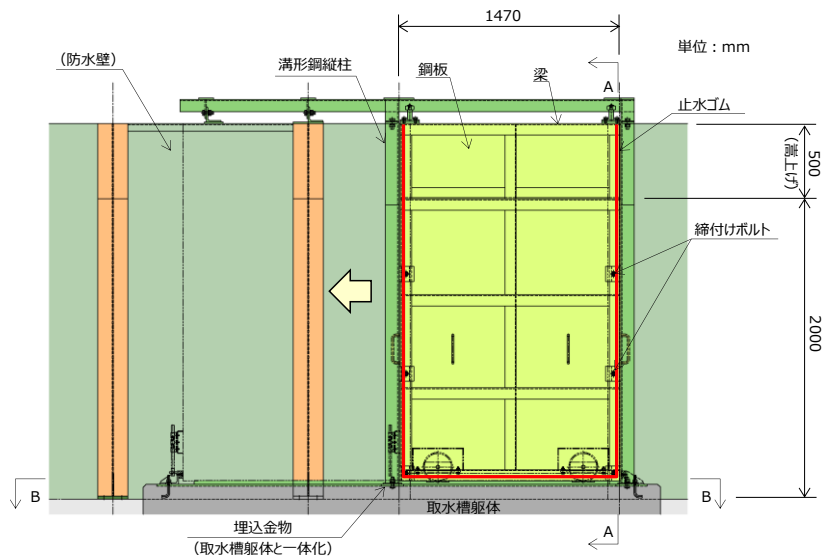
取水槽に溝形鋼の縦柱を設置した上で、鋼板と梁を溶接接合して構成する鋼製扉を取り付ける。また、鋼製扉周囲に止水ゴムを設置し、別途設置する戸当たり（溝形鋼）との接触面で閉時の止水性を確保する。

嵩上げ箇所は、鋼製扉（鋼板及び梁）、溝形鋼縦柱及び戸当たり（溝形鋼）をそれぞれ溶接接合して嵩上げする。

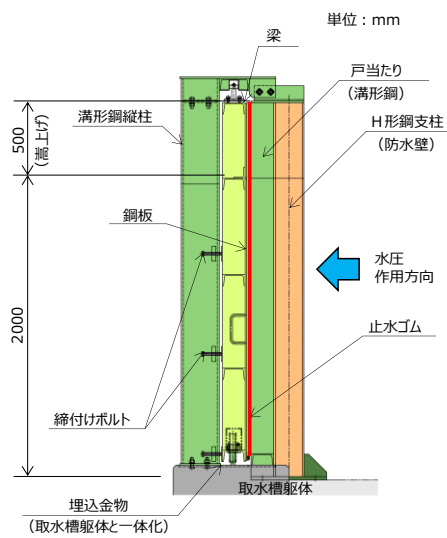
各部位の役割を表3に、水密扉の構造例を図4に示す。

表3 水密扉の各部位の役割

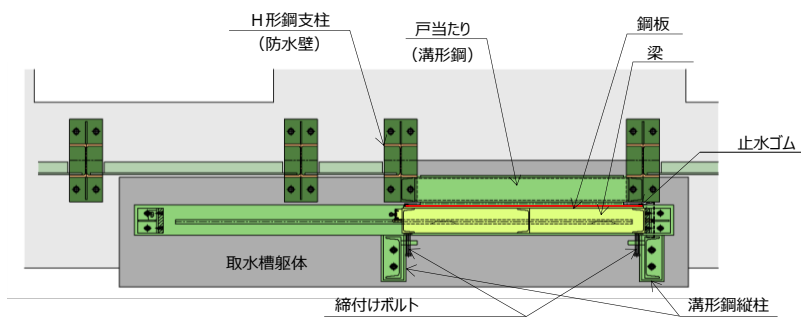
部位	役割
鋼製扉（鋼板・梁）	止水機能の保持
溝形鋼縦柱・締付けボルト・戸当たり（溝形鋼）	鋼製扉の支持
止水ゴム	止水機能の保持（鋼製扉と戸当たり間）



