


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 4 月 18 日
北海道電力株式会社

 : 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

無断複製・転載等禁止

1. 現在までの説明経緯と本日の説明事項	3
2. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 240201-01）	4
用語の定義	5
本日の説明資料の構成	6
2-1. 沖だし係留の概要	7
2-2. 沖だし係留の性質上，否定できない不確かさの抽出と分類	8
2-3. 沖だし係留の重点課題の整理	9~10
2-4. ロープを用いない漂流物化防止対策等の検討方針	11
2-5. ロープを用いない漂流物化防止対策等の概略成立性検討	12~14
2-6. ロープを用いた漂流物化防止対策の検討方針	15
2-7. ロープを用いた漂流物化防止対策の概略成立性検討	16~17
2-8. 漂流物化防止対策の組み合わせの検討状況	18~21
3. 今後の説明内容	22

1. 現在までの説明経緯と本日の説明事項

〈現在までの説明経緯〉

- 第1177回審査会合（2023年8月3日）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。
- 第1223回審査会合（2024年2月1日）において、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、「緊急退避を要しない漂流物化防止対策」として、“係留③（燃料等輸送船を海域から係留する方策）（以降、「沖だし係留※」）”を第一候補として検討を実施すること及び、“係留④（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）”についても、その有効性と成立性について検討を行うことをご説明した。

〈本日の説明事項〉

- 本日は、第1223回審査会合（2024年2月1日）にて頂いた指摘事項を踏まえた、燃料等輸送船の漂流物化防止対策の検討状況について、中間報告として、ご説明させて頂く。
- 漂流物化防止対策の保守的な設計の考え方、評価方針、成立性等については、次回以降の審査会合でご説明させて頂く。

※ 泊発電所専用港湾で設置検討した沖だし係留の位置づけを参考1に示す。

2. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 240201-01）

【指摘事項 第1223回審査会合（2024年2月1日開催）】

燃料等輸送船を海域から係留する方策の実現可能性については、以下に示す項目を踏まえて説明すること。

- ✓ 当該方策の性質上否定できない不確かさ（例えば、外力による船体の回転等の応答、船体と沖だし係留索の挙動、沖だし係留索の一つが破断した場合における残された沖だし係留索への荷重分配等。）を抽出すること。
- ✓ 当該方策の不確かさ及び共通する要因による機能喪失に伴う影響の程度を踏まえ、重点課題（例えば、船体胴巻きロープ^①及び沖だし係留索の破断、脱落等による機能喪失に対する対策）を説明すること。
- ✓ 当該方策の重点課題に対して、保守的な設計の考え方及び冗長性を確保した対策（性質の異なる対策含む。）を説明すること

【回答（漂流物化防止対策^{※1}の検討状況）】

- 沖だし係留には、ロープを用いた対策として性質上否定できない不確かさがあることから、改めて、燃料等輸送船の漂流物化防止対策を検討した。
- ロープを用いない対策は、取付け/取外しに時間を要することから、泊の専用港湾に来襲する津波の特徴（短時間で高い津波が来襲する）を踏まえた運用上の課題^{※2}はあるものの、まずは、性質上否定できない不確かさが小さなロープを用いない対策の成立性について概略検討を実施した。
- **成立性について概略検討を行った結果**、以下のとおりと判断した。
荷揚岸壁への乗上げ防止に期待できる対策案：“荷揚岸壁に船体乗上防止用の柱を設置”を採用
港湾内の漂流防止に期待できる対策案：すべての案で運用上の課題^{※2}があり、成立性が見込める対策案はない
- また、漂流物化防止対策だけでなく、燃料等輸送船が漂流物化した場合の、津波防護施設及び取水機能に対する漂流物影響防止対策についても成立性についての概略検討を実施したが、漂流物衝突荷重に耐えうる構造物の設計が困難であるため、どの対策案も成立しない結果となった。
- 上記より、泊専用港に来襲する津波の特徴（短時間で高い津波が来襲する）を踏まえた運用上の課題に対しては、**短時間かつ容易に対策の取付け/取外しが可能な、「ロープを用いた港湾内の漂流防止対策」が不可欠であると判断し**、「ロープを用いた港湾内の漂流防止対策」の成立性について概略検討を実施した。
- **成立性について概略検討を行った結果**、「ロープを用いた港湾内の漂流防止対策」として、**4案を採用可能**と評価したが、ロープが有する重点課題を踏まえ、**異なる対策の組み合わせにより多様性を有した設計とすることで、共通する要因による機能喪失が生じない設計**とする。

※1：漂流物化防止対策は、荷揚岸壁への乗上げ防止と港湾内の漂流防止の2つを達成する必要がある。また、荷揚岸壁へ乗上がることで、燃料等輸送船が漂流物化に至る考え方を参考2に示す。

※2：泊専用港湾に来襲する津波は短時間（約14分）で来襲するため、燃料等輸送船の入・出港時または、対策の設置作業中に津波が発生した場合には、津波来襲までに設置作業の完了または港湾外へ退避のどちらかの対応が必要となる。

2. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 240201-01）

用語の定義

- 本資料で記載する「冗長性」「多様性」の定義を以下のとおりとする

【定義】

✓ 冗長性

- 燃料等輸送船の漂流物化防止対策を達成させるための係留装置において、信頼性の高い設備による設計構成のほかに、これに余力設備として追加設計・設置することで、装置の一部が破損・機能喪失した場合においても全体の機能を維持できるようにすること。

✓ 多様性

- 燃料等輸送船の漂流物化防止対策を達成させるための係留装置において、共通する要因による要素の破損・機能喪失が全体の機能に影響を及ぼさないように異なる方法や構造を要素として取り入れること。

✓ 多重性

- 燃料等輸送船の漂流防止対策を達成させるための係留装置において、一つの要素が破損・機能喪失した場合においても全体の機能を維持できるようにするための裕度向上設計。

2. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 240201-01）

本日の説明資料の構成

	ページ番号
2-1. 沖だし係留の概要	7
2-2. 沖だし係留の性質上、 否定できない不確かさの抽出と分類	8
2-3. 沖だし係留の重点課題の整理	9 ~ 10

- 沖だし係留には性質上否定できない不確かさがあることから、改めて燃料等輸送船の漂流物化防止対策を検討する。

	ページ番号
2-4. ロープを用いない漂流物化防止対策等の検討方針	11
2-5. ロープを用いない漂流物化防止対策等の 概略成立性検討	12 ~ 14

- 漂流物化防止対策の機能を、「荷揚岸壁への乗上げ防止機能」「港湾内の漂流防止機能」に分けて対策を検討する。
- 検討にあたっては、泊の津波の特徴（短時間で高い津波が来襲）を踏まえて、運用上及び構造上の観点で概略検討を実施。

	ページ番号
2-6. ロープを用いた漂流物化防止対策の検討方針	15
2-7. ロープを用いた漂流物化防止対策の 概略成立性検討	16 ~ 17

- 漂流物化防止対策を再検討した結果、「荷揚岸壁への乗上げ防止機能」については、ロープを用いない対策が可能であり、“荷揚岸壁に船体乗上防止用の柱を設置”を採用。
- 「港湾内の漂流防止機能」については、ロープを用いた対策が不可欠であり、重点課題を踏まえ、異なる対策の組み合わせにより多様性を有した設計とすることで、共通する要因による機能喪失が生じない設計とする。

	ページ番号
2-8. 漂流物化防止対策の組み合わせの検討状況	18 ~ 21

2. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 240201-01）

2-1. 沖だし係留の概要

表1 沖だし係留の構成部材と機能

No.	構成部材	材質	機能
①	船体胴巻きロープ	高強度 繊維ロープ*	・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沖だし用係留索へ伝達する。 ・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）
②-1	沖だし用 係留索	船体接続ロープ	高強度 繊維ロープ*
②-2		係留パイ	金属、樹脂
②-3		シンカー接続ロープ	高強度 繊維ロープ*
③	シンカー	コンクリート	・係留パ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。 ・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。

* 海上での取扱性及び高い引張強度の観点から採用。高強度繊維ロープの特性等を参考3に示す。

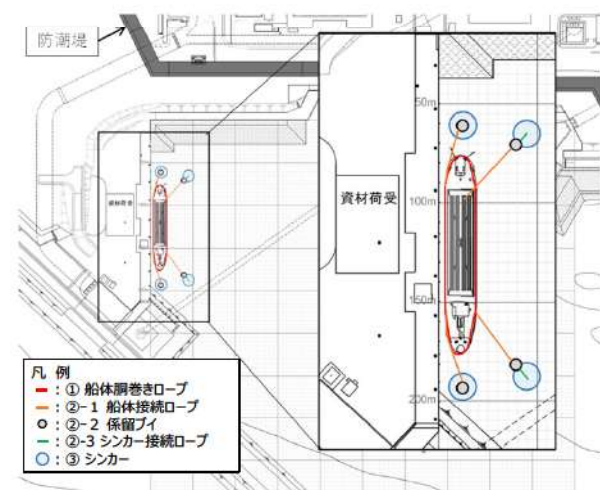
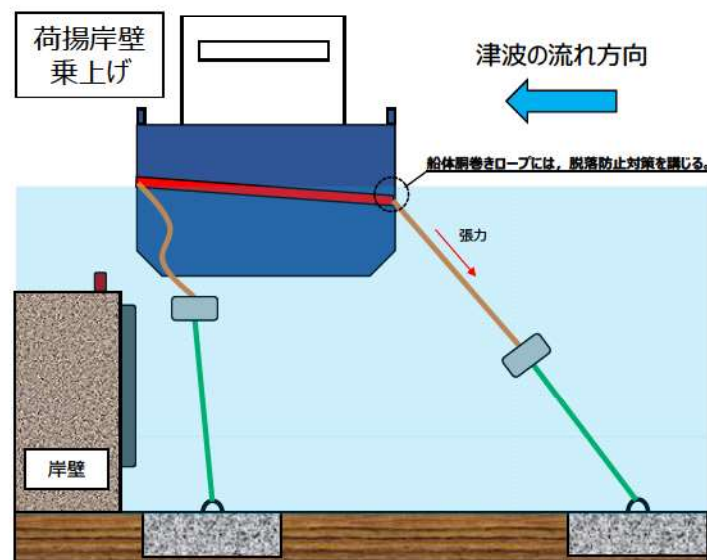


図1 沖だし係留概要図
(沖だし係留イメージ 平面)

取水口への到達や防潮堤へ衝突することを防止するために、4方向から船体を係留する



■ 燃料等輸送船が荷揚岸壁側へ移動する際、荷揚岸壁から遠い側のシンカーに取り付けてある沖だし用係留索により、燃料等輸送船が荷揚岸壁に乗り上がることを防止する。
■ 燃料等輸送船が港湾内で移動する際、シンカーに取り付けてある沖だし用係留索により、燃料等輸送船が港湾内の漂流物化を防止する。（図2においては、岸壁に直交方向の流れの状態を示す。）

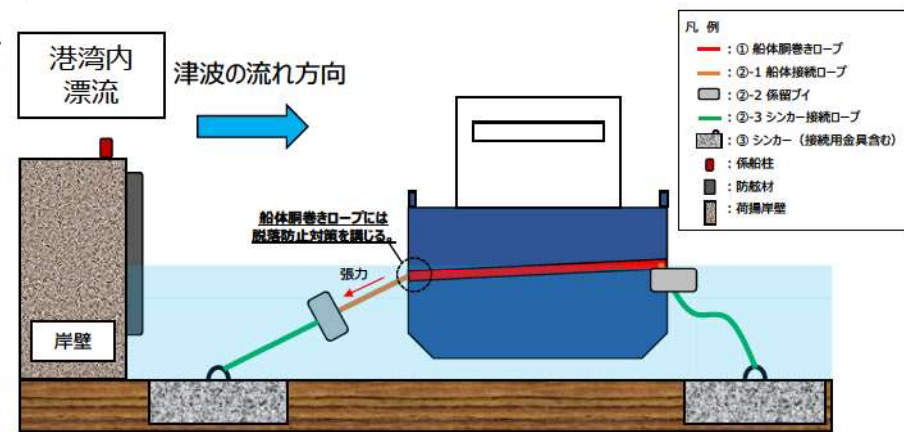


図2 沖だし係留概要図 (沖だし係留イメージ 断面)

2. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 240201-01）

2-2. 沖だし係留の性質上、否定できない不確かさの抽出と分類

- 津波時に想定される事象に対して、沖だし係留の構成部材が破損・機能喪失に至らない様に適切な構造とするために、設計上想定する挙動等で発生する荷重に対しては設計裕度を確保する。
- 一方、設計の想定を超えた船体挙動やロープを用いることによる不確かさをなくすことはできないことから、設計裕度を超えて機能喪失に至る可能性を考慮し、これらに対して重点課題を設定する。
- 沖だし係留の性質上否定できない不確かさを以下のとおり整理し、荷揚岸壁への乗上げ防止機能及び港湾内の漂流防止機能に分けて、「不確かさによって機能喪失に至る事象」、「重点課題」を次ページ以降に整理する。

要因	沖だし係留の性質上、否定できない不確かさ	不確かさの分類
環境要因※	泊発電所専用港湾内の複雑な流況	船体挙動の不確かさ
	地震による海底の地盤変状や液状化による影響	シンカー変位の不確かさ
	漂流物がロープ（船体胴巻きロープ、沖だし用係留索）に接触することによる外的影響	漂流物影響の不確かさ
	地震による荷揚岸壁の損傷 ⇒ 耐震補強するため考慮不要	—
部材要因	沖だし用係留索に、鋼製の係留索よりも伸びの大きな高強度繊維ロープを採用することによる船体挙動の不確かさ	船体挙動の不確かさ
	沖だし用係留索に余長を持たせることによる船体挙動の不確かさ	
	沖だし用係留索に余長を持たせることによるロープ挙動の不確かさ	ロープ挙動の不確かさ

※：沖だし係留に対して影響する可能性のある地震時の影響や津波時の影響について環境要因を抽出した。

2. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 240201-01）

2-3. 沖だし係留の重点課題の整理（1/2）

機能	沖だし係留の性質上、否定できない不確かさによって機能喪失に至る事象	重点課題
荷揚岸壁 への 乗上げ防止	【船体胴巻きロープ】	
	<p>〈船体挙動の不確かさ〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 荷揚岸壁と燃料等輸送船の間に挟まれ、船体胴巻きロープが破断する。 ■ 想定外の船体挙動に伴い、設計荷重以上の荷重が作用し、船体胴巻きロープが破断する。 <p>〈漂流物影響の不確かさ〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 漂流物の接触により、船体胴巻きロープが破断する。 	<p>荷揚岸壁と船体との挟まれによるロープの破断</p> <p>想定外の船体挙動に伴うロープの破断</p> <p>漂流物の接触によるロープの破断</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 船体胴巻きロープが破断した場合は、即座に機能喪失し、漂流物化する。
	<p>〈船体挙動の不確かさ〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 津波来襲時における複雑な船体挙動により、船体胴巻きロープが脱落する。 (船体挙動に伴う、張力による伸びでの脱落、船体の傾き・転倒による脱落を考慮) 	<p>想定外の船体挙動に伴うロープの脱落</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 船体胴巻きロープが脱落した場合は、即座に機能喪失し、漂流物化する。
	【沖だし用係留索】	
<p>〈船体挙動の不確かさ〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 想定外の船体挙動に伴い、設計荷重以上の荷重が作用し、沖だし用係留索が破断する。 <p>〈漂流物影響の不確かさ〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 漂流物の接触により、沖だし用係留索が破断する。 <p>〈ロープ挙動の不確かさ〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 荷揚岸壁と燃料等輸送船の間に挟まれ、荷揚岸壁側の沖だし用係留索が破断する。 <p>〈シンカー変位の不確かさ〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 液状化等によるシンカーの変位により、沖だし用係留索の余長が不足し、水位上昇に追従することが出来なくなり、沖だし用係留索が破断する。また、シンカーの変位を考慮し、余長を過剰に持たせてしまうと、燃料等輸送船が荷揚岸壁に乗上げる。 	<p>海底と船体との挟まれによるロープの破断</p> <p>想定外の船体挙動に伴うロープの破断</p> <p>漂流物の接触によるロープの破断</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ いずれか1本の沖だし用係留索が破断した場合は、その他3本の沖だし用係留索に機能を期待することが可能だが、<u>1本破断後における、船体挙動の不確かさにより、その他3本の沖だし用係留索の破断と、漂流物化のリスクが高まる。</u> <p>液状化等によるシンカー変位</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ シンカー変位により係留索の余長不足：波高追従不可となり、<u>沖だし用係留索が破断</u> ➢ シンカー変位による係留索の余長過剰：<u>荷揚岸壁に乗上げる。</u> 	

2. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 240201-01）

2-3. 沖だし係留の重点課題の整理（2/2）

機能	沖だし係留の性質上、否定できない不確かさによって機能喪失に至る事象	重点課題
港湾内の 漂流防止	【船体胴巻きロープ】	
	<p>〈船体挙動の不確かさ〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 荷揚岸壁と燃料等輸送船の間に挟まれ、船体胴巻きロープが破断する。 ■ 想定外の船体挙動に伴い、設計荷重以上の荷重が作用し、船体胴巻きロープが破断する。 <p>〈漂流物影響の不確かさ〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 漂流物の接触により、船体胴巻きロープが破断する。 	<p>荷揚岸壁と船体との挟まれによるロープの破断</p> <p>想定外の船体挙動に伴うロープの破断</p> <p>漂流物の接触によるロープの破断</p> <p>➢ 船体胴巻きロープが破断した場合は、即座に機能喪失し、漂流物化する。</p>
	<p>〈船体挙動の不確かさ〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 津波来襲時における複雑な船体挙動により、船体胴巻きロープが脱落する。 (船体挙動に伴う、張力による伸びでの脱落、船体の傾き・転倒による脱落を考慮) 	<p>想定外の船体挙動に伴うロープの脱落</p> <p>➢ 船体胴巻きロープが脱落した場合は、即座に機能喪失し、漂流物化する。</p>
	【沖だし用係留索】	
<p>〈船体挙動の不確かさ〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 想定外の船体挙動に伴い、設計荷重以上の荷重が作用し、沖だし用係留索が破断する。 <p>〈漂流物影響の不確かさ〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 漂流物の接触により、沖だし用係留索が破断する。 <p>〈ロープ挙動の不確かさ〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 海底面と燃料等輸送船の間に挟まれ、沖だし用係留索が破断する。 <p>〈シンカー変位の不確かさ〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 液状化等によるシンカーの変位により、船体の可動範囲が広がってしまう。船体可動範囲拡大による、想定外の船体挙動に伴い、設計荷重以上の荷重が作用し、沖だし用係留索が破断する。 	<p>海底と船体との挟まれによるロープの破断</p> <p>想定外の船体挙動に伴うロープの破断</p> <p>漂流物の接触によるロープの破断</p> <p>➢ いずれか1本の沖だし用係留索が破断した場合は、その他3本の沖だし用係留索に機能を期待することが可能だが、1本破断後における、船体挙動の不確かさにより、その他3本の沖だし用係留索の破断と、漂流物化のリスクが高まる。</p> <p>液状化等によるシンカー変位</p> <p>➢ 沖だし用係留索が健全な場合でも、シンカーの変位による船体可動範囲拡大により、取水口へ到達する可能性がある。</p>	

2. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 240201-01）

2-4. ロープを用いない漂流物化防止対策等の検討方針

- 沖だし係留には、ロープを用いた対策として性質上否定できない不確かさがあることから、改めて、燃料等輸送船の漂流物化防止対策を検討する。
- ロープを用いない対策は、取付け/取外しに時間を要することから、泊の専用港湾に來襲する津波の特徴（短時間で高い津波が來襲する）を踏まえた運用上の課題※¹はあるものの、まずは、性質上否定できない不確かさが小さなロープを用いない対策について検討を実施する。
- ロープを用いない対策の検討においては、漂流物化防止対策として必要な機能別に以下の条件に従い検討する。
 - ✓ 抽出する対策は、鋼材やコンクリート構造物等を用いた対策を対象とする。
 - ✓ 漂流物化防止対策として必要な機能として、“荷揚岸壁への乗上げ防止”、“港湾内の漂流防止”の2つの機能に対し、その機能達成に必要な対策を網羅的に抽出する。
 - ✓ 漂流物化防止対策だけでなく、燃料等輸送船が漂流物化した場合の、津波防護施設及び取水機能に対する漂流物影響防止対策についても検討する。
- 検討した対策に対して、運用上の課題※¹や構造上の課題※²の観点からの成立性についての概略検討を行い、明らかに成立する見通しがないものを判別する。具体的な検討結果を次ページ以降に示す。

※1：泊専用港湾に來襲する津波は短時間（約14分）で來襲するため、燃料等輸送船の入・出港時または、対策の設置作業中に津波が発生した場合には、津波來襲までに設置作業の完了または港湾外へ退避のどちらかの対応が必要となる。

※2：漂流物化防止対策の場合は、津波による波力だけでなく、燃料等輸送船が漂流物となることで生じる衝突荷重に耐える構造とする必要がある。

2. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 240201-01）

2-5. ロープを用いない漂流物化防止対策等の概略成立性検討（1/3）

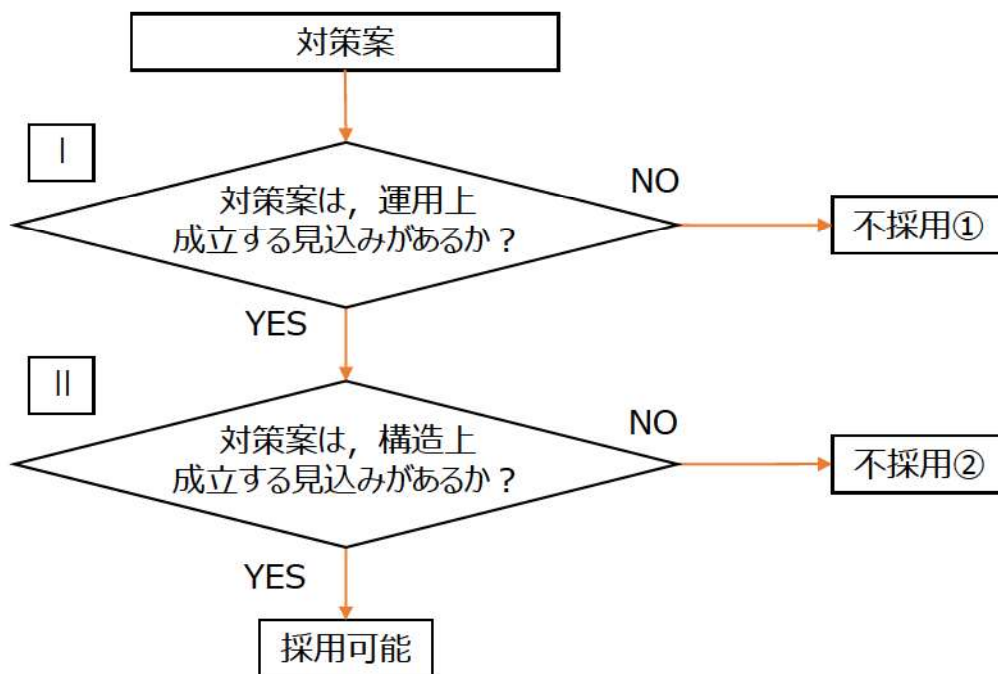
- 燃料等輸送船は荷役作業が必要なため、荷揚岸壁に接岸した状態で実施可能な対策とする必要があり、考えられる対策を以下のとおり抽出した。

対策案に期待する機能		対策案	対策概要 記載ページ
漂流物化防止	荷揚岸壁への乗上げ防止	荷揚岸壁に船体乗上防止用の柱を設置	参考4 P.27
	港湾内の漂流防止	鋼製の部材で船体を保持する	参考4 P.28
		船体係留位置の沖側に漂流防止用の柱を設置	参考4 P.29
漂流物影響防止	津波防護施設及び取水機能への影響防止	防潮堤全面（堀株側～茶津側まで）への船体衝突防止用柱の設置，及び取水口前面（1，2号及び3号）への船体到達防止用柱の設置	参考4 P.30
		岸壁（荷揚岸壁＋発電所側護岸）の嵩上げ	参考4 P.31

2. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 240201-01）

2-5. ロープを用いない漂流物化防止対策等の概略成立性検討（2/3）

- 漂流物化防止対策等については、運用上の課題及び構造上の課題について検討を行い、明らかに成立する見通しが無いものを以下のフローで判別した。



Iの判定基準

- 【漂流物化防止対策】，【漂流物影響防止対策】 同一
- 燃料等輸送船の入・出港時または、対策の設置作業中に津波が発生した場合に、津波来襲までに設置作業の完了または作業を中断して港湾外へ退避のどちらかの対応が可能か。

