

泊発電所 3号炉 耐津波設計方針について (燃料等輸送船の漂流物影響に係る指摘事項回答)

令和 6 年 1 月 15 日
北海道電力株式会社

| | |
|--|-------|
| 1. 本日の説明事項 | 2 |
| 2. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 230803-02） | 3 |
| 2-1. 燃料等輸送船の漂流物化防止対策に係る網羅的検討について | 4～7 |
| 2-2. 係留③（燃料等輸送船を海域から係留する方策）の概要 | 8～11 |
| 2-3. 津波による船体の挙動を踏まえた漂流物となりうるモードの整理（設計概要） | 12～15 |
| 3. 今後の説明内容 | 16 |

1. 本日の説明事項

審査会合指摘事項回答

〈現在までの説明経緯〉

- 第1177回（2023年8月3日）審査会合において、燃料等輸送船の漂流物化を防止する対策として、「緊急退避」を主な方針として退避時間の更なる短縮を行う方針をご説明した。
- 第1209回審査会合（2023年12月7日）において、燃料等輸送船実機による緊急離岸訓練の結果から、退避作業の不確かさを考慮した場合、十分な余裕時間が確保できない可能性があることから、「緊急退避を要しない漂流物化防止対策」を講じる方針に見直しを行うことをご説明した。

〈今回のご説明内容〉

- 今回の審査会合においては、指摘事項回答のうち一部、「燃料等輸送船の漂流物化防止対策の**評価結果**」、「**係留③：燃料等輸送船を海域から係留する方策（漂流防止装置）の概要及び設計概要**」についてご説明させて頂く。
- 「漂流物化防止対策の成立性」、「**漂流防止装置の設計方針及び評価方針**」については、燃料等輸送船に係る次回**審査**会合でお示しさせて頂く。

2. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 230803-02）

【指摘事項 第1177回審査会合（2023年8月3日開催）】

燃料等輸送船の緊急退避の成立性について、退避作業の不確かさを考慮した上で、津波到達までに退避できることを説明すること。また、津波到達までに十分な余裕時間が確保できない可能性を踏まえ、緊急退避ができない場合を想定しても、他の対策によって燃料等輸送船が漂流物とならないことを説明すること。

【回答】

- 第1209回審査会合（2023年12月7日）において、燃料等輸送船実機による緊急離岸訓練の結果から、退避作業の不確かさを考慮した場合、十分な余裕時間が確保できない可能性があることから、「緊急退避を要しない漂流物化防止対策」を講じる方針に見直しを行うことをご説明した。（説明経緯の再掲）
- 第1177回（2023年8月3日）審査会合での指摘事項を踏まえ、漂流物化防止対策の網羅的な検討について、漂流物化防止対策の評価フローを見直し、採用する対策について再評価を実施した。
- 評価の結果、「係留③：燃料等輸送船を海域から係留する方策」を対策の第一候補として、検討を進めることとした。

2. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 230803-02）

2-1. 燃料等輸送船の漂流物化防止対策に係る網羅的検討について（1/4）

【基準津波来襲時における漂流物化防止対策として検討した項目】

燃料等輸送船の漂流物化を防止する対策を以下のとおり整理した。

| No. | 対策案 | |
|-----|------------------|--|
| 1 | 係留 ① | 荷揚岸壁の補強 + 荷揚岸壁に燃料等輸送船を係留 |
| 2 | 係留 ② | 荷揚岸壁の補強 + 漂流物化を防止する柵（または柱，壁等）の荷揚岸壁への設置 |
| 3 | 係留 ③ | 燃料等輸送船を海域から係留する方策 |
| 4 | 係留 ④ | <ul style="list-style-type: none"> 係留①と係留②の組み合わせ（荷揚岸壁の補強 + 漂流物化を防止する柵（または柱，壁等）の荷揚岸壁への設置 + 岸壁からの係留※） ※：荷揚岸壁から係留を行う場合は，通常の係留索とは別に，漂流物化防止用の係留索を追加で取り付けことや荷揚岸壁に係船柱を追設する等の対応が必要。 係留②と係留③の組み合わせ（荷揚岸壁の補強 + 漂流物化を防止する柵（または柱，壁等）の荷揚岸壁への設置 + 海域からの係留） |
| 5 | 造船 | 泊発電所専用の輸送船の造船 |
| 6 | 構外停泊 （事業所外運搬） | 燃料等輸送船の停泊港を変更（発電所構外港の利用）し，事業所外運搬を行う |
| 7 | 時間短縮 | 緊急退避（離岸）に掛かる時間の短縮（退避時間を短縮し，津波到達前に緊急退避（離岸）を完了させる） |

【基準津波来襲時における漂流物化防止対策の選定に係る考慮事項】

漂流物化防止対策の選定に係る考慮事項を以下のとおり整理した。考慮事項を踏まえ，対策案を選定する。

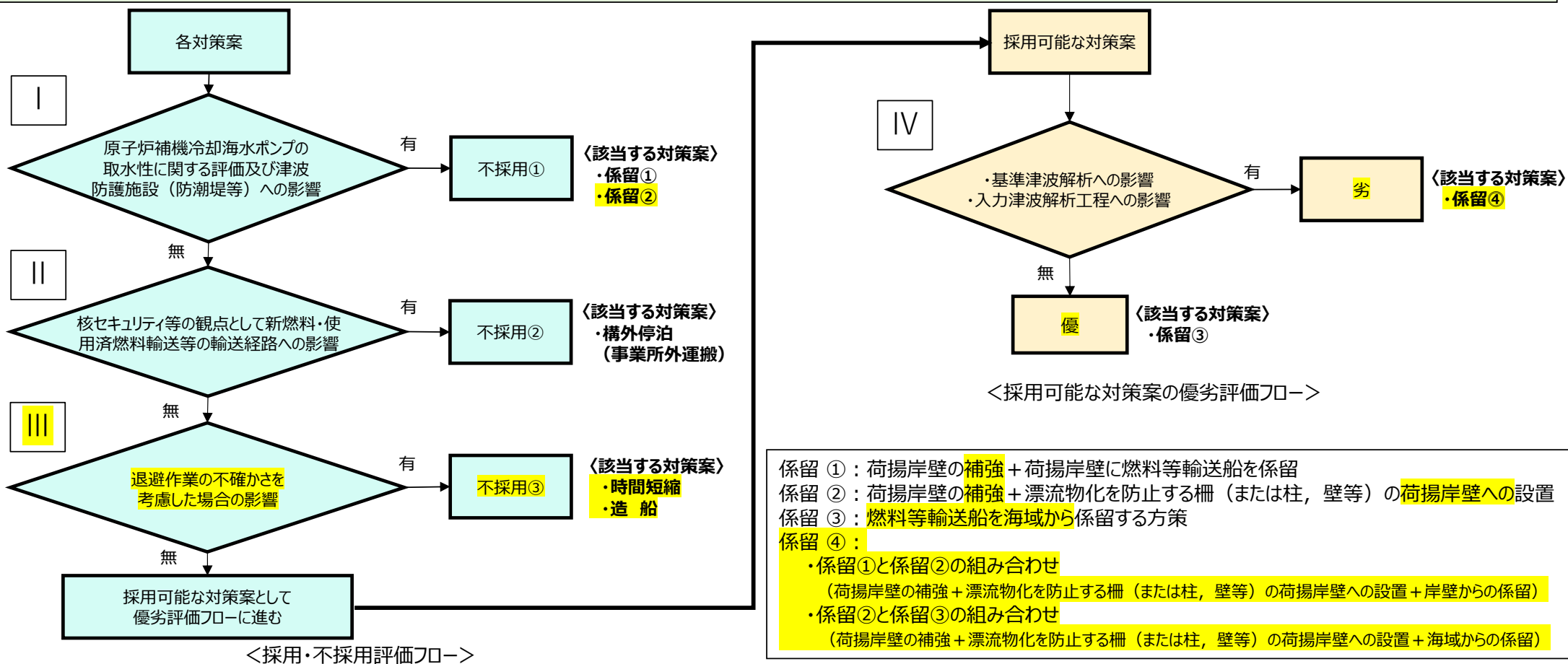
| No. | 考慮事項 | |
|-----|----------------|--|
| I | 必須考慮事項 | 原子炉補機冷却海水ポンプの取水性に関する評価及び津波防護施設（防潮堤等）への影響 |
| II | | 核セキュリティ等の観点における新燃料・使用済燃料輸送等の輸送経路への影響 |
| III | | 退避作業の不確かさを考慮した場合の影響 |
| IV | 影響を可能な限り回避する事項 | <ul style="list-style-type: none"> 基準津波解析への影響 入力津波解析工程への影響 |

2. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 230803-02）

2-1. 燃料等輸送船の漂流物化防止対策に係る網羅的検討について（2/4）

【漂流物化防止対策の採否及び優劣評価フロー（見直し版）】

- 第1177回審査会合（2023年8月3日開催）でご説明した評価フローから見直しを行った以下評価のフローにて、漂流物化防止対策の評価を実施した。
- 評価結果の詳細は、P.6を参照。



2. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 230803-02）

2-1. 燃料等輸送船の漂流物化防止対策に係る網羅的検討について（3/4）

■ 評価結果の整理

| 対策案 | 採用・不採用評価フロー | | | | 評価結果 |
|--------------|---------------------------------------|--|--------------------------|--|----------|
| | 不採用① | 不採用② | 不採用③ | 不採用④ | |
| | I. 原子炉補機冷却海水ポンプの取水性に関する評価及び津波防護施設への影響 | | II. 新燃料・使用済燃料輸送等輸送経路への影響 | | |
| | | | III. 退避作業の不確かさを考慮した場合の影響 | | |
| 係留① | 有 | 荷揚岸壁の高さを超える水位の津波が来襲した際には、荷揚岸壁に取り付けた係留索（通常の係留用）は破断することが想定され、係留機能を担保することが困難であることから、漂流物化を防止することは出来ない。よって、影響ありと評価した。 | | | 不採用① |
| 係留② | 有 | 荷揚岸壁に、柵（または柱、壁等）を設置することで、押し波時については、燃料等輸送船の荷揚岸壁乗り上げ及び漂流防止を図ることが可能であるが、引き波時には、漂流物化を防止することが出来ないため、影響ありと評価した。 | | | 不採用① |
| 係留③ | 無 | 海域からの係留により、燃料等輸送船の荷揚岸壁への乗り上げ及び漂流防止を図ることが可能であることから、有効な対策である。 | 無 | 発電所内における対策であるため、輸送経路への影響はない。 | 採用可能 |
| 係留④ | 無 | 荷揚岸壁や海域からの係留 [※] 及び柵（または柱、壁等）の設置を組み合わせることにより、燃料等輸送船の荷揚岸壁への乗り上げ及び漂流防止を図ることが可能であることから、有効な対策である。 | 無 | 発電所内における対策であるため、輸送経路への影響はない。 | 優劣評価フローへ |
| 造船 | 無 | 現状の燃料等輸送船よりも退避時間の短い輸送船を採用することで、基準津波来襲時には、緊急退避（離岸）が可能となることから、有効な対策である。 | 無 | 発電所内における対策であるため、輸送経路への影響はない。 | 不採用③ |
| 構外停泊（事業所外運搬） | 無 | 燃料等輸送船の停泊港を発電所構外（岩内港を想定）とすることで、発電所敷地内海域船舶の評価対象として、燃料等輸送船の考慮が不要となることから、有効な対策である。 | 有 | 発電所敷地外において、新燃料・使用済燃料等を扱うことは、核セキュリティのリスクが上昇するため、影響ありと評価した。また、構外港（岩内港を想定）を選定した場合でも、泊発電所に来襲する津波と同程度の津波が来襲する可能性があることから、構外停泊を選択する利点はない。 | 不採用② |
| 時間短縮 | 無 | 基準津波来襲時には、緊急退避（離岸）が可能となるため、有効な対策である。 | 無 | 発電所内における対策であるため、輸送経路への影響はない。 | 不採用③ |

| 対策案 | 採用可能な対策案の優劣評価フロー | | 評価結果 |
|-----|---------------------------------|--|----------------|
| | 劣 | 優 | |
| | IV. 基準津波解析への影響 ・入力津波解析工程への影響 | | |
| 係留③ | 無 | 港湾内にシンカーの追加が必要となるが、敷地形状に変更は生じないことから、影響はない。 | 優 第一候補として検討 |
| 係留④ | 有 | 敷地形状に変更を及ぼすような、柵（または柱、壁等）を設置する場合は、解析結果に影響を及ぼす可能性がある。 | 劣 |

- **上記の評価結果より、「係留③」を第一候補として検討を実施する。**
- 「係留④」については、次点の候補として、引き続きその有効性と成立性について検討を行う。

※：荷揚岸壁から係留を行う場合は、通常の係留索とは別に、漂流物化防止用の係留索（津波の水位変動に追従可能かつ、津波によって生じる荷重で破断しないもの）を追加で取り付けることや荷揚岸壁に係船柱を追設する等の対応が必要。

2. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 230803-02）

2-1. 燃料等輸送船の漂流物化防止対策に係る網羅的検討について（4 / 4）

■ 燃料等輸送船に対する漂流物化防止対策の検討結果

【検討結果】

- 第1177回（2023年8月3日）審査会合での指摘事項を踏まえ、漂流物化防止対策の網羅的な検討について、漂流物化防止対策の評価フローの見直しを行った。
- 見直しを行った漂流物化防止対策の採否及び優劣評価フローでの評価結果より、**燃料等輸送船の漂流物化防止対策は“係留③（燃料等輸送船を海域から係留する方策）”を第一候補として検討※を実施する。**
※：泊発電所に入港する船舶の中で船体規模が最大である使用済燃料運搬船（総トン数：約5,000トン）をベースとして検討を実施。低レベル放射性廃棄物運搬船（総トン数：約4,500トン）や新燃料運搬船（総トン数：約2,200トン）については、船体規模が使用済燃料運搬船より小さいことから、使用済燃料運搬船での成立性を確認することで、漂流物化防止対策の適用が可能。
- 係留③（燃料等輸送船を海域から係留する方策）の概要をご説明させて頂く。

2. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 230803-02）

2-2. 係留③（燃料等輸送船を海域から係留する方策）の概要（1/4）

■ 係留③（燃料等輸送船を海域から係留する方策）の概要と規制基準上の位置付け

【係留③（燃料等輸送船を海域から係留する方策）の概要】

- 泊発電所における基準津波の特徴として、押し波の最大水位が高く、津波の来襲時には燃料等輸送船が荷揚岸壁に乗り上げ及び漂流する可能性がある。
- “押し波時における燃料等輸送船の荷揚岸壁への乗り上げと漂流防止”及び“引き波時における燃料等輸送船の港湾内での漂流防止”を達成するため、**泊発電所専用港の海域から係留を行う。（以降、「沖だし係留」という）**
- 沖だし係留の実施にあたり、泊発電所専用港の港湾内にシンカーを設置する（4箇所）。また、燃料等輸送船の船体に、船体胴巻きロープ及び沖だし係留索（高強度繊維ロープ）を取り付ける。（p.9 図1～3参照）
- シンカー（4箇所）と沖だし係留索（ロープ連結用の係留ブイ含む）を接続し、沖だし係留を達成させ、**燃料等輸送船を荷揚岸壁近傍に留めることで、取水口へ到達しない**及び津波防護施設や浸水防止設備に影響を及ぼさない設計とする。
- また、沖だし係留の設置作業時に津波警報が発令した場合においても、作業員が安全に退避可能であることを確認する。（作業員の退避については、次回お示しする。）

【沖だし係留（シンカー、各種ロープ、係留ブイ）についての規制基準上の位置付け】

- 沖だし係留が機能せず、燃料等輸送船が漂流した場合は、取水口への到達及び防潮堤等へ衝突する可能性が否定出来ないことから、耐津波設計において、**沖だし係留（シンカー、各種ロープ、係留ブイ）については、漂流防止装置と位置付け設計する。**

【規制基準における要求事項等】

- 津波防護施設の外側の発電所敷地内及び近傍において建物・構築物、設置物が破損又は損壊した後に漂流する可能性について検討すること。
- 上記の検討の結果、漂流物の可能性がある場合には、防潮堤等の津波防護施設、浸水防止設備に波及的影響を及ぼさないよう、漂流防止措置または津波防護施設・設備へ影響防止措置を施すこと。