正面図



A-A断面図



B-B断面図

図4 水密扉の構造例

3. 防水壁及び水密扉の設計方針及び構造成立性の見通し

(1) 検討ケース及び荷重の組合せ

防水壁及び水密扉における検討ケース及び荷重の組合せは、以下のとおりとする。

- ①地震時：常時荷重＋地震荷重＋風荷重
- ②津波時：常時荷重＋津波荷重

なお、防水壁及び水密扉の設計において考慮する荷重は、以下のとおり設定する。

①常時荷重

自重を考慮する。

②地震荷重

基準地震動 S_s を考慮する。

③風荷重

「第6条 外部からの衝撃による損傷の防止」において規定する設計基準風速に伴う荷重を地震時に考慮する。津波時は、水圧作用側が海面下にあることから、風荷重は考慮しない。

④津波荷重

入力津波高さに基づき算定される静水圧を考慮する。

⑤余震荷重

海域活断層に想定される地震による津波の影響を受けないため、余震荷重を考慮しない。

(2) 損傷モードの抽出と許容限界

地震時及び津波時に防水壁及び水密扉が維持すべき機能を喪失してしまう事象（損傷モード）を仮定し、その損傷モードに対しての設計・施工上の配慮を整理した。また、損傷モードの整理結果を踏まえ、構造成立性の見通しの確認における主要な照査項目と許容限界を整理した。

防水壁及び水密扉に関する損傷モード及び構造成立性の見通しに関する許容限界を表4～7に示す。

表4 防水壁に関する損傷モード

部位の名称	要求機能を喪失する事象	設計・施工上の配慮	構造成立性の見通しの確認における照査
鋼板	・鋼板に作用する地震荷重や津波荷重により、鋼板が曲げ破壊又はせん断破壊することで止水機能を喪失する。	・鋼板に生じる断面力による応力度が、許容限界以下であることを確認する。	○
	・H形鋼支柱間の応答差や地盤条件変化部における相対変位により、鋼板にねじれが発生し損傷することで止水機能を喪失する。	・支柱は取水槽に固定し、取水槽は十分な支持性能を有する岩盤に設置されていることから、支柱間の応答差や地盤条件変化部による影響は小さいと判断する。	-
H形鋼支柱	・鋼板から伝達する荷重及び支柱自体に作用する荷重により、鋼製支柱が曲げ・軸力による破壊又はせん断破壊し、鋼板の支持性能を喪失する。	・鋼製支柱に生じる断面力による応力度が、許容限界以下であることを確認する。	○
梁	・鋼板から伝達する荷重により、梁が曲げ破壊又はせん断破壊することで鋼板の支持性能を喪失する。	・梁に生じる断面力による応力度が、許容限界以下であることを確認する。	○
固定ボルト	・鋼板から伝達する荷重により、固定ボルトがせん断破壊し、鋼板の支持性能を喪失する。	・固定ボルトに生じる断面力による応力度が、許容限界以下となるよう、固定ボルトの仕様を詳細設計段階で決定する。	-
ベースプレート	・H形鋼支柱から伝達する荷重により、ベースプレートが曲げ破壊又はせん断破壊することでH形鋼支柱の支持機能を喪失する。	・ベースプレートに生じる断面力による応力度が、許容限界以下となるよう、ベースプレートの仕様を詳細設計段階で決定する。	-
基礎ボルト	・ベースプレートから伝達する荷重により、ボルトが引抜き又はせん断破壊し、防水壁全体の支持機能を喪失する。	・基礎ボルトに生じる断面力による応力度が、許容限界以下となるよう、基礎ボルトの仕様を詳細設計段階で決定する。	-

表5 防水壁の構造成立性に関する許容限界

評価対象部位	役割	照査項目	設計で用いる許容限界	適用基準
鋼板	止水機能の保持	曲げ せん断	曲げ：短期許容応力度以下 せん断：短期許容応力度以下	鋼構造設計規準
H形鋼支柱・梁	鋼板の支持	曲げ せん断	曲げ：短期許容応力度以下 せん断：短期許容応力度以下	鋼構造設計規準