IIの判定基準

- 【漂流物化防止対策】
- 燃料等輸送船が係留された状態で作用する波力に耐える構造が可能か。
- 【漂流物影響防止対策】
- 燃料等輸送船が漂流物となることで生じる衝突荷重に耐える構造が可能か。

2. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 240201-01）

2-5. ロープを用いない漂流物化防止対策等の概略成立性検討（3/3）

■ ロープを用いない漂流物化防止対策等の概略成立性検討結果一覧を以下に示す。

対策案に期待する機能		対策案	I. 対策案は、運用上成立する見込みがあるか？		II. 対策案は、構造上成立する見込みがあるか？		検討結果
漂流物化防止	荷揚岸壁への乗上げ防止	荷揚岸壁に船体乗上防止用の柱を設置 (参考4 P.27)	YES	泊専用港内での船体に対する対策取付/取外し作業不要	YES	津波による波力※に耐える構造が成立する見通しあり	採用可能
	港湾内の漂流防止	鋼製の部材で船体を保持する (参考4 P.28)	NO	船体に対する対策の設置実施に時間を要するため、成立しない	/		不採用①
		船体係留位置の沖側に漂流防止用の柱を設置 (参考4 P.29)	NO	入・出港時において津波が発生した場合、津波の来襲までに、船体を停泊位置まで牽引完了すること、及び停泊位置から港湾外へ退避することが困難であるため、成立しない			不採用①
漂流物影響防止	津波防護施設及び取水機能への影響防止	防潮堤全面（堀株側～茶津側まで）への船体衝突防止用柱の設置、及び取水口前面（1, 2号及び3号）への船体到達防止用柱の設置 (参考4 P.30)	YES	泊専用港内での船体に対する対策取付/取外し作業不要	NO	燃料等輸送船が漂流物となることで生じる衝突荷重に耐える構造が成立困難	不採用②
		岸壁（荷揚岸壁＋発電所側護岸）の嵩上げ (参考4 P.31)	YES	泊専用港内での船体に対する対策取付/取外し作業不要	NO	燃料等輸送船が漂流物となることで生じる衝突荷重に耐える構造が成立困難	不採用②

※：評価に用いる波力が定まっていないが、現状想定している荷重に対しては成立する見通し。

2. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 240201-01）

2-6. ロープを用いた漂流物化防止対策の検討方針

- ロープを用いない漂流物化防止対策等の検討結果を踏まえて、港湾内の漂流防止対策にはロープを用いた対策を検討する。

【漂流物化防止対策】

- ロープを用いない対策について、成立性についての概略検討を行った結果、以下のとおりと判断した。
 - ・ 荷揚岸壁への乗上げ防止に期待できる対策案：“荷揚岸壁に船体乗上防止用の柱を設置”を採用
 - ・ 港湾内の漂流防止に期待できる対策案 **：すべての案で運用上の課題※があり、成立性が見込める対策案はない**
- ※：泊専用港湾に來襲する津波は短時間（約14分）で來襲するため、燃料等輸送船の入・出港時または、対策の設置作業中に津波が発生した場合には、津波來襲までに設置作業の完了または港湾外へ退避のどちらかの対応が必要となる。
- 泊専用港に來襲する津波の特徴（短時間で高い津波が來襲する）を踏まえた運用上の課題に対しては、短時間かつ容易に対策の取付け/取外しが可能な、「ロープを用いた港湾内の漂流防止対策」が不可欠である。
 - 「ロープを用いた港湾内の漂流防止対策」の成立性についての概略検討を行い、明らかに成立する見通しが無いものを判別する。具体的な検討結果を次ページ以降に示す。（検討フローはP.13のフローと同様）

【漂流物影響防止対策】

- 総トン数約5000トンの燃料等輸送船が漂流物化した場合、衝突荷重が大幅に増加することから、漂流物衝突荷重に耐える構造物の設計が困難であるため、どの対策案も成立しない。

2. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 240201-01）

2-7. ロープを用いた漂流物化防止対策の概略成立性検討（1/2）

■ 短時間かつ容易に対策の取付け/取外しが可能なロープを用いた対策として、以下を抽出した。

対策案に期待する機能		対策案	対策概要 記載ページ
漂流物化防止	港湾内の漂流防止	サルベージプレート等を用いた津波用係留（荷揚岸壁－船体間の高強度繊維ロープを用いた係留）	参考5 P.32
		船体胴巻きロープを用いた津波用係留（荷揚岸壁－船体間の高強度繊維ロープを用いた係留）	参考5 P.33
		海域に船体を囲うように漂流防止ロープを設置（荷揚岸壁－船体外周を高強度繊維ロープで囲む）	参考5 P.34
		岸壁側のシンカーを用いた港湾内の漂流防止用係留（沖だし係留の一部）	P.7
		海域に船体を囲うように漂流防止ネットを設置（海上の漂流防止ネットで船体を囲む）	参考5 P.35

2. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 240201-01）

2-7. ロープを用いた漂流物化防止対策の概略成立性検討（2/2）

■ ロープを用いた漂流物化防止対策の概略成立性検討結果一覧を以下に示す。

対策案に期待する機能	対策案	I. 対策案は、運用上成立する見込みがあるか？		II. 対策案は、構造上成立する見込みがあるか？		検討結果
		YES	NO	YES	NO	
港湾内の漂流防止	サルベージプレート等を用いた津波用係留 (荷揚岸壁-船体間の高強度繊維ロープを用いた係留) (参考5 P.32)	YES		YES	津波による波力※に耐える構造が成立する見通しあり	採用可能
	船体胴巻きロープを用いた津波用係留 (荷揚岸壁-船体間の高強度繊維ロープを用いた係留) (参考5 P.33)	YES		YES	津波による波力※に耐える構造が成立する見通しあり	採用可能
	海域に船体を囲うように漂流防止ロープを設置 (荷揚岸壁-船体外周を高強度繊維ロープで囲む) (参考5 P.34)	YES		YES	津波による波力※に耐える構造が成立する見通しあり	採用可能
	岸壁側のシンカーを用いた港湾内の漂流防止用係留 (沖だし係留の一部) (P.7)	YES		YES	津波による波力※に耐える構造が成立する見通しあり	採用可能
	海域に船体を囲うように漂流防止ネットを設置 (海上の漂流防止ネットで船体を囲む) (参考5 P.35)		NO			不採用①

※：評価に用いる波力が定まっていないが、現状想定している荷重に対しては成立する見通し。

2. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 240201-01）

2-8. 漂流物化防止対策の組み合わせの検討状況（1/4）

■ 現状における漂流物化防止対策の検討状況は以下のとおりである

【漂流物化防止対策の検討状況】

- 改めて、燃料等輸送船の漂流物化防止対策について、検討を行った結果、漂流物化防止対策に必要な機能のうち、「荷揚岸壁への乗上げ防止機能」については、ロープを用いない対策が可能であり、「荷揚岸壁に船体乗上防止用の柱を設置」を採用する。
- 「港湾内の漂流防止機能」については、ロープを用いた対策が不可欠である。
- 「ロープを用いた港湾内の漂流防止対策」として、下表に示す4案を採用可能と評価したが、ロープが有する重点課題※を踏まえ、異なる対策の組み合わせにより多様性を有した設計とすることで、共通する要因による機能喪失が生じない設計とする。
 - ※ 重点課題への対策要否の整理状況を参考6に示す。
- 次スライドから、対策の組み合わせ案及び組み合わせた場合の課題と設計方針を示す。
- 組み合わせる対策は、下表の対策から選択するが、現状、評価に用いる波力が定まっていないことから、考慮すべき波力によっては設計上成立しない可能性があるため、採用結果は成立性評価と共に説明させて頂く。

対策案に期待する機能	対策案	評価結果
荷揚岸壁への乗上げ防止	荷揚岸壁に船体乗上防止用の柱を設置	採用可能
港湾内の漂流防止	サルベージプレート等を用いた津波用係留（荷揚岸壁－船体間の高強度繊維ロープを用いた係留）	採用可能
	船体胴巻きロープを用いた津波用係留（荷揚岸壁－船体間の高強度繊維ロープを用いた係留）	採用可能
	海域に船体を囲うように漂流防止ロープを設置（荷揚岸壁－船体外周を高強度繊維ロープで囲む）	採用可能
	岸壁側のシンカーを用いた港湾内の漂流防止用係留（沖だし係留の一部）	採用可能

2. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 240201-01）

2-8. 漂流物化防止対策の組み合わせの検討状況（2/4）

	荷揚岸壁への乗上げ防止対策	港湾内の漂流防止対策	港湾内の漂流防止対策を 組み合わせた場合の課題とその対応策	イメージ図
組み合わせ ①	荷揚岸壁に船体乗上防止用の 柱を設置	<p>【1 対策目】 海域に船体を囲うように漂流防止ロープを設置 (荷揚岸壁-船体外周を高強度繊維ロープで囲む)</p> <p>【2 対策目】 サルベージプレート等を用いた津波用係留 (荷揚岸壁-船体間の高強度繊維ロープを用いた係留)</p> <p>【上記2 対策に共通する主要重点課題】 ■ 漂流物の接触によるロープの破断</p>	<p>【課題】 ■ 対策を組み合わせた場合でも、漂流物の接触による破断事象を防止する必要がある。</p> <p>【課題に対する対応策】 ■ 漂流物の接触による破断事象による機能喪失を防止可能な設計とする。(ロープ表面への被覆処理・緩衝材の取付け※等)</p> <p>■ また、ロープの取付け位置の工夫(各対策におけるロープの設置高さを変える等)を行い、漂流物の接触を防止することも検討する。</p>	<p>● 津波対策用係留柱+防断材 ● 乗上防止用の柱 ○ 船体乗上り漂流防止ロープ ■ サルベージプレートからの津波用係留索</p>
組み合わせ ②	荷揚岸壁に船体乗上防止用の 柱を設置	<p>【1 対策目】 海域に船体を囲うように漂流防止ロープを設置 (荷揚岸壁-船体外周を高強度繊維ロープで囲む)</p> <p>【2 対策目】 船体胴巻きロープを用いた津波用係留 (荷揚岸壁-船体間の高強度繊維ロープを用いた係留)</p> <p>【上記2 対策に共通する主要重点課題】 ■ 漂流物の接触によるロープの破断</p>	<p>【課題】 ■ 対策を組み合わせた場合でも、漂流物の接触による破断事象を防止する必要がある。</p> <p>【課題に対する対応策】 ■ 漂流物の接触による破断事象による機能喪失を防止可能な設計とする。(ロープ表面への被覆処理・緩衝材の取付け※等)</p> <p>■ また、ロープの取付け位置の工夫(各対策におけるロープの設置高さを変える等)を行い、漂流物の接触を防止することも検討する。</p>	<p>● 津波対策用係留柱+防断材 ● 乗上防止用の柱 ○ 船体乗上り漂流防止ロープ ■ 船体胴巻きロープ</p>