- **沖だし係留（漂流防止装置）の配置、構造概要（各部材の機能等）を次スライドの表1及び図1～3に示す。**

2. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 230803-02）

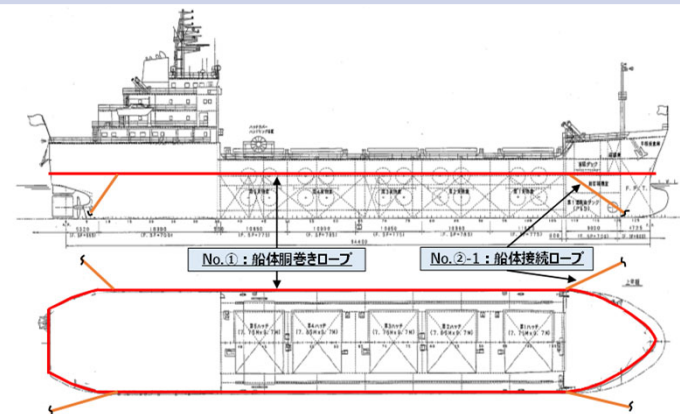
2-2. 係留③（燃料等輸送船を海域から係留する方策）の概要（2/4）

表 1 沖だし係留（漂流防止装置）※1 の構成部材と機能

| No. | 構成部材 | 機能 | |
|-----|----------|--|--|
| ① | 船体胴巻きロープ | <ul style="list-style-type: none"> 船体側面を水平方向に固縛して、船に作用する津波荷重を係留ロープへ伝達する。 船体に作用する津波荷重を船体の全面で受けることが出来るよう、船体の全周にロープを巻き付けた構造とする。（荷重分散を目的とする）※2 | |
| ②-1 | 沖だし係留索 | 船体接続ロープ | 係留ブイと船体を接続するロープであり、船体に作用する津波荷重をシンカー接続ロープ及びシンカーへ伝達する。 |
| ②-2 | | 係留ブイ | 船体接続ロープとシンカー接続ロープを連結するブイ。 |
| ②-3 | | シンカー接続ロープ | 係留ブイとシンカーを接続するロープであり、船体に作用する津波荷重をシンカーへ伝達する。 |
| ③ | シンカー | シンカー接続ロープから伝達する船体に作用する津波荷重に対して、自重及び摩擦による抵抗力で係留する。 | |

※1：適用事例（「沖だし係留」、「係留ブイ」、「胴巻きロープ」、「高強度繊維ロープ」）を参考資料に示す。

※2：係留④においても、船体胴巻きロープを用いた係留手法が必要。



- 沖だし係留の構成部材のうち、①：船体胴巻きロープと②-1：船体接続ロープは、泊発電所専用港へ入港する前に燃料等輸送船の船体に取付けた状態とする。
- 燃料等輸送船の入港前に、②-2：係留ブイと②-3：シンカー接続ロープを港湾内に設置する。（ダイバーによりシンカーと接続する）
- 専用港へ入港後、事前に専用港に設置した②-2：係留ブイと船体に取付けた②-1：船体接続ロープを連結し、沖だし係留を完成させる。
- 沖だし係留の設置作業の詳細は、P.19の参考参照。

図3 沖だし係留（漂流防止装置）概要図③（船体取り付けイメージ）

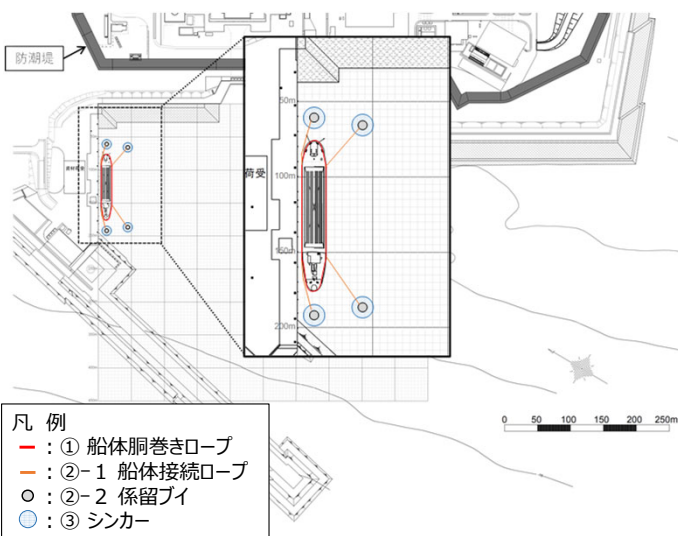


図1 沖だし係留（漂流防止装置）概要図①（沖だし係留イメージ 平面）

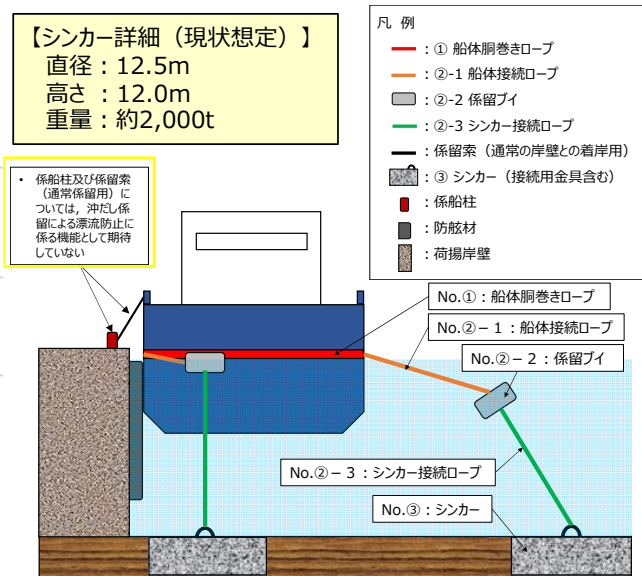


図2 沖だし係留（漂流防止装置）概要図②（沖だし係留イメージ 断面）

【シンカー詳細（現状想定）】
直径：12.5m
高さ：12.0m
重量：約2,000t

・係留柱及び係留索（通常係留用）については、沖だし係留による漂流防止に係る機能として期待していない

- 凡例
- ① 船体胴巻きロープ
 - ②-1 船体接続ロープ
 - ②-2 係留ブイ
 - ②-3 シンカー接続ロープ
 - 係留索（通常の岸壁との着岸用）
 - ③ シンカー（接続用金具含む）
 - 係留柱
 - 防眩材
 - 荷揚岸壁

2. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 230803-02）

2-2. 係留③（燃料等輸送船を海域から係留する方策）の概要（3/4）

■ 沖だし係留（漂流防止装置）取り付け状態における、津波来襲時（押し波時）の船体挙動イメージは図4のとおり。

- 押し波時は、水位上昇とともに押し波により燃料等輸送船が荷揚岸壁側へ移動しようとする。その際、荷揚岸壁から遠い側のシンカー（A）に取り付けてある沖だし係留索（②-1～3）により、燃料等輸送船が荷揚岸壁に乗り上げることを防止する。
- 押し波時は、荷揚岸壁側船体側面の船体胴巻きロープで津波荷重を受けるような挙動となる。
- また、押し津波の荷重によって沖だし係留索に作用する張力により、船体胴巻きロープには、船体斜め下方向へ引かれる力が作用することから、船体胴巻きロープの脱落を防止するため、脱落防止対策※を講じる。