表6 水密扉に関する損傷モード

部位の名称	要求機能を喪失する事象	設計・施工上の配慮	構造成立性の見通しの確認における照査
鋼製扉 (鋼板、梁)	・鋼製扉に作用する地震荷重や津波荷重により、鋼製扉が曲げ破壊又はせん断破壊することで止水機能を喪失する。	・鋼製扉に生じる断面力による応力度が、許容限界以下であることを確認する。	○
溝形鋼縦柱	・鋼製扉から伝達する荷重及び縦柱自体に作用する荷重により縦柱が曲げ破壊又はせん断破壊し、鋼製扉の支持性能を喪失する。	・溝形鋼縦柱に生じる断面力による応力度が、許容限界以下であることを確認する。	○
締付けボルト	・鋼製扉から伝達する荷重により、締付けボルトが破断し、鋼製扉の支持性能を喪失する。	・締付けボルトに生じる断面力による応力度が、許容限界以下となるよう、締付けボルトの仕様を詳細設計段階で決定する。	-
戸当たり (溝形鋼)	・鋼製扉から伝達する荷重、戸当たり自体に作用する荷重及び防水壁から伝達する荷重により、戸当たりが曲げ破壊又はせん断破壊し、鋼製扉の支持性能を喪失する。	・戸当たりに生じる断面力による応力度が、許容限界以下であることを詳細設計段階で確認する。 ・戸当たりは、防水壁のH形鋼支柱に溶接接合して剛性を高めることから、構造成立性の確認においては、防水壁のH形鋼支柱の評価に代表させる。	-
止水ゴム	・津波時の水圧が作用することにより、止水ゴムが損傷し、止水機能を喪失する。	・止水ゴムに生じる水圧が、メーカー規格及び基準並びに必要な応じて実施する性能試験を参考に定めた許容水圧以下となるよう、止水ゴムの仕様を詳細設計段階で決定する。	-

表7 水密扉の構造成立性に関する許容限界

評価対象部位	役割	照査項目	設計で用いる許容限界	適用基準
鋼製扉 (鋼板、梁)	止水機能の保持	曲げ せん断	曲げ：短期許容応力度以下 せん断：短期許容応力度以下	鋼構造設計規準
溝形鋼縦柱	鋼板の支持	曲げ せん断	曲げ：短期許容応力度以下 せん断：短期許容応力度以下	鋼構造設計規準

(3) 防水壁及び水密扉のモデル化方針

防水壁は、高強度で軽量かつ十分に遮水性のある鋼板を、基礎ボルトにて取水槽に固定したH形鋼支柱とボルト接合し、鋼板と取水槽を分離させた構造とする。

よって、防水壁の挙動としては、剛性と質量が異なる鋼板やH形鋼支柱等の鋼製部材が地震動により一体的に応答するモードとなることから、図5に示す梁のモデルにより、その挙動を適切に評価することが可能である。