※：被覆処理と緩衝材については、課題に対する対策として有効か、継続検討中。

2. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 240201-01）

2-8. 漂流物化防止対策の組み合わせの検討状況（3 / 4）

	荷揚岸壁への乗上げ防止対策	港湾内の漂流防止対策	港湾内の漂流防止対策を 組み合わせた場合の課題とその対応策	イメージ図
組み合わせ ③	荷揚岸壁に船体乗上防止用の 柱を設置	<p>【1 対策目】 海域に船体を囲うように漂流防止ロープを設置 (荷揚岸壁-船体外周を高強度繊維ロープで囲む)</p> <p>【2 対策目】 岸壁側のシンカーを用いた港湾内の漂流防止用 係留（沖だし係留の一部）</p> <p>【上記2対策に共通する主要重点課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 漂流物の接触によるロープの破断 ■ 海底と船体との挟まれによるロープの破断 ■ 複雑な船体挙動によるロープの脱落 	<p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 対策を組み合わせた場合でも、漂流物の接触による破断事象、海底と船体との挟まれによる破断事象を防止、複雑な船体挙動によるロープの脱落を防止する必要がある。 <p>【課題に対する対応策】</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 漂流物の接触による破断事象による機能喪失を防止可能な設計とする。(ロープ表面への被覆処理・緩衝材の取付け※等) ■ 海底と船体との挟まれによる破断事象による機能喪失を防止可能な設計とする。(ロープ表面への被覆処理・緩衝材の取付け、脱落防止用ロープ・脱落防止用架台の取付け等) ■ 複雑な船体挙動によるロープの脱落による機能喪失を防止可能な設計とする。(脱落防止用ロープ・脱落防止用架台の取付け等) 	
組み合わせ ④	荷揚岸壁に船体乗上防止用の 柱を設置	<p>【1 対策目】 サルベージプレート等を用いた津波用係留 (荷揚岸壁-船体間の高強度繊維ロープを用いた係留)</p> <p>【2 対策目】 岸壁側のシンカーを用いた港湾内の漂流防止用 係留（沖だし係留の一部）</p> <p>【上記2対策に共通する主要重点課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 漂流物の接触によるロープの破断 ■ 荷揚岸壁と船体との挟まれによるロープの破断 ■ 海底と船体との挟まれによるロープの破断 	<p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 対策を組み合わせた場合でも、漂流物の接触による破断事象、荷揚岸壁と船体や海底と船体との挟まれによる破断事象を防止する必要がある。 <p>【課題に対する対応策】</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 漂流物の接触による破断事象による機能喪失を防止可能な設計とする。(波高追従機構の採用、ロープ表面への被覆処理・緩衝材の取付け※等) ■ 荷揚岸壁と船体や海底と船体との挟まれによる破断事象による破断事象による機能喪失を防止可能な設計とする。(波高追従機構の採用、ロープ表面への被覆処理・緩衝材の取付け※等) ■ また、ロープの取付け位置の工夫（各対策におけるロープの設置高さを変える等）を行い、漂流物の接触を防止することも検討する。 	

※：被覆処理と緩衝材については、課題に対する対策として有効か、継続検討中。

2. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 240201-01）

2-8. 漂流物化防止対策の組み合わせの検討状況（4 / 4）

	荷揚岸壁への乗上げ防止対策	港湾内の漂流防止対策	港湾内の漂流防止対策を 組み合わせた場合の課題とその対応策	イメージ図
組み合わせ ⑤	荷揚岸壁に船体乗上防止用の 柱を設置	<p>【1 対策目】 サルベージプレート等を用いた津波用係留 (荷揚岸壁-船体間の高強度繊維ロープを用いた係留)</p> <hr/> <p>【2 対策目】 船体胴巻きロープを用いた津波用係留 (荷揚岸壁-船体間の高強度繊維ロープを用いた係留)</p> <hr/> <p>【上記2 対策に共通する主要重点課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> 漂流物の接触によるロープの破断 荷揚岸壁と船体との挟まれによるロープの破断 	<p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> 対策を組み合わせた場合でも、漂流物の接触による破断事象、荷揚岸壁と船体との挟まれによる破断事象を防止する必要がある。 <p>【課題に対する対応策】</p> <ul style="list-style-type: none"> 漂流物の接触による破断事象による機能喪失を防止可能な設計とする。(波高追従機構の採用、ロープ表面への被覆処理・緩衝材の取付け※等) 荷揚岸壁と船体との挟まれによる破断事象による破断事象による機能喪失を防止可能な設計とする。(波高追従機構の採用、ロープ表面への被覆処理・緩衝材の取付け※等) また、ロープの取付け位置の工夫（各対策におけるロープの設置高さを変える等）を行い、漂流物の接触を防止することも検討する。 	<p>● 津波対策用係留柱+防衝材 ● 乗上防止用の柱 ● サルベージプレート等からの漂流物係留 ■ 船体胴巻きロープ</p>

※：被覆処理と緩衝材については、課題に対する対策として有効か、継続検討中。

■ 上記で整理した、主要重点課題に対する対策案（概要は参考7 参照）は以下のとおりである。

対策案に期待する機能	主要重点課題に対する対策案	対策概要 記載ページ
<ul style="list-style-type: none"> 漂流物の接触によるロープの破断の防止 荷揚岸壁・海底との挟まれによるロープの破断の防止 	ロープ表面に被覆処理や緩衝材を取り付ける	参考7 P.37
ロープの脱落防止	脱落防止用ロープの取付け	参考7 P.38
	船体に脱落防止用架台を設置	参考7 P.39
<ul style="list-style-type: none"> 漂流物の接触によるロープの破断の防止 荷揚岸壁と船体との挟まれによるロープの破断 	荷揚岸壁側の接続部に波高追従機構を設ける	参考7 P.40

3. 今後の説明内容

■ 今後の審査会合にて説明する事項は以下のとおり。

【冗長性を確保した漂流物化防止対策の検討結果】

- 冗長性を確保した漂流物化防止対策の検討結果
(ロープを用いることによる重点課題への対策, 対策の組み合わせの採用結果, 保守的な設計の考え方, 評価方針, 成立性等)

【漂流物化防止対策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)
- 漂流物化防止対策の評価方法とその妥当性及び保守性

【漂流物化防止対策の成立性】

- 上記評価方針による評価結果
- 漂流物化防止対策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

参考資料目次

参考 1. 沖だし係留とは.....	24
参考 2. 漂流化防止対策における荷揚岸壁への船体乗上げの扱い.....	25
参考 3. 高強度繊維ロープの特性.....	26
参考 4. ロープを用いない漂流物化防止対策等の概要.....	27~31
参考 5. ロープを用いた漂流物化防止対策の概要.....	32~35
参考 6. 各対策案における主要重点課題への対策要否の整理.....	36
参考 7. 主要重点課題に対する対策案.....	37~40
参考 8. 拡大図集.....	41~54

参考 1 : 沖だし係留とは

泊発電所専用港湾で設置検討した沖だし係留の位置づけを以下に整理する。

■ 沖だし係留とは

沖だし係留は、船舶や浮体構造物を岸壁や栈橋に接岸させることなく、海の中や沖合いで固定する係留方法である。

具体的には、海底に設置されたアンカーや錨を使用して船舶を固定し、定置バラストや浮力装置を使って船体の位置を維持する係留方法である。

■ 沖だし係留の国内採用実績

〈深い水域や波の荒い海域での長期停泊や作業〉

岸壁や栈橋が十分でない場所や、波浪が強い海域では、船舶を沖合いで固定することで安定した停泊や作業が可能となるよう 当該係留が採用されている。

〈海底に設置されたパイプラインや海底施設との接続〉

石油プラットフォームや海底油田などの施設と船舶を接続する際に、沖だし係留が採用されている。

〈レジャー用浮標や浮き栈橋の設置〉

浮標や浮き栈橋を沖合いに設置する場合にも、沖だし係留が採用されている。

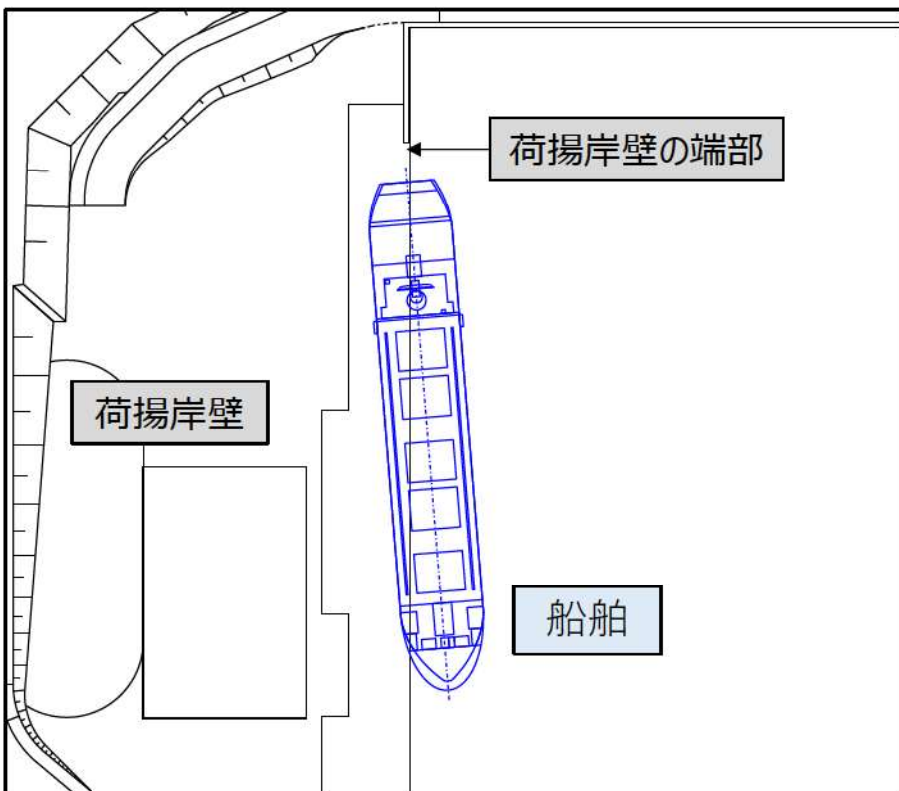
■ 泊発電所における「沖だし係留」とは

上述する一般的な沖だし係留の定義・位置付けと同様に、燃料等輸送船を岸壁に接岸させることなく、専用港湾内（海域）で固定する係留方法であり、これを「沖だし係留（係留③）」としている。

具体的には、専用港湾海底に設置されたシンカーや沖だし用係留索（高強度繊維ロープ）を用いて燃料等輸送船を固定し、船体の位置を維持する係留方法である。

参考2：漂流化防止対策における荷揚岸壁への船体乗上げの扱い

- 漂流物化防止対策の検討において、以下理由から、“荷揚岸壁への乗上げが発生した時点で、船体は漂流物化する”と定義し、対策検討を実施する。
- 漂流物化防止対策内容により船体挙動は異なると想定されるが、実際には問題が発生していない状態も包括した、厳しいクライテリアであり、沖だし係留以外の検討においても、本定義の基、対策検討を実施する。



- 泊専用港に來襲する津波は、荷揚岸壁高さを越えた水位となり、燃料等輸送船の喫水と荷揚岸壁のレベルの関係（最大水位：約12m、荷揚岸壁：T.P.3m、燃料等輸送船の喫水：約5m）から、対策上の配慮をしなければ、押し波時には荷揚岸壁上へ船体が移動（乗上げ）することが想定される。
- その後、引き波により船体が沖側へ流され、専用港湾内へ戻る挙動が予想されるが、複雑な流況下では、津波水位が荷揚岸壁高さを下回る時点での船体位置の特定は難しく、万一、不安定な状態（左図のような状態）で荷揚岸壁に船体が着底した場合は、船体の転倒等が否定できない。
- 不安定な状態が発生した時点で漂流物防止対策は不成立とはならないものの、悪影響を及ぼす可能性は否定できないため、設計上の配慮としては“荷揚げ岸壁への乗上げが発生した時点で、船体は漂流物化する”と定義する。

参考3：高強度繊維ロープの特性

高強度繊維ロープの特性について以下に整理する。

■ 繊維ロープの一般的な特性：

- 高強度繊維ロープは船舶係留に広く使用されており、鋼製係留索よりも軽量で、取り扱いが容易かつ柔軟な特性を有している。
- 高強度繊維ロープの繊維方向に関する一般的な特性として、繊維が一方向に整列しており、この方向に沿った強度が最大となり、繊維が引っ張られることで、繊維間の結合が強力に働き、ロープ全体の強度が発揮される構造である。また、繊維が一方向に整列しているため、摩耗や擦過に対する耐性は高い。
- 高強度繊維ロープは繊維が柔軟であるため、屈曲に対して柔軟性がある。
- 一方、方向性による応答特性として、高強度繊維ロープは繊維方向に対して強い応答性を有しており、荷重をかけると、繊維方向に対して強度を発揮するが、他の方向では弱い場合がある。

■ 高強度繊維ロープの特性：

- ① 高強度である：高強度繊維ロープは、ポリエチレン、ポリプロピレン、アラミドなどの素材から作られており、同径の鋼製係留索よりも高強度である。
- ② 軽量である：鋼製係留索に比べて軽量であるため、取り扱いが容易であり、船舶の係留作業が迅速に行える。
- ③ 非腐食性である：鋼製係留索と比較して、高強度繊維ロープは非腐食性であり、海水や潮風の影響を受ける環境での耐久性が向上できる。
- ④ 柔軟性が高い：高強度繊維ロープは柔軟であり、結び目を簡単に作ることができ、船舶の形状や係留地点に適応できる。
- ⑤ 鋼製係留索と比較すると伸びは高いが、ナイロン製ロープと比較すると伸びは少ない。また、伸び率についてはロープの製作(編み込み構造等)で変化させることが可能である。