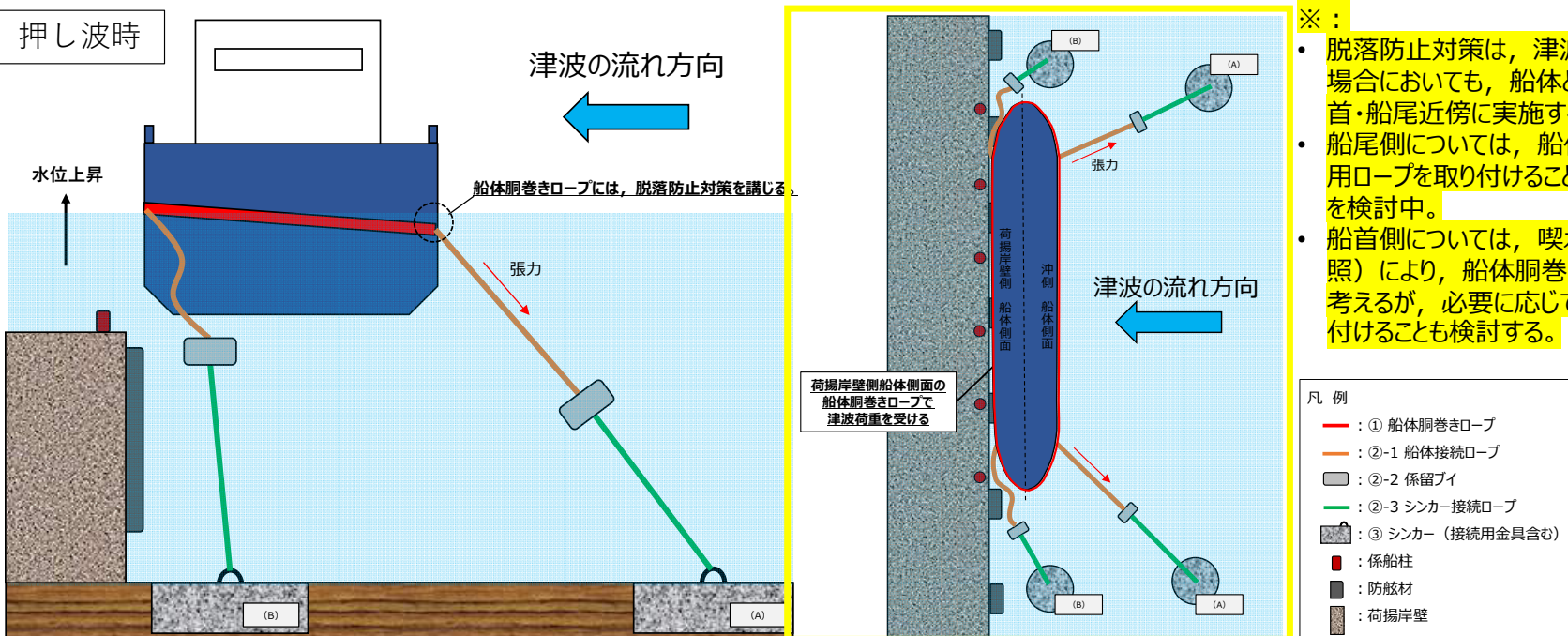


図4 沖だし係留（漂流防止装置）取り付け状態における津波来襲時（押し波時）の船体挙動イメージ

- ※：
- 脱落防止対策は、津波来襲時に沖だし係留索の張力が作用した場合においても、船体と船体胴巻きロープが密着した状態となる船首・船尾近傍に実施する。
 - 船尾側については、船体甲板部と船体胴巻きロープを繋ぐ脱落防止用ロープを取り付けることや船体に脱落防止用の架台を設置することを検討中。
 - 船首側については、喫水線下の突起部（バルバス・バウ、図5参照）により、船体胴巻きロープは脱落しないことから、対策は不要と考えるが、必要に応じて、船尾側と同様に脱落防止用ロープを取り付けることも検討する。

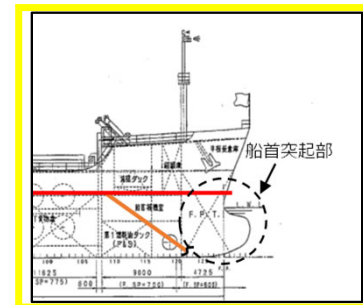


図5 船首突起部
(バルバス・バウ：Bulbous Bow)

2. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 230803-02）

2-2. 係留③（燃料等輸送船を海域から係留する方策）の概要（4/4）

■ 沖だし係留（漂流防止装置）取り付け状態における、津波来襲時（引き波時）の船体挙動イメージは図6のとおり。

- 引き波時は、水位低下とともに引き波により燃料等輸送船が沖側に移動する。その際、荷揚岸壁側のシンカー（B）に取り付けてある沖だし係留索（②-1～3）により、燃料等輸送船が港湾内で漂流物化することを防止する。
- 引き波時は、沖側船体側面の船体胴巻きロープで津波荷重を受けるような挙動となる。
- また、押し波時と同様に、船体胴巻きロープには脱落防止対策が必要であるため、押し波時と同様の対策を講じる。

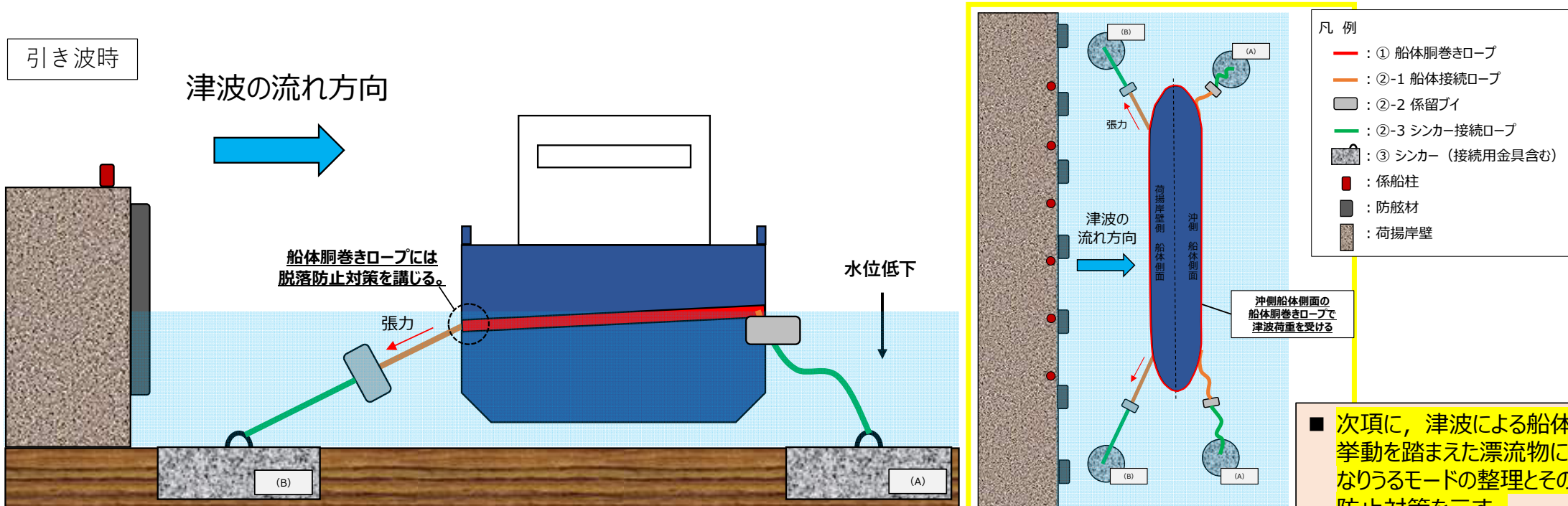


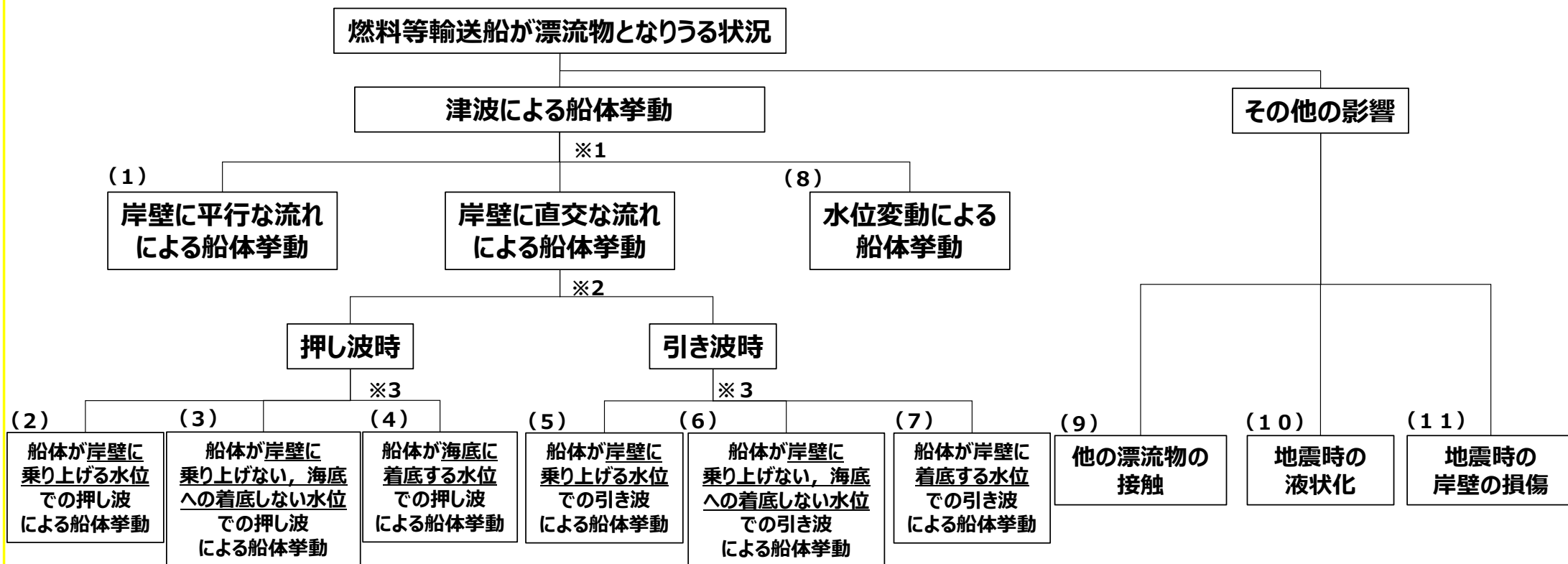
図6 沖だし係留（漂流防止装置）取り付け状態における津波来襲時（引き波時）の船体挙動イメージ