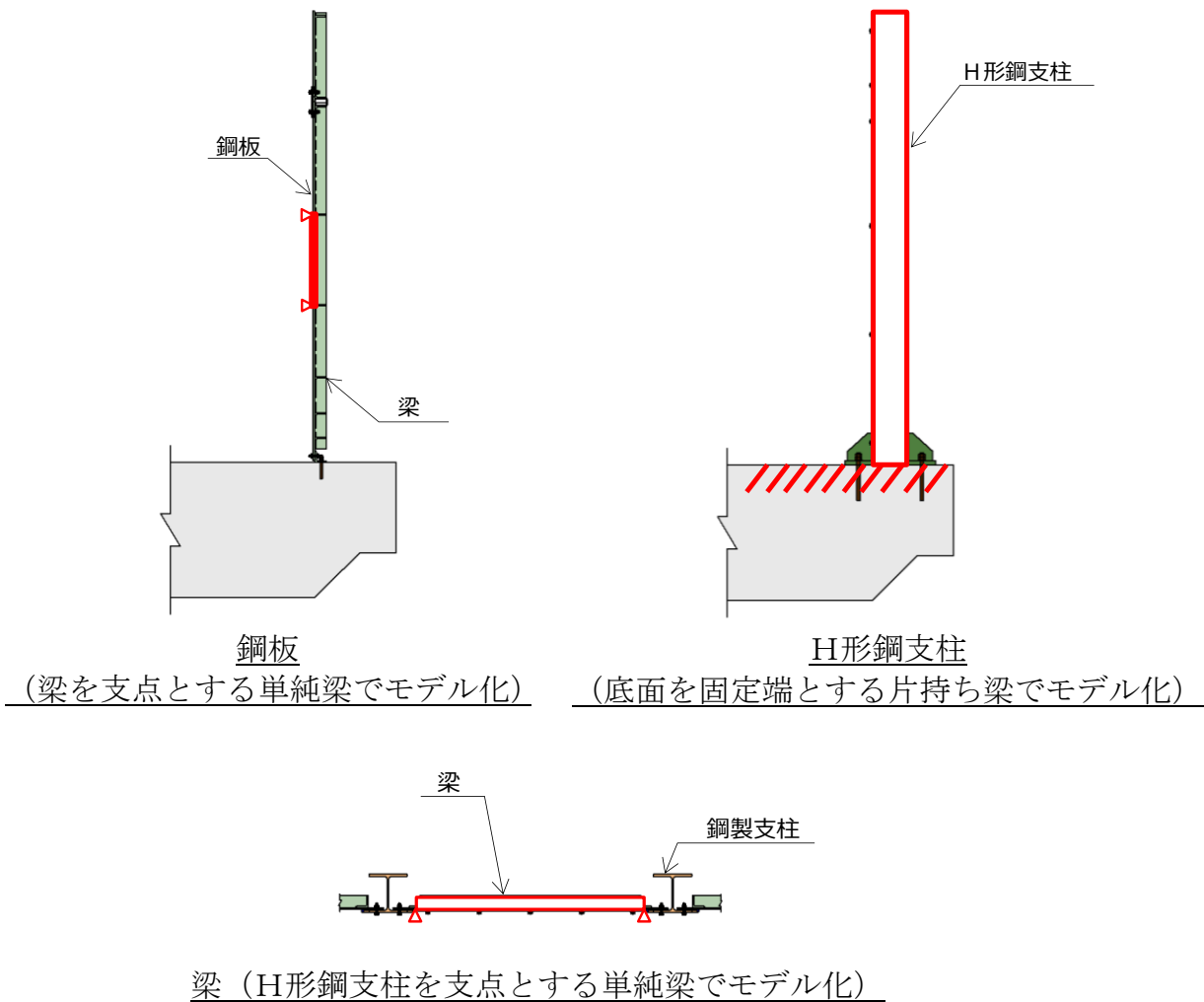
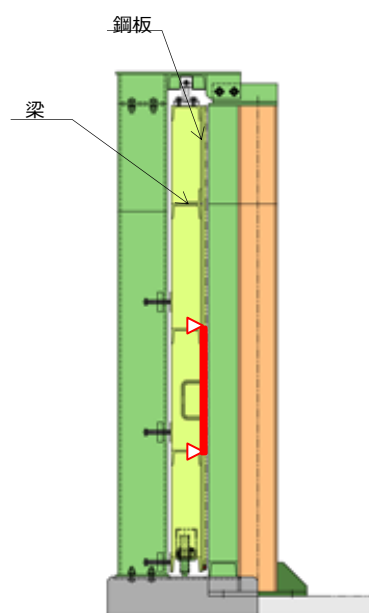


図5 防水壁の解析モデル

水密扉について、鋼製扉は鋼板を溝形鋼に溶接接合した一体構造とし、戸当りは取水槽にボルトで固定するとともに、防水壁のH形鋼支柱に溶接接合して剛性を高めた構造とする。鋼製扉及び戸当りは、取水槽に基礎ボルトで固定した縦柱と締付けボルトにて接合する。