■ メリット：

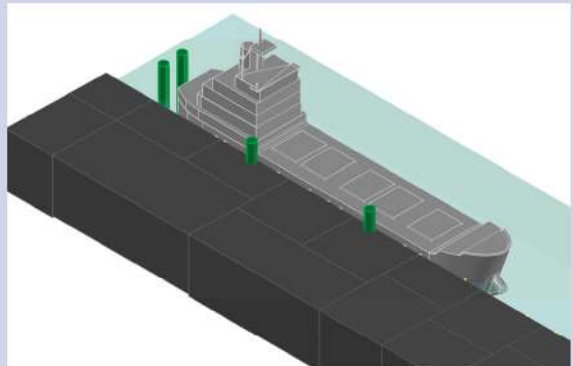
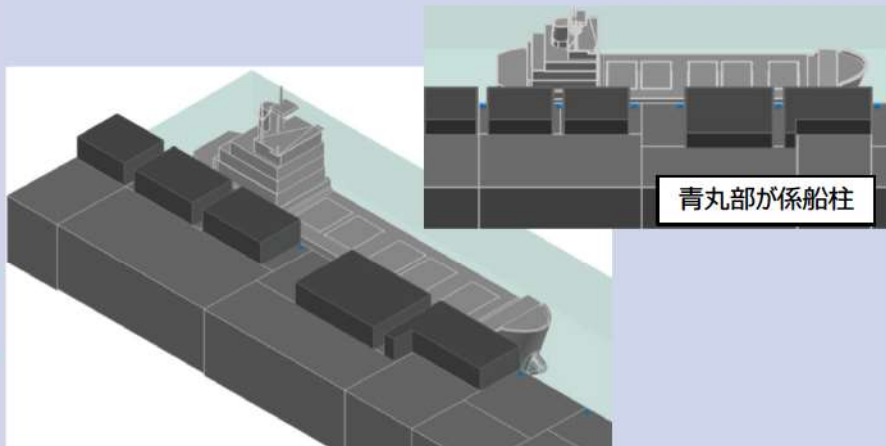
- ① 軽量で取り扱いが容易：重量が軽いため、船員が取り扱やすく、係留作業が効率的に行える。
- ② 非腐食性：海水や潮風にさらされる環境での耐久性が高く、メンテナンスが容易。
- ③ 柔軟性：結び目を簡単に作ることができ、異なる形状の船舶や係留ポイントに適応できる。

■ デメリット：

- ① 費用：高強度繊維ロープは鋼製係留索よりも高価である。
- ② 摩擦に対する耐久性：高強度繊維ロープは繊維方向の摩擦や擦過に対する耐久性は高いが、その他の方向については耐久性が低下する可能性があるため、適切な保護が必要となる。

参考4：ロープを用いない漂流物化防止対策等の概要（1/5）

〈荷揚岸壁への乗上げ防止対策〉

対策	対策概要	イメージ図
<p>荷揚岸壁に船体乗上防止用の柱を設置</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 荷揚岸壁の端部に乗上防止用の柱※1を設置することで、燃料等輸送船が荷揚岸壁に乗上ることを防止する。 ※1：乗上防止用の柱については、泊発電所に来襲する津波の最大水位と燃料等輸送船の喫水の関係から、高さを設定する。（現在、検討中） ■ 乗上防止用の柱と船体の接触面には防舷材を取付け、接触時の荷重の低減を図る。 ■ 乗上防止用の柱の設置位置や本数は、燃料等輸送船やその他貨物船等の荷役作業への干渉、通常の係留索やタラップとの干渉を考慮した位置、本数に設定する。（設置位置、本数、寸法等の詳細は検討中）また、漂流物の影響も考慮した設計とする。 ■ 港湾内の流況を考慮し、必要に応じて荷揚岸壁上の乗上防止用柱に加え、船尾側海域にも乗上防止用柱を設置する。 <p>【荷揚岸壁の高上げ対策について】</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 荷揚岸壁を高くすることで、燃料等輸送船の荷揚岸壁への乗上防止を図る対策案を検討したが、船体を荷揚岸壁に係留、及び荷役作業を実施するためには、係留用の係船柱の設置場所や、積み荷を荷揚岸壁上に吊降ろす範囲を切り欠いた構造にする必要※2がある。 ※2：荷揚岸壁を高くし、係船柱の位置が船体甲板よりも高い位置となることで、岸壁の端部と係留索が接触し、破断する可能性や、積み荷の制約（キャスクの吊り上げ高さ制限等）に影響する可能性を考慮。 ■ 荷揚岸壁の高上げ部を切り欠いた構造とした場合、複数箇所切り欠き部が設けられた構造となり、上記の乗上防止用柱を設置する対策と大きな違いはないことから、同一対策として評価を行う。 <p style="text-align: center;">対策成立性の見通し</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 運用上の課題、及び構造上の課題はないことから、本対策は成立する見通し。 	<p style="text-align: center;">イメージ図</p>  <p style="text-align: center;">【荷揚岸壁に船体乗上防止用の柱を設置】のイメージ図</p>  <p style="text-align: center;">【荷揚岸壁の高上げ】のイメージ図</p>

参考4：ロープを用いない漂流物化防止対策等の概要（2/5）

〈港湾内の漂流防止対策〉

対策	対策概要	イメージ図
<p>鋼製の部材で船体を保持する</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 鋼製の部材を用いて、荷揚岸壁と燃料等輸送船の船体を保持することで、燃料等輸送船が港湾内へ漂流することを防止する。 ■ 船体の接続先は、船体側面のサルベージプレート※等に接続することを検討する。 <p>※：サルベージプレートは、使用済燃料運搬船及び低レベル放射性廃棄物運搬船のみ取付けられた設備であるため、新燃料運搬船やその他貨物船等で、本対策は採用不可。（船体改造により、サルベージプレートの代わりとなる設備を追設することで、同様の対策を採用することは可能）</p>	
	<p style="text-align: center;">対策成立性の見通し</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 総トン数約5000トンの船体を保持する鋼製の部材は、重量及びサイズが大型化するため、対策の取付け/取外し作業にクレーン等の揚重設備を用いる必要がある。 ■ クレーン等を用いた取付け/取外し作業に相当な時間が必要となるため、その作業中に地震・津波が発生した場合、津波の来襲までに（約14分以内）船体を保持すること、及び港湾外へ退避すること、どちらも対応困難である。 ■ 上記より、本対策は運用上成立しえない課題があるため、成立性はない。 	

参考4：ロープを用いない漂流物化防止対策等の概要（3/5）

〈港湾内の漂流防止対策〉

対策	対策概要	イメージ図
<p>船体係留位置の沖側に港湾内の漂流防止用の柱を設置</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 船体係留位置の沖側に漂流防止用の柱を柱を設置することで、燃料等輸送船が港湾内へ漂流することを防止する。 ■ 港湾内の漂流防止用の柱と船体の接触面には防舷材を取付け、接触時の荷重の低減を図る。 ■ 船の入港時においては、発電所側の護岸に、船体牽引用のウインチを設置し、ウインチで船体を荷揚岸壁と港湾内の漂流防止用柱の間へ引き込む。 ■ 船の出港時においては、タグボートを用いて、荷揚岸壁と港湾内の漂流防止用柱の間から、燃料等輸送船を引き出す。 ■ 漂流防止用の柱の設置位置や本数は、燃料等輸送船やその他貨物船等の船体形状や設備との干渉を考慮した位置、本数に設定する。（設置位置、本数、寸法等の詳細は検討中）また、漂流物の影響も考慮した設計とする。 	
	<p style="text-align: center;">対策成立性の見直し</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 船体係留位置の沖側に漂流防止用の柱を設置した場合、ウインチ等の操作によって船体を、荷揚岸壁と漂流防止用柱間に牽引する必要があり、その作業に最短でも30分以上かかる見直し。 ■ 入・出港時において津波が発生した場合、津波の来襲までに、船体を停泊位置まで牽引を完了すること、及び停泊位置から港湾外へ退避することが困難である。 ■ 上記より、本対策は運用上成立しえない課題があるため、成立性はない。 ■ なお、漂流防止用の柱を沖合の離れた位置に設置してしまうと、船体の漂流物化を防止することが出来ないため、港湾内の漂流防止対策として、成立しない。 	

参考4：ロープを用いない漂流物化防止対策等の概要（4/5）

〈津波防護施設及び取水機能への影響防止対策〉

対策	対策概要	イメージ図
<p>防潮堤全面（堀株側～茶津側まで）への船体衝突防止用柱の設置、及び取水口前面（1, 2号及び3号）への船体到達防止用柱の設置</p>	<p>対策概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 本対策は、燃料等輸送船の漂流物化を防止する対策ではなく、燃料等輸送船の漂流を許容した上で、防潮堤等の津波防護施設や取水機能への影響を防止する対策である。 ■ 漂流物化した燃料等輸送船が、防潮堤等の津波防護施設や取水機能へ衝突・到達することを防止するため、防潮堤の全面（堀株側～茶津側の全域）に船体衝突防止用柱、取水口の前面（1,2号及び3号）に船体到達防止用柱を設置する。 <p>対策成立性の見直し</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 燃料等輸送船が漂流物となった場合、設計条件として設定する直近海域の対象漂流物を、総トン数：4.9トンの漁船から総トン数：約5000トンの燃料等輸送船に見直す必要があるため、漂流物の質量増加により、衝突荷重が大幅に増加することから、荷重に耐えうる構造物の成立が困難。 ■ 上記より、本対策は構造上成立しえない課題があるため、成立性はない。 ■ なお、柱に衝突した際には、燃料等輸送船も大規模に損傷する可能性がある。 	<p>イメージ図</p> 

参考4：ロープを用いない漂流物化防止対策等の概要（5/5）

〈津波防護施設及び取水機能への影響防止対策〉

対策	対策概要	イメージ図
<p>岸壁(荷揚岸壁+発電所側護岸)の嵩上げ</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 本対策は、燃料等輸送船の漂流物化を防止する対策ではなく、燃料等輸送船の漂流を許容した上で、防潮堤等の津波防護施設や取水機能への影響を防止する対策である。 ■ 荷揚岸壁と発電所側の護岸を嵩上げすることで、燃料等輸送船の荷揚岸壁への乗上げと、防潮堤等の津波防護施設への影響を防止する。 ■ また、取水口の前面（1,2号及び3号）には、P.30で示した船体到達防止用柱と同様の柱を設置することで、取水機能への影響を防止する。 <p style="text-align: center;">対策成立性の見直し</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 燃料等輸送船が漂流物となった場合、設計条件として設定する直近海域の対象漂流物を、総トン数4.9トンの漁船から総トン数約5000トンの燃料等輸送船に見直す必要があり、漂流物の質量増加により、衝突荷重が大幅に増加することから、荷重に耐えうる構造物の成立が困難。 ■ 上記より、本対策は構造上成立しえない課題があるため、成立性はない。 ■ なお、荷揚岸壁や護岸に衝突した際には、燃料等輸送船も大規模に損傷する可能性がある。 	<p style="text-align: center;">斜線部：嵩上げ (荷揚岸壁+発電所側護岸)</p>

参考5：ロープを用いた漂流物化防止対策の概要（1/4）

〈港湾内の漂流防止対策〉

対策	対策概要	イメージ図
<p>サルベージプレート等を用いた津波用係留 (荷揚岸壁-船体間の高強度繊維ロープを用いた係留)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 港湾内の漂流防止を達成させるため、荷揚岸壁に津波対策用の係船柱※1を設置し、泊専用港へ入港後、燃料等輸送船と津波対策用の係船柱※1を津波対策用係留索で接続する。 ※1：本対策に用いる津波対策用の係船柱には、波高追従機構（参考7 P.40 参照）を設けることを検討中。 ■ 船体側に接続する津波対策用の係留索は、船体側面のサルベージプレート※2に接続する。 ※2：サルベージプレートは、使用済燃料運搬船及び低レベル放射性廃棄物運搬船のみ取付けられた設備であるため、新燃料運搬船やその他貨物船等で、本対策は採用不可。（船体改造により、サルベージプレートの代わりとなる設備を追設することで、同様の対策を採用することは可能） <p style="text-align: center;">対策成立性の見通し</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 運用上の課題、及び構造上の課題はないことから、本対策は成立する見通し。 	<p>●：津波対策用係船柱+防転材 —：サルベージプレートからの津波用係留索</p>