■ 次項に、津波による船体挙動を踏まえた漂流物になりうるモードの整理とその防止対策を示す。

2. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 230803-02）

2-3. 津波による船体の挙動を踏まえた漂流物となりうるモードの整理（設計概要）（1 / 4）

■ 津波による船体挙動等に対して、燃料等輸送船が漂流物となりうるモードを整理し、漂流物化防止対策の考え方をP.13～15に示す。



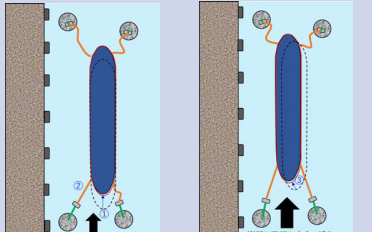
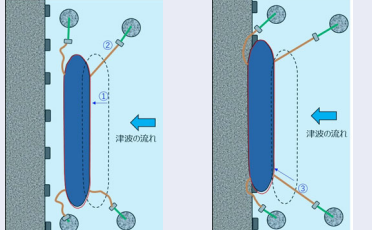
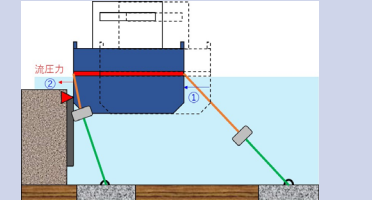
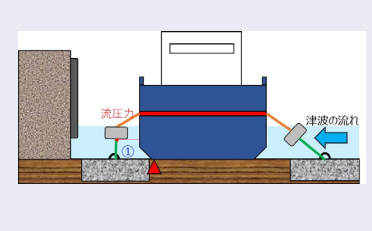
※1:津波の流向は様々な状況となるが、船体挙動は船首尾方向（岸壁に平行）、船側方向（岸壁に直交）及び水位変動の組み合わせであるため、これらに分解して整理する。
評価時にはそれぞれの挙動の組み合わせを考慮する。

※2:岸壁に垂直な流れの場合、船体が岸壁に近づく向きとなる場合（押し波時）と、そうでない場合（引き津波時）で、考慮すべき漂流物となりうるモードが異なる。

※3:岸壁及び海底の高さと水位変動の関係により、考慮すべき漂流物となりうるモードが異なる。

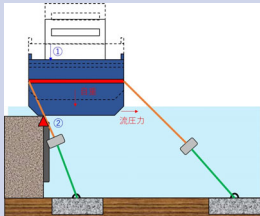
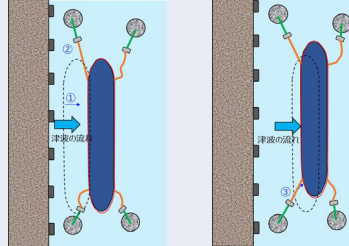
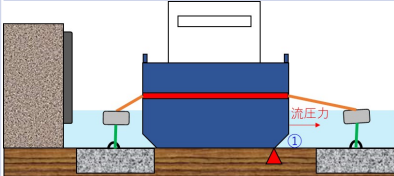
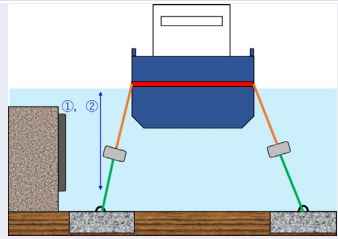
2. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 230803-02）

2-3. 津波による船体の挙動を踏まえた漂流物となりうるモードの整理（設計概要）（2/4）

| 状況 | 船体等の挙動 | 漂流物となりうるモード | 漂流物化防止対策の考え方 | |
|---|---|--|--|--|
| (1)岸壁に平行な流れ | <p>①船体に作用する流圧力で船体が船首尾方向に移動。 ②1本の係留索のたるみがなくなると、係留索に拘束されながら移動。 ③2本目の係留索のたるみがなくなると、船体の移動が停止するため、船体の慣性力が係留索に作用する。</p> |  | <ul style="list-style-type: none"> ・1本の係留索で拘束されて移動する際に、船体に作用する流圧力の一部が係留索に伝達して係留索が破断する。 ・2本の係留索で拘束される際に、船体の慣性力が係留索に作用し破断する。 | <ul style="list-style-type: none"> ・流圧力で作用する荷重に対して破断しない強度を有する係留索とする。 ・係留索に作用する慣性力に耐えうる係留索とする。 |
| (2)岸壁に直交な流れ（船体が岸壁に乗り上げる水位での押し波） | <p>①船体に作用する流圧力で船体が船側方向に移動 ②1本の係留索のたるみがなくなると、係留索に拘束されながら移動。 ③2本目の係留索のたるみがなくなると、船体の移動が停止するため、船体の慣性力が係留索に作用する。</p> |  | <ul style="list-style-type: none"> ・1本の係留索で拘束されて移動する際に、船体に作用する流圧力の一部が係留索に伝達して係留索が破断する。 ・2本の係留索で拘束される際に、船体の慣性力が係留索に作用し破断する。 | <ul style="list-style-type: none"> ・流圧力で作用する荷重に対して破断しない強度を有する係留索とする。 ・係留索に作用する慣性力に耐えうる係留索とする。 |
| (3)岸壁に直交な流れ（船体が岸壁に乗り上げない、海底に着底しない水位での押し波） | <p>①船体に作用する流圧力で船体が岸壁方向に移動 ②船体が岸壁の防舷材に接触 ③船体に流圧力が作用し、船体が傾く。</p> |  | <ul style="list-style-type: none"> ・胴巻きロープが防舷材と船体の間に挟まれて破断する。 ・船体が岸壁と接触し、流圧力により船体が転倒し、胴巻きロープの脱落・抜けが発生する。 | <ul style="list-style-type: none"> ・防舷材を鋭利でない形状とすることで、胴巻きロープが破断することを防止する設計とする。 ・転倒評価にて、転倒しないことを確認する。 |
| (4)岸壁に直交な流れ（船体が海底に着底する水位での押し波） | <p>①船体に流圧力が作用し、船体が傾く。</p> |  | <ul style="list-style-type: none"> ・船体が海底に着底し、流圧力により船体が転倒し、胴巻きロープの脱落・抜けが発生する。 | <ul style="list-style-type: none"> ・転倒評価にて、転倒しないことを確認する。 |

2. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 230803-02）

2-3. 津波による船体の挙動を踏まえた漂流物となりうるモードの整理（設計概要）（3 / 4）

| 状況 | 船体等の挙動 | 漂流物となりうるモード | 漂流物化防止対策の考え方 |
|----------------------------------|--|--|---|
| (5)岸壁に直交な流れ（船体が岸壁に乗り上げる水位での引き波） | <p>①引き波による水位低下により、船体が岸壁に着底（着底しない場合は状況（6）へ移行）</p> <p>②船体の重心が岸壁より沖にある場合、重力及び流圧力により船体が傾く。</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ・係留索が船体と岸壁の間に挟まれて破断する。 ・船体が岸壁に着底し、流圧力により船体が転倒し、胴巻きロープの脱落・抜けが発生する。 | <ul style="list-style-type: none"> ・係留索は海水中で浮く材質とし、船体と岸壁の間に挟まれることを防止する設計とする。 ・船体が岸壁に着底しない対策を行う。 |
| (6)岸壁に直交な流れ（船体が岸壁に乗り上げない水位での引き波） | <p>①船体に作用する流圧力で船体が船側方向に移動</p> <p>②1本の係留索のたるみがなくなると、係留索に拘束されながら移動。</p> <p>③2本目の係留索のたるみがなくなると、船体の移動が停止するため、船体の慣性力が係留索に作用する。</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ・1本の係留索で拘束されて移動する際に、船体に作用する流圧力の一部が係留索に伝達して係留索が破断する。 ・2本の係留索で拘束される際に、船体の慣性力が係留索に作用し破断する。 | <ul style="list-style-type: none"> ・流圧力で作用する荷重に対して破断しない強度を有する係留索とする。 ・係留索に作用する慣性力に耐えうる係留索とする。 |
| (7)岸壁に直交な流れ（船体が海底に着底する水位での引き波） | <p>①船体に流圧力が作用し、船体が傾く。</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ・船体が海底に着底し、流圧力により船体が回転・転倒し、係留索が破断する。 | <ul style="list-style-type: none"> ・転倒評価にて、転倒しないことを確認する。 |
| (8)水位変動 | <p>①水位上昇に伴い船体上昇する</p> <p>②水位下降に伴い船体下降する</p>  | <ul style="list-style-type: none"> ・係留索が船体の上昇に追従できず、船体に作用する浮力が係留索に作用して破断する。 ・係留索が船体の下降に追従できず、船体に作用する重力が係留索に作用して破断する。 | <ul style="list-style-type: none"> ・最大水位状態でも船体の上昇に追従できる係留索長さとする。 ・シンカーを海底に配置することで船体の下降に追従できる。 |

2. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 230803-02）

2-3. 津波による船体の挙動を踏まえた漂流物となりうるモードの整理（設計概要）（4 / 4）

| 状況 | 船体等の挙動 | | 漂流物となりうるモード | 漂流物化防止対策の考え方 |
|--------------------|-------------------------|---|---|--|
| (9)他の漂流物の接触 | 港湾内の漂流物が係留索に接触する | — | ・漂流物が係留索に接触した際に係留索が破断する | ・漂流物が接触しても破断しないように係留索を被覆する。 |
| (10)地震時の液状化による影響 | 海底地層の液状化により海底シンカーが沈下する。 | — | ・海底シンカーの沈下により、係留索のたるみが小さくなり、係留索が船体の上昇に追従できず、船体に作用する浮力が係留索に作用して破断する。 | ・海底シンカーが沈下しても、最大水位状態でも船体の上昇に追従できる係留索長さとする。 |
| (11)地震時の岸壁の損傷による影響 | 地震により岸壁に大きな損傷が発生する。 | — | 地震により岸壁が損傷し、漂流防止装置への波及的影響を与える。 | ・地震時に岸壁に大きな損傷が生じ、漂流防止装置に波及的影響を与えないように岸壁の補強を図る。 |

3. 今後の説明内容

- 今後の審査会合にて以下の内容を説明する。

【漂流防止装置の設計方針及び評価方針】

- 評価上考慮する波源の選定とその妥当性
- 津波時に想定する船体挙動の妥当性（傾き・転倒評価含む）
- 漂流防止装置の評価方法とその妥当性及び保守性


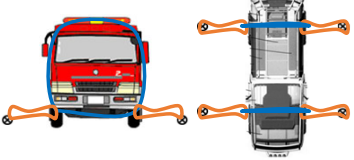

【漂流防止対策の成立性】

- 上記評価方針による評価結果
- 漂流防止装置を用いた運用において、津波来襲前に確実に作業員が退避可能であることの確認結果

以降，参考資料

(参考) 適用事例について

- 本資料でご説明した、構成部材「船体胴巻きロープ（高強度繊維ロープ）」、「沖だし係留索（高強度繊維ロープ）/係留ブイ含む」、「シンカー」の全てを組み合わせた沖だし係留の適用事例はないが、それぞれ単体では適用事例があるため、以下に示す。
- 適用事例を組み合わせることによって、沖だし係留を達成させる。

| | 適用事例 | 参考文献・参考写真・参考図 |
|----------|---|---|
| 沖だし係留 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 沖縄県的那覇と南大東島を繋ぐ、定期連絡船（だいとう）にて、南大東島での係留時に、沖だし係留を用いている。（高潮や高波対策） ・ 沖合に沈めているコンクリートシンカーに連絡船を係留することによって、係留位置を保持する。 | 参考文献： （一財）港湾空港総合技術センター 平成28年度 研究助成 成果報告書 港湾内係留船舶の津波漂流防止対策に関する研究 （日本大学理工学部 居駒知樹） |
| 係留ブイ | <ul style="list-style-type: none"> ・ 港湾内において、船舶が停泊するために設けられている係留施設であり、小型の漁船からタンカーといった大型船舶まで一般的に用いられている。 ・ 係留ブイの先端には、沈錘（重しやシンカー）が取り付けられている。 | 参考写真：（左：鋼製，右：樹脂製）  |
| 胴巻ロープ | <ul style="list-style-type: none"> ・ 先行プラント（東海第二，柏崎刈羽）及び泊3号炉において、第6条：外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻）にて、車両に対し飛散防止対策として車両の固縛を実施することとしている。 ・ 車両固縛を目的とし、車両に取り付けるメインロープ（右図：青ロープ）は、沖だし係留における胴巻きロープと同様に、車両に掛かる荷重の分散効果を要している。 | 参考図：車両の竜巻（飛散防止）対策  青ロープ：メインロープ オレンジロープ：サイドロープ |
| 高強度繊維ロープ | <ul style="list-style-type: none"> ・ 海上の分野では、船舶の係留索やタグライン，洋上風力設備の固定，サロマ湖への流水流入防止等，その他の分野では，消防のレンジャーロープ，上記で示した車両の竜巻対策（飛散防止対策）等，幅広い分野で用いられており，繊維の材質やロープの構造を組み合わせることで，さまざまな用途に対応可能である。 | 参考写真：大型船の係留索  |

(参考) 沖だし係留の設置作業イメージ

■ 沖だし係留（漂流防止装置）の設置作業は、下記イメージ図のとおり。

■ 構成部材のうち、No. ①：船体胴巻きロープとNo. ②- 1：船体接続ロープは、泊発電所専用港へ入港する前に、他港（室蘭港、むつ小川原港等）で燃料等輸送船の船体に取り付けた状態とする。下記作業は、No. ①とNo. ②- 1の各ロープを船体に取り付けた状態で専用港へ入港した後の作業である。

【沖だし係留設置：作業状況 1】

- 専用港へ入港後、沖だし係留接続作業位置に燃料等輸送船をセットする。
- 船体に取り付けていたNo. ②- 1：船体接続ロープを海面に落とし、小型船舶等を用いて、No. ②- 1：船体接続ロープの先端をNo. ②- 2：係留ブイまで運搬する。
- この時点で津波警報が発令された場合は、緊急退避を行う。

【沖だし係留設置：作業状況 2】

- No. ②- 1：船体接続ロープとNo. ②- 2：係留ブイを接続※する。
※：接続はシャックル等を用い、即時接続可能な構造とする。係留ブイの構造詳細については、現在検討中。
- 船体接続ロープと係留ブイを4箇所接続した時点で、沖だし係留は完成状態となる。
- **4箇所中どこか1箇所でも接続した段階から燃料等輸送船は緊急退避不可の状態となるため、4箇所を同時に接続する。**
- 接続完了後、タグボート（2隻）を用いて燃料等輸送船を荷揚岸壁側へ押し込み、接岸させる。