よって、水密扉の挙動についても、地震動により一体的に応答するモードとなることから、図6に示す梁や版のモデルにより、その挙動を適切に評価することが可能である。



鋼板（梁を支点とする単純梁でモデル化）

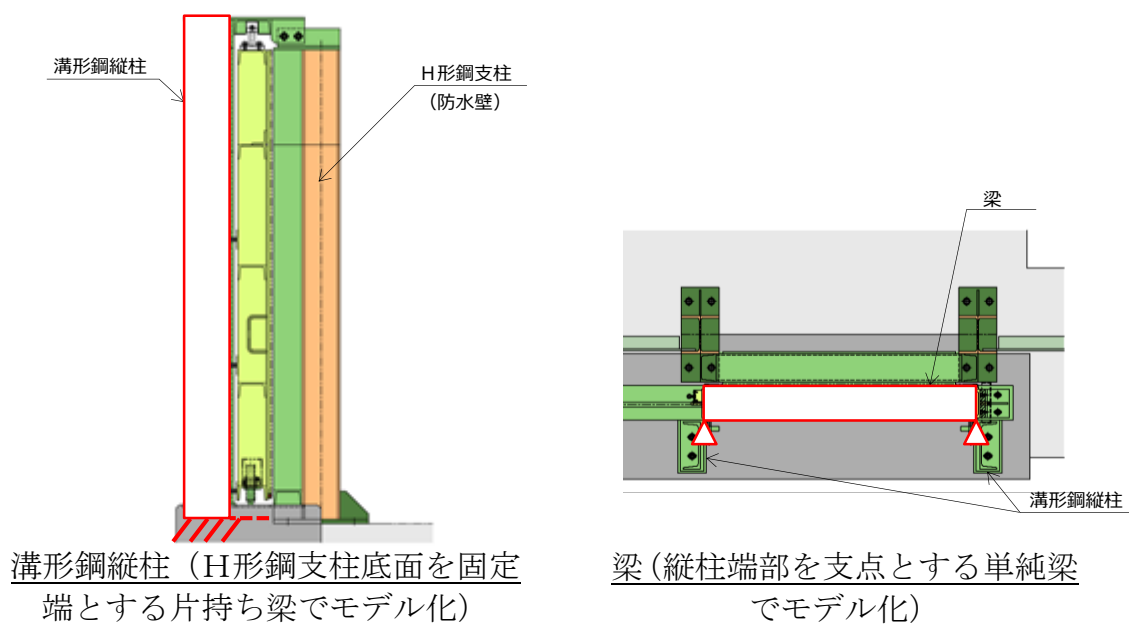


図6 水密扉の解析モデル

(4) 評価方法

a. 地震時

地震時の検討では，基準地震動 S_s に対し，部材の発生応力度が許容限界を超えないことを確認する。防水壁及び水密扉の構造成立性を見通しの確認においては，図7に示すイメージのとおり，基準地震動 S_s に対する2号炉取水槽の地震応答解析から得られた取水槽上端の最大応答加速度を防水壁及び水密扉に作用させて評価する。

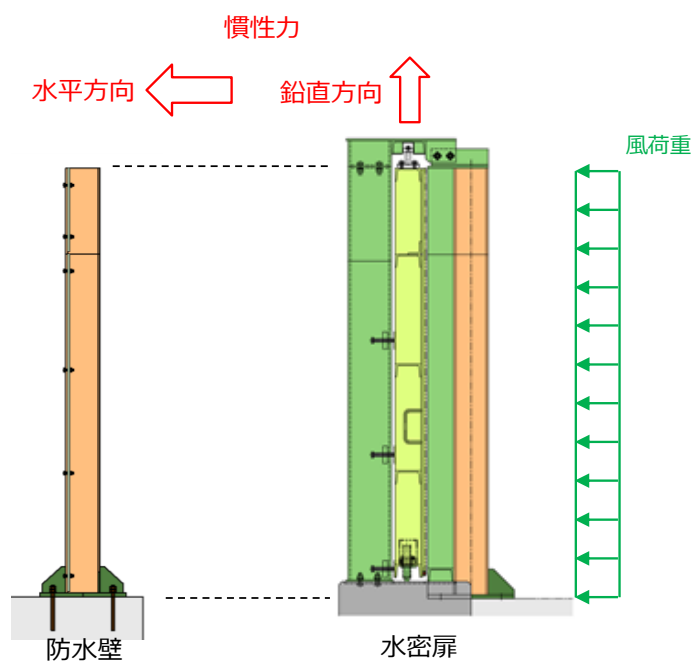


図7 地震時の荷重作用イメージ

b. 津波時

津波時の検討では，基準津波に対し，部材の発生応力度が許容限界を超えないことを確認する。構造成立性の見通しの確認においては，図8に示すイメージのとおり，2号炉取水槽の最大入力津波高さ（EL+10.50m）に参照する裕度（0.74m）を考慮した水位 EL+11.30m による静水圧を防水壁及び水密扉に作用させて評価する。