参考5：ロープを用いた漂流物化防止対策の概要（2/4）

〈港湾内の漂流防止対策〉

対策	対策概要	イメージ図
<p>船体胴巻きロープを用いた津波用係留 (荷揚岸壁-船体間の高強度繊維ロープを用いた係留)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 船体への船体胴巻きロープの取付け作業は、泊専用港へ入港する前に、他港で実施する。 ■ 港湾内の漂流防止を達成させるため、荷揚岸壁に津波対策用の係船柱を設置し、泊専用港へ入港後、燃料等輸送船と津波対策用の係船柱※を津波対策用係留索で接続する。 <p>※：本対策に用いる津波対策用の係船柱には、波高追従機構（参考7 P.40 参照）を設けることを検討中。</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 船体側に接続する津波対策用の係留索は、船体胴巻きロープに接続する。 <div data-bbox="324 1201 1308 1268" style="background-color: #f4a460; text-align: center; padding: 5px;"> <p>対策成立性の見通し</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> ■ 運用上の課題、及び構造上の課題はないことから、本対策は成立する見通し。 	<div data-bbox="1400 499 2161 1037"> </div> <div data-bbox="1317 1061 2190 1364"> </div>

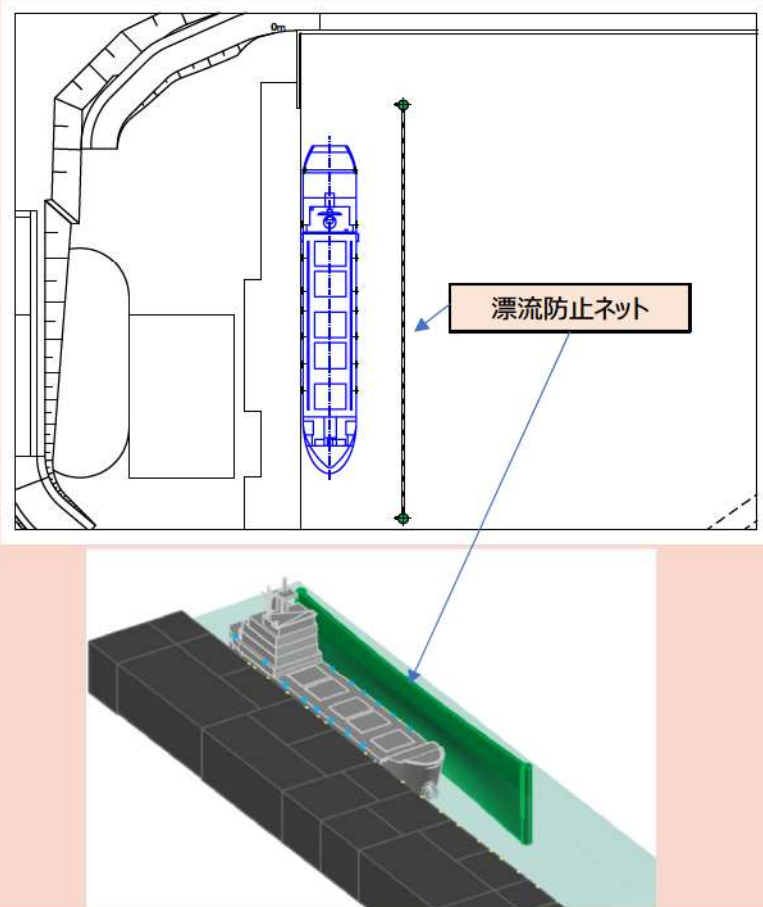
参考5：ロープを用いた漂流物化防止対策の概要（3 / 4）

〈港湾内の漂流防止対策〉

対策	対策概要	イメージ図
<p>海域に船体を囲うように漂流防止ロープを設置 (荷揚岸壁-船体外周を高強度繊維ロープで囲む)</p>	<p>■ 港湾内の漂流物化防止を達成させるため、荷揚岸壁に津波対策用の係船柱を設置し、泊専用港へ入港後、津波対策用の係船柱※1から船体を囲むように海域に漂流防止ロープ（高強度繊維ロープ+被覆または緩衝材）を取り付ける。</p> <p>※1：本対策に用いる津波対策用の係船柱には、波高追従機構（参考7 P.40 参照）を設けることを検討中。</p> <p>■ 船体を囲む漂流防止ロープは、船体（沖側側面）と脱落防止用ロープで接続することで、船体からの脱落を防止する。接続方法については、船体側面のサルベージプレート※2を用いて接続する。</p> <p>※2：サルベージプレートは、使用済燃料運搬船及び低レベル放射性廃棄物運搬船のみ取付けられた設備であるため、新燃料運搬船やその他貨物船等で、本対策は採用不可。（船体改造により、サルベージプレートの代わりとなる設備を追設することで、同様の対策を採用することは可能）</p> <div style="background-color: #f4a460; padding: 5px; text-align: center; margin-top: 10px;"> 対策成立性の見通し </div> <p>■ 運用上の課題、及び構造上の課題はないことから、本対策は成立する見通し。</p>	

参考5：ロープを用いた漂流物化防止対策の概要（4/4）

〈港湾内の漂流防止対策〉

対策	対策概要	イメージ図
<p>海域に船体を囲うように漂流防止ネットを設置 (海上の漂流防止ネットで船体を囲む)</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <ul style="list-style-type: none"> ■ 船体側面沖側にネット取付け用の柱を2本設置する。 (船首側1本, 船尾側1本) ■ 燃料等輸送船は, 柱間を通過し, 荷揚岸壁に着岸させる。 ■ 荷揚岸壁へ着岸後, 船体側面沖側に設置した柱間に, 漂流防止用のネットを設置する。 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; text-align: center;"> 対策成立性の見通し </div> <ul style="list-style-type: none"> ■ 船体を囲う漂流防止ネットは, 重量及びサイズが大型化するため, 対策の取付け/取外し作業にクレーン等の揚重設備を用いる必要がある。 ■ クレーン等を用いた取付け/取外し作業に相当な時間が必要となるため, その作業中に地震・津波が発生した場合, 津波の来襲までに(約14分以内)漂流防止ネットの取付けを完了すること, 及び停泊位置から港湾外へ退避することが困難である。 ■ 上記より, 本対策は運用上成立しえない課題があるため, 成立性はない。 	 <p>The diagram illustrates the drift prevention net setup. The top part is a 2D plan view showing a ship (blue) positioned between two vertical posts (black) on the harbor side. A net (black) is stretched between these posts. A label '漂流防止ネット' (Drift Prevention Net) points to the net. The bottom part is a 3D perspective view showing the ship (grey) at a quay (black), with a green net barrier installed between the ship and the quay.</p>

参考6：各対策案における主要重点課題への対策要否の整理

■ 下表で記載する各対策案に対して主要重点課題への対策「要」とした範囲は、必要な対策を適切に講じることとし、引き続き検討を行う。

表で記載する「要、否」の位置づけは以下のとおり。

要：設計上想定される範囲において、主要重点課題への対策が必要であり、計画している対策（青字）を講じることによって「否」とできるもの

否：設計上想定される範囲において、主要重点課題への対策が不要なもの

全ての事象に対して対策が講じられて「否」となった場合においても、不確かさを踏まえ設計を超える領域で各損傷事象は起こるものとして対策の組み合わせにより多様性を確保する。

期待する機能	対策案	沖だし係留の不確かさにより抽出された主要重点課題への対策要否					
		漂流物の接触によるロープの破断	荷揚岸壁と船体との挟まれによるロープの破断	海底と船体との挟まれによるロープの破断	想定外の船体挙動に伴うロープの破断	複雑な船体挙動によるロープの脱落	液状化等によるシンカー変位
港湾内の漂流防止	サルベージプレート等を用いた津波用係留 (荷揚岸壁－船体間の高強度繊維ロープを用いた係留)	要 荷揚岸壁側の係船柱に波高追従機構が採用できれば 否とできる	要 荷揚岸壁側の係船柱に波高追従機構が採用できれば 否とできる	否	否*	否	否
	船体胴巻きロープを用いた津波用係留 (荷揚岸壁－船体間の高強度繊維ロープを用いた係留)	要 被覆や緩衝材が設置できれば 否とできる	要 挟まれても破断を防止できる被覆が設置できれば 否とできる	要 脱落防止が達成できれば 否とできる	否*	否*	否
	海域に船体を囲うように漂流防止ロープを設置 (荷揚岸壁－船体外周を高強度繊維ロープで囲む)	要 被覆や緩衝材が設置できれば 否とできる	否	要 脱落防止が達成できれば 否とできる	否*	要 脱落防止が達成できれば 否とできる	否
	岸壁側のシンカーを用いた港湾内の漂流防止用係留 (沖だし係留の一部)	要 被覆や緩衝材が設置できれば 否とできる	要 挟まれても破断を防止できる被覆が設置できれば 否とできる	要 挟まれても破断を防止できる被覆が設置できれば 否とできる	要 ロープの多重化等発生荷重に対する裕度を向上することで否とできる	要 脱落防止が達成できれば 否とできる	要 シンカーを岩着構造とすることができれば 否とできる

* 荷揚岸壁係留の場合は、沖だし係留のような係留索の余長内での船体挙動と比較し、船体の挙動を最小限とできることから、想定外の船体挙動に対するロープ破断、ロープ脱落は相対的に発生しにくい。

参考7：主要重点課題に対する対策案（1 / 4）

〈主要重点課題に対する対策案〉

対策	対策概要	イメージ図
<p>ロープ表面に被覆処理を施す，または，緩衝材を取り付ける</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 船体胴巻きロープ及び沖だし用係留索の漂流物の接触対策として，ロープの表面に被覆処理を施す，またはロープに緩衝材を取り付ける。 ■ 被覆処理または緩衝材の取付けにより，ロープの外的損傷を防止する。 	<p>高強度繊維ロープ (内層) 高強度繊維ロープ (中層) 被覆</p> <p>被覆</p> <p>高強度繊維ロープ (断面写真)</p> <p>緩衝材：ロープ外周のオレンジ部</p>

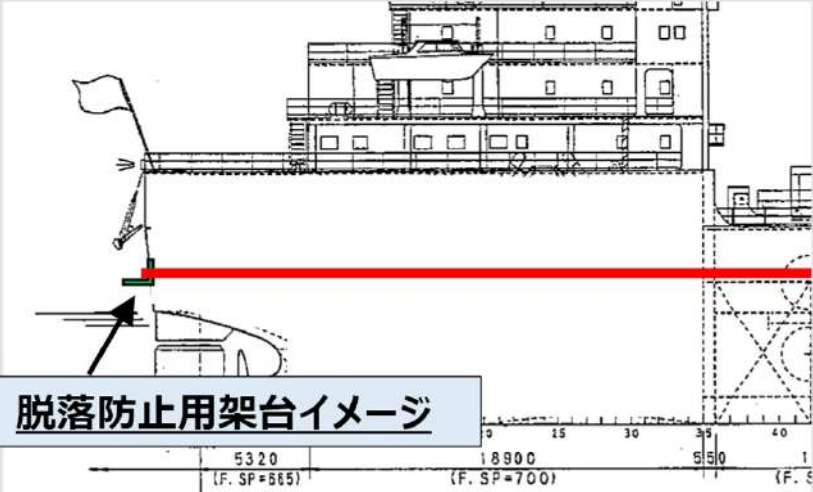
参考7：主要重点課題に対する対策案（2/4）

〈主要重点課題に対する対策案〉

対策	対策概要	イメージ図
<p>脱落防止用ロープの取付け</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 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付ける。 ■ 船首側については、喫水線下の突起部（図1）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付ける。 ■ 船体甲板部と脱落防止用ロープの接続方法については、船体側面のサルベージプレート※（図2）を用いて接続する、または、船体を跨ぐように、コの字状に脱落防止用ロープを接続する。 <p>※：サルベージプレートは、使用済燃料運搬船及び低レベル放射性廃棄物運搬船のみ取付けられた設備であるため、新燃料運搬船やその他貨物船等で、本対策は採用不可。（船体改造により、サルベージプレートの代わりとなる設備を追設することで、同様の対策を採用することは可能）</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="1321 510 1702 861"> <p>図1</p> </div> <div data-bbox="1724 510 2195 861"> <p>図2</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> </div> <div style="text-align: right; margin-top: 10px; border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>□：枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。</p> </div>