【沖だし係留設置：作業状況 3】

- 荷揚岸壁に接岸後、通常の係留索（船体と荷揚岸壁の固定用）を設置する。
- 接岸状態においては、沖側の係留ブイは海中に沈んだ状態となる。

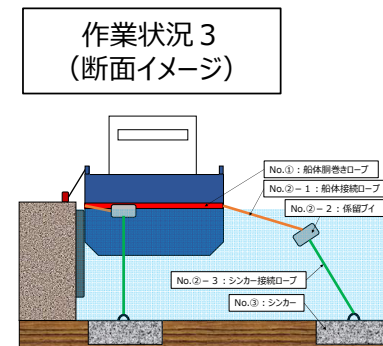
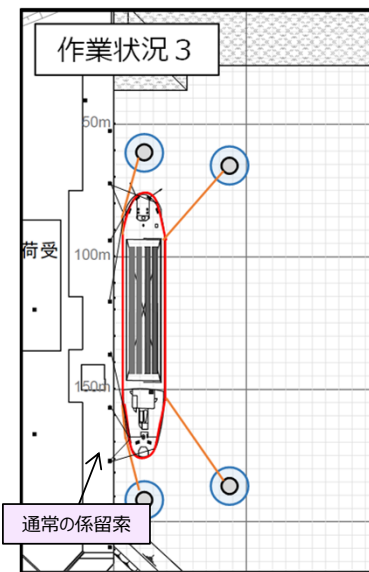
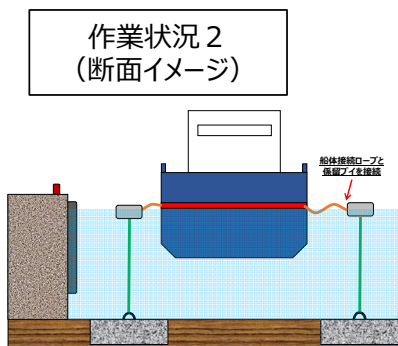
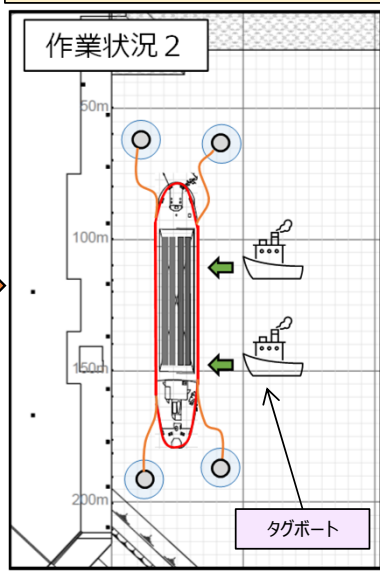
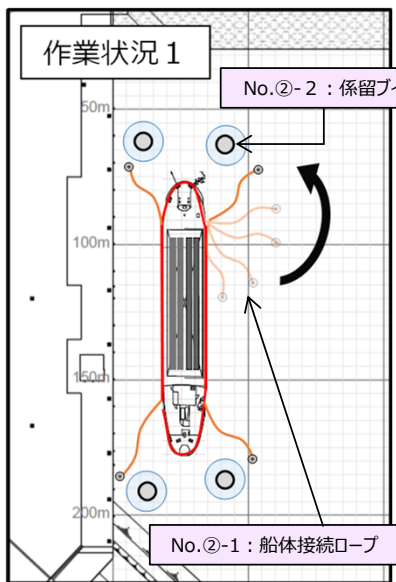


図 沖だし係留設置作業イメージ

■ 要求機能に対する設計方針

【基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド：令和3年6月23日施行】

5.4.2 漂流物による波及的影響の検討

【規制基準における要求事項等】

津波防護施設の外側の発電所敷地内及び近傍において建物・構築物、設置物等が破損又は損壊した後に漂流する可能性について検討すること。

上記の検討の結果、漂流物の可能性がある場合には、防潮堤等の津波防護施設、浸水防止設備に波及的影響を及ぼさないよう、漂流防止措置又は津波防護施設・設備への影響防止措置を施すこと。

【確認内容】

- (1) 漂流物による波及的影響の検討方針が、要求事項に適合する方針であることを確認する。
- (2) 設計方針の確認に加え、入力津波に対して津波防護機能が十分保持できる設計がなされることの見通しを得るため、以下の例のような具体的な方針を確認する。

漂流防止装置への
要求事項

- ① 敷地周辺の遡上解析結果等を踏まえて、敷地周辺の陸域の建物・構築物及び海域の設置物等を網羅的に調査した上で、敷地への津波の来襲経路及び遡上経路並びに津波防護施設の外側の発電所敷地内及び近傍において発生する可能性のある漂流物を特定する方針であること。なお、漂流物の特定に当たっては、地震による損傷が漂流物の発生可能性を高めることを考慮する方針であること。また、敷地港湾及び敷地前面海域において航行、停泊、係留される船舶がある場合は、津波の特性、地形、設置物の配置、船舶の退避行動等を考慮の上、漂流物となる可能性について検討していること。
- ② 漂流防止装置、影響防止装置は、津波による波力、漂流物の衝突による荷重との組合せを適切に考慮して設計する方針であること。