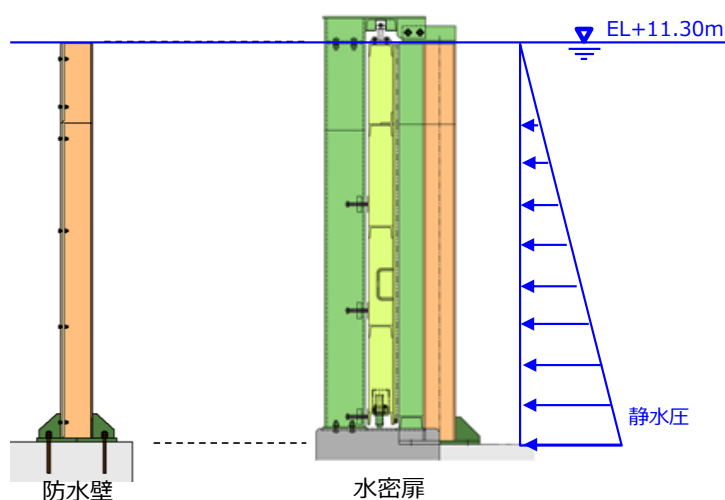


図8 津波時の荷重作用イメージ

c. 作用荷重を踏まえた構造成立性の見通しの確認における検討ケースの絞り込み

地震時及び津波時における作用荷重を比較すると，表8に示すとおり，津波時の作用荷重の方が大きいことから，構造成立性の見通しの確認においては，津波時について評価を行う。

表8 地震時と津波時の作用荷重比較

浸水防止壁 概算重量	地震時					津波時			評価
	設計震度	荷重		荷重 (水平慣性力 + 風荷重)	下端 モーメント	設計水位	荷重 (静水圧合力)	下端 モーメント	
		慣性力	風荷重 合力						
5.5 kN	Kh=1.30 Kv=0.69	Ph=7.15 kN Pv=3.80 kN	6.41 kN	13.56 kN	16.95 kN・m	EL+11.30m	47.34 kN	39.45 kN・m	地震時荷重 < 津波時荷重

(5) 評価式

防水壁及び水密扉の評価は、前述のとおり、「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（（社）日本建築学会，2005改定）」に基づき行う。評価式の概要を以下に示す。

・ 曲げに対する評価式

防水壁及び水密扉の各部位に生じる曲げ応力度を下式から算定し、表9に示す鋼材の短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma = \frac{M}{Z}$$

ここに、 σ ：曲げ応力度
M：曲げモーメント
Z：断面係数

表9 曲げに対する短期許容応力度

防水壁及び水密扉の 使用材料	短期許容応力度 (N/mm ²)
	曲げ
SS400 (板厚t≤40mm)	235

・ せん断に対する評価式

防水壁及び水密扉の各部位に生じるせん断応力度を下式から算定し、表10に示す短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\tau = \frac{Q}{A}$$

ここに、 τ ：せん断応力度
Q：せん断力
A：断面積

表10 せん断に対する短期許容応力度

防水壁及び水密扉の 使用材料	短期許容応力度 (N/mm ²)
	せん断
SS400 (板厚t≤40mm)	135

・応力度の組合せに対する評価式

防水壁及び水密扉の各部位に生じる曲げ応力度及びせん断応力度から、組合せ応力度を下式から算定し、表11に示す短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{M}{Z}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q}{A}\right)^2}$$

ここに、 σ_x : 組合せ応力度

表11 組合せ応力度に対する短期許容応力度

防水壁及び水密扉の 使用材料	短期許容応力度 (N/mm ²)
	組合せ
SS400 (板厚t≤40mm)	235

(6) 評価結果

防水壁及び水密扉は、表 12 に示すとおり、地震荷重や津波荷重に対して十分な安定性を有しており、構造成立性が見通しがあることを確認した。

なお、本評価結果は暫定条件を用いた評価結果であることから、正式条件を用いた評価結果は詳細設計段階で示す。

表12 防水壁及び水密扉の評価結果

評価対象部位		仕様 (案)	照査結果				
			照査項目	最大発生値 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	照査値 (発生値) / (許容値)	判定 (照査値<1.00)
防水壁	鋼板	PL-9	曲げ	32.2	235	0.14	OK
			せん断	0.4	135	0.01	OK
	梁	L-65×65×8	曲げ	158.1	235	0.68	OK
			せん断	1.4	135	0.02	OK
			組合せ	158.1	235	0.68	OK
	H形鋼支柱	H-200×200×8×12	曲げ	83.6	235	0.36	OK
			せん断	33.6	135	0.25	OK
			組合せ	101.9	235	0.44	OK
	水密扉	鋼板	PL-9	曲げ	74.4	235	0.32
せん断				0.8	135	0.01	OK
梁		[-150×75×6.5×10	曲げ	31.7	235	0.14	OK
			せん断	11.5	135	0.09	OK
			組合せ	37.5	235	0.16	OK
溝形鋼縦柱		[-250×90×9×13	曲げ	59.1	235	0.26	OK
			せん断	11.7	135	0.09	OK
			組合せ	62.5	235	0.27	OK