参考7：主要重点課題に対する対策案（3 / 4）

〈主要重点課題に対する対策案〉

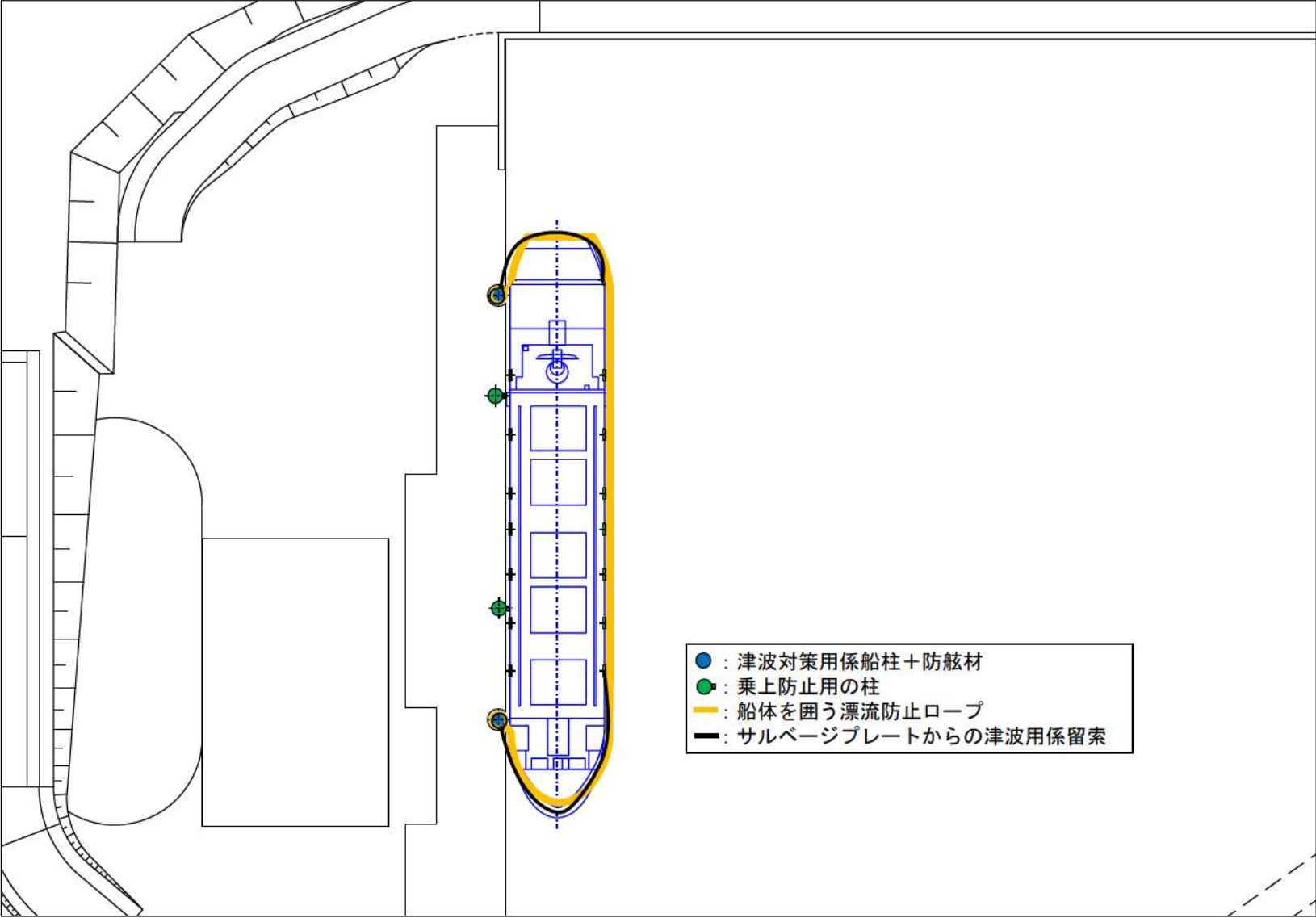
対策	対策概要	イメージ図
<p>船体に脱落防止用架台を設置</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 船首側，船尾側に船体胴巻きロープの脱落防止用架台を設置する。（船体改造が必要） ■ 脱落防止用架台の形状や取付け位置等は対象船によって異なるが，船の安全航行に影響（スクルーや舵，アンカー等の船体設備との干渉や，航行時における喫水面での抵抗の増加等を考慮）を及ぼさない位置に設置する。 	

参考7：主要重点課題に対する対策案（4 / 4）

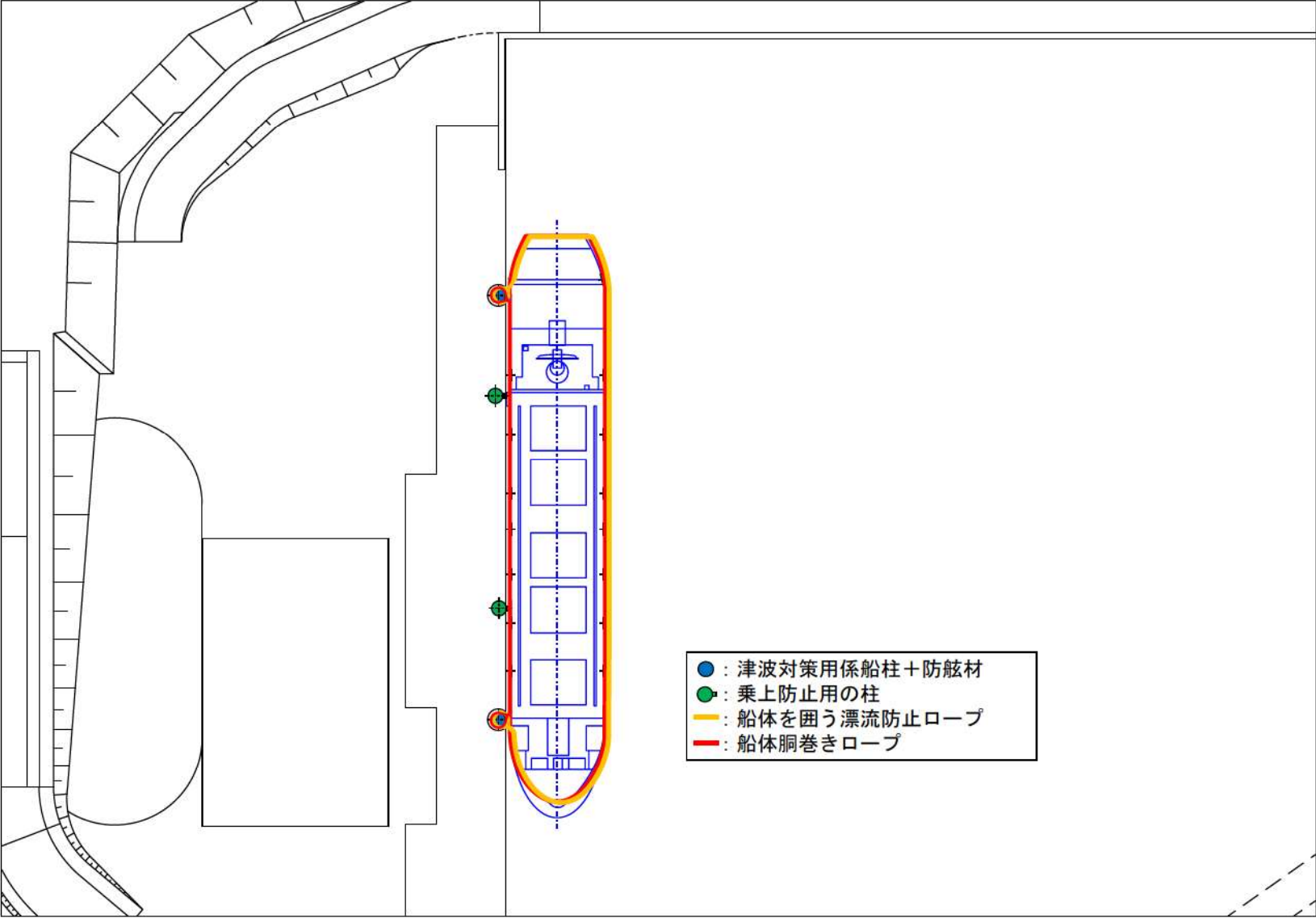
〈主要重点課題に対する対策案〉

対策	対策概要	イメージ図
<p>荷揚岸壁側の接続部に波高追従機構を設ける</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 以下の港湾内の漂流防止対策で用いる津波対策用の係船柱については、浮棧橋の波高追従機構と同様の機能を設けることを検討中。当該波高追従機構を設けることで、船体の可動範囲を限定することが可能。（部材要因による不確かさの1つである、船体挙動の影響を低減する） <p>【対象となる港湾内の漂流防止対策】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・サルベージプレート等を用いた津波用係留（荷揚岸壁－船体間の高強度繊維ロープを用いた係留） ・船体胴巻きロープを用いた津波用係留（荷揚岸壁－船体間の高強度繊維ロープを用いた係留） ・船体を囲う漂流防止ロープ（高強度繊維ロープ）を海域に設置 	<div style="border: 2px solid black; height: 500px; width: 100%;"></div> <p style="text-align: right; font-size: small;">□ : 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。</p>

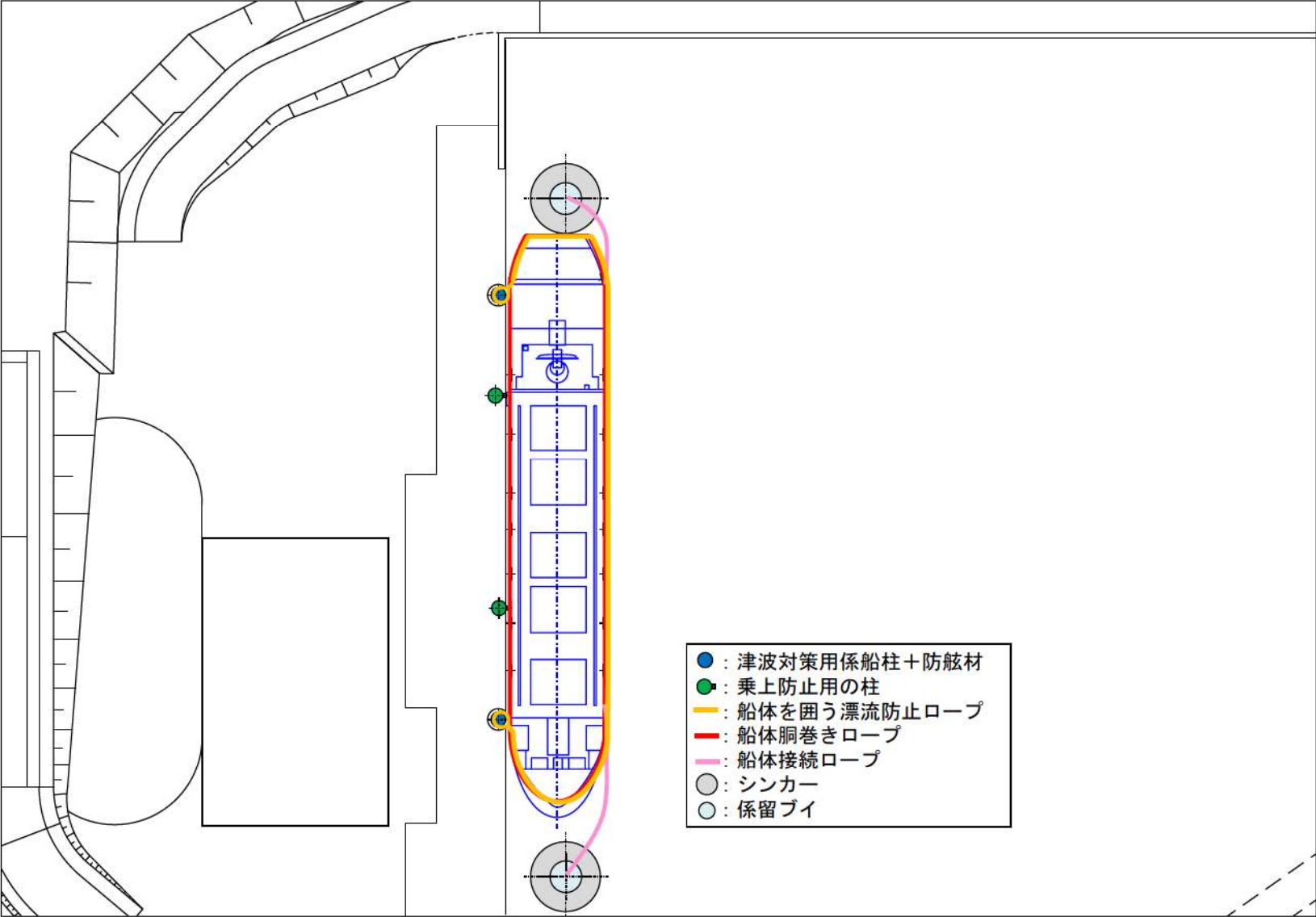
参考8：【組み合わせ① 拡大図】



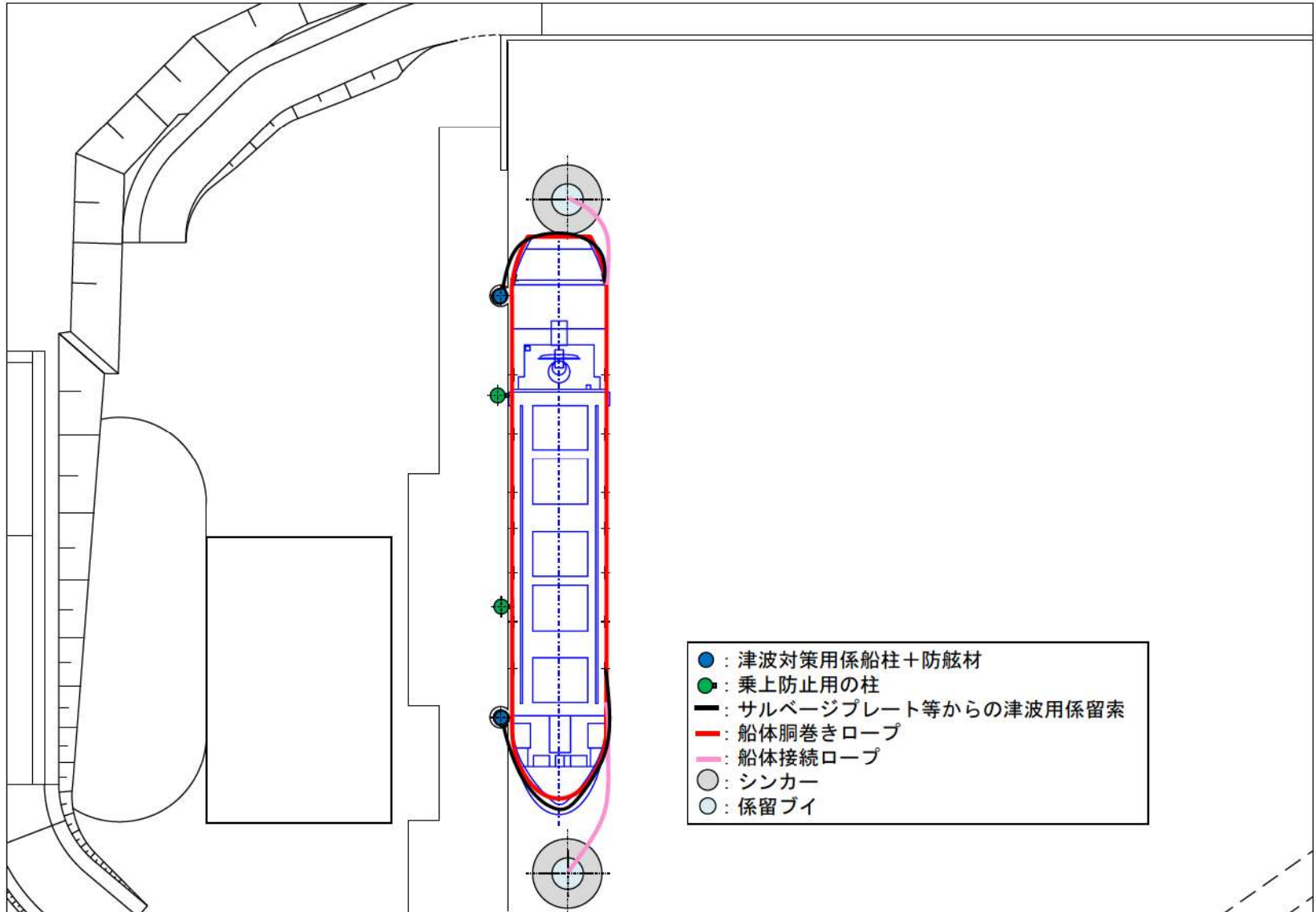
参考8：【組み合わせ② 拡大図】



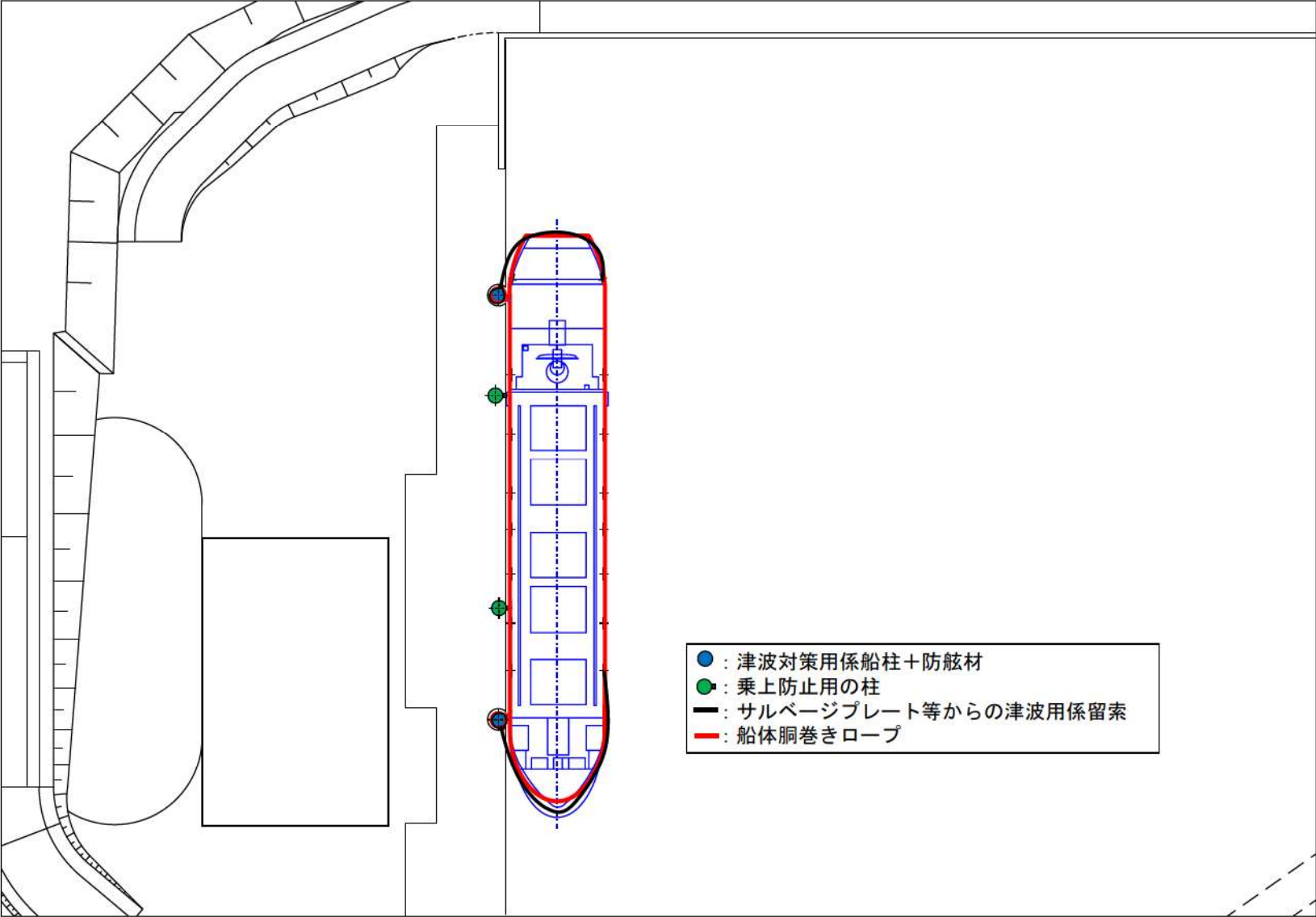
参考8：【組み合わせ③ 拡大図】



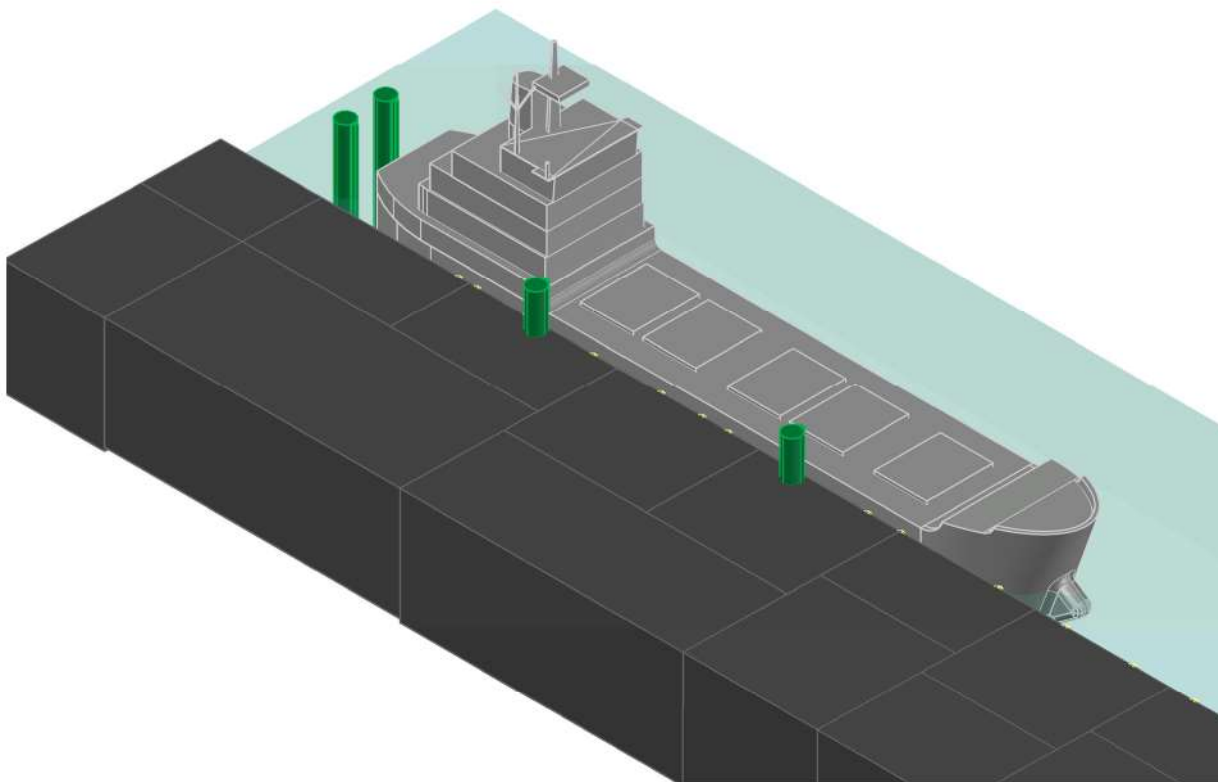
参考8：【組み合わせ④ 拡大図】



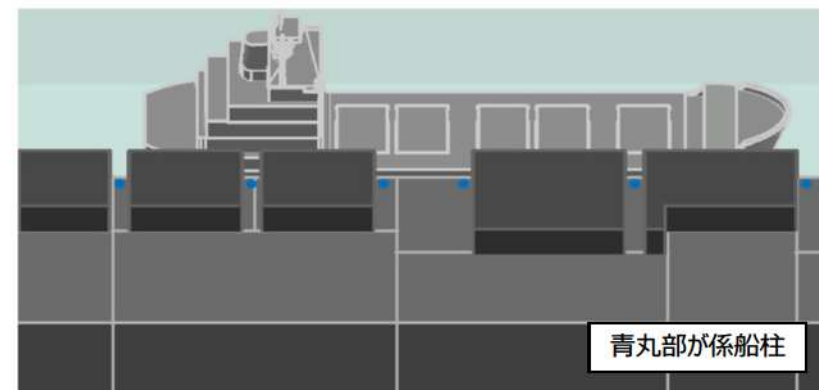