(拡大図) 図1

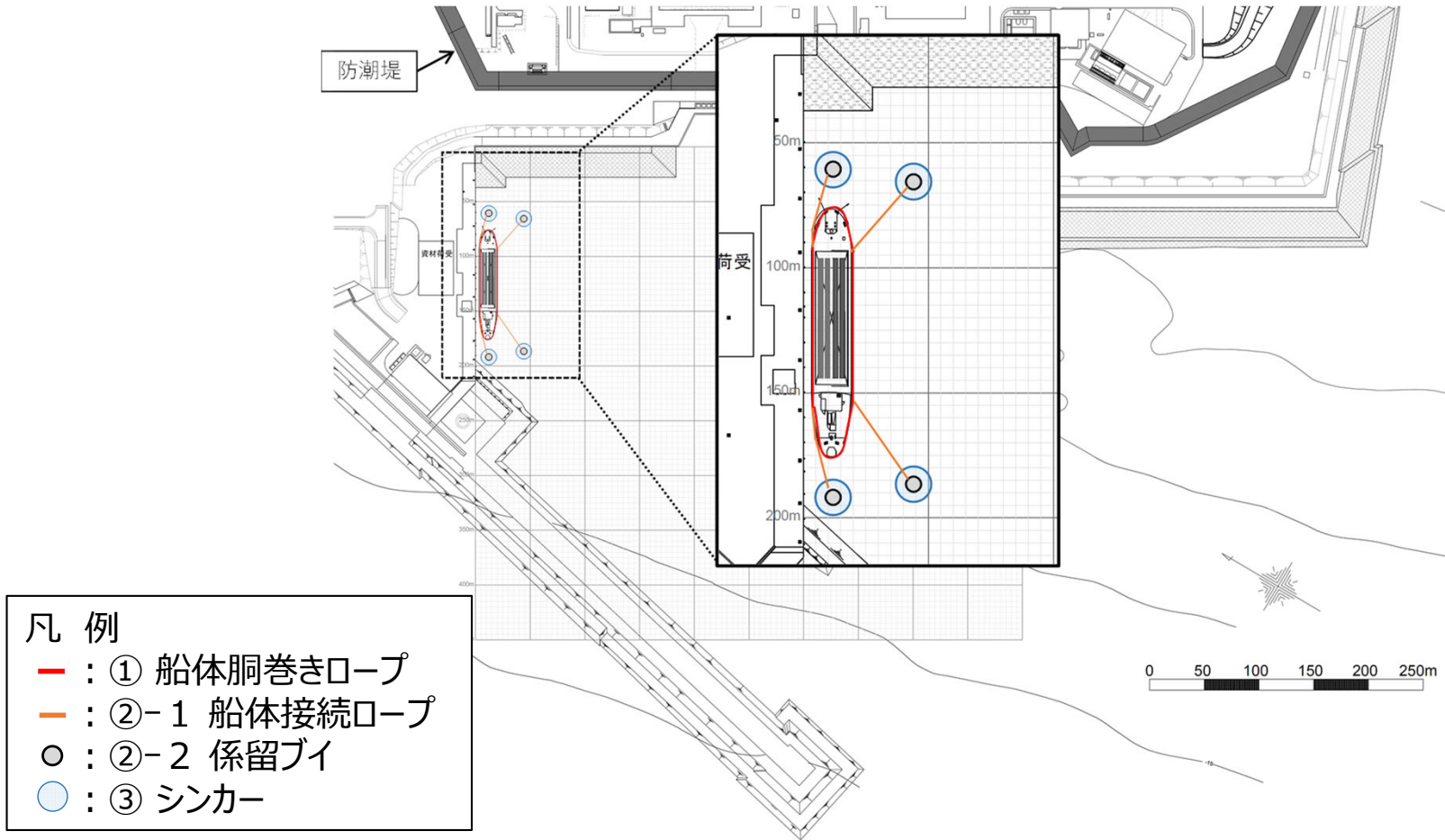


図1 沖だし係留（漂流防止装置）
概要図①（沖だし係留イメージ 平面）

(拡大図) 図2

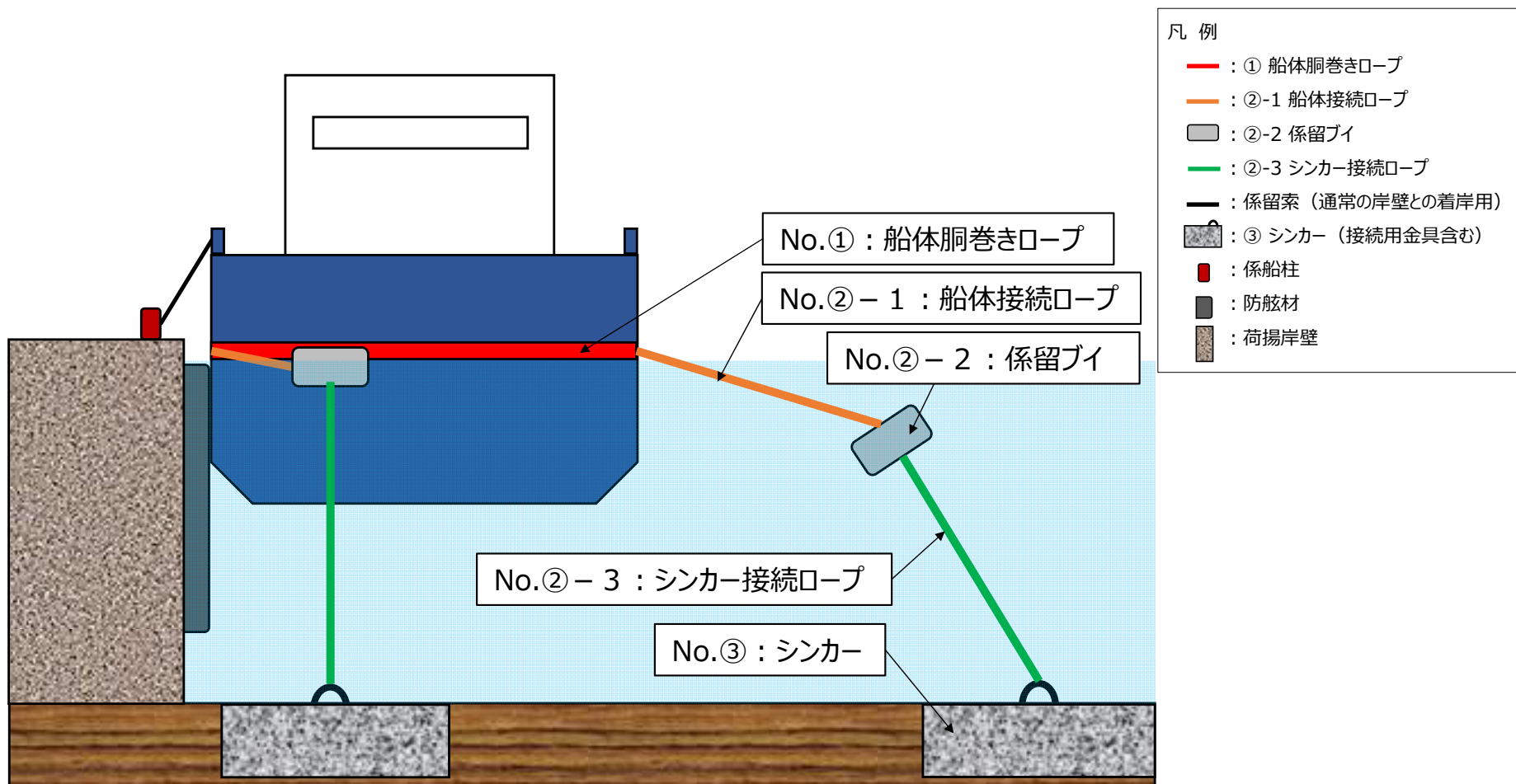


図2 沖だし係留 (漂流防止装置)
概要図② (沖だし係留イメージ 断面)

(拡大図) 図3

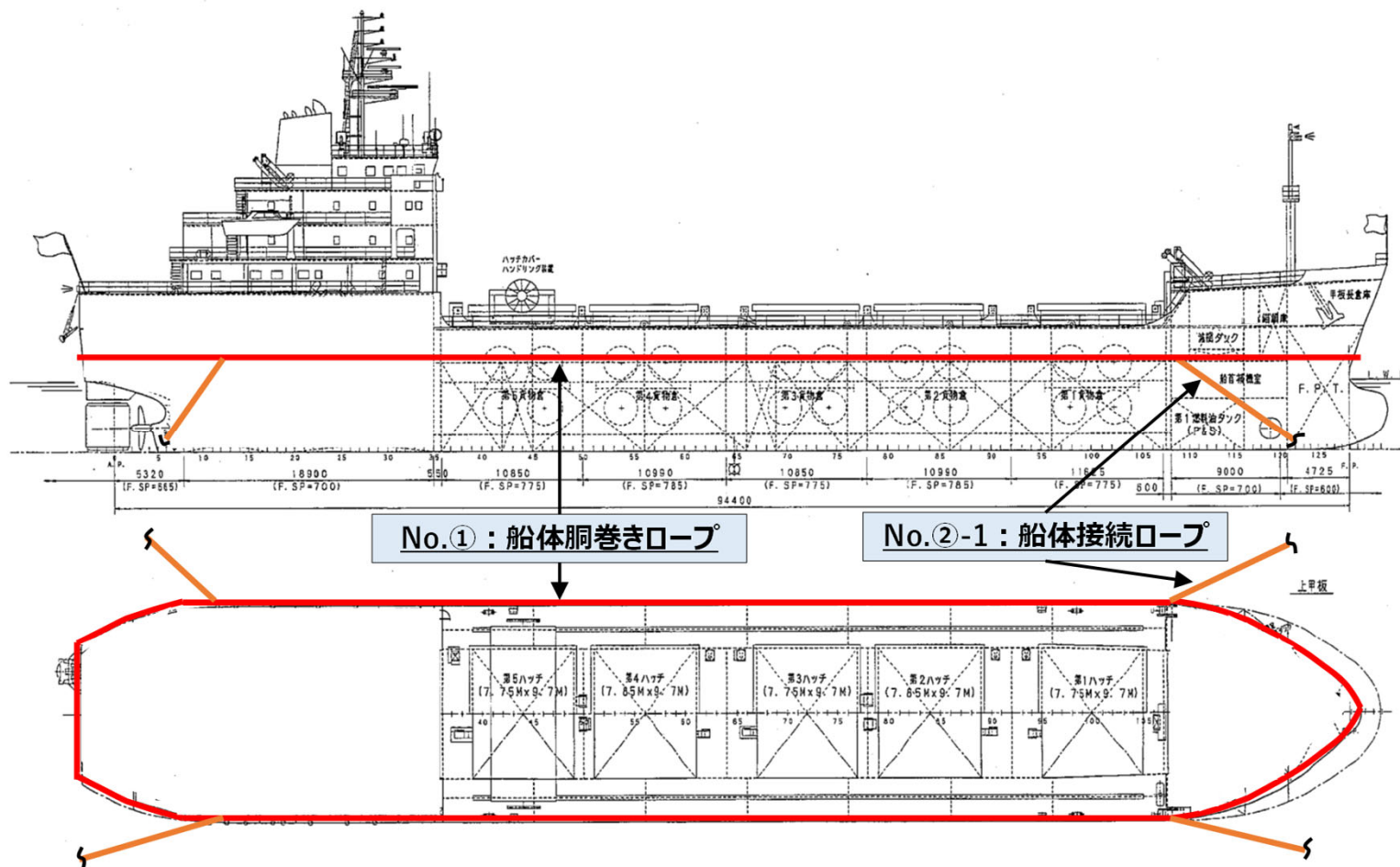


図3 沖だし係留（漂流防止装置）
概要図③（船体取り付けイメージ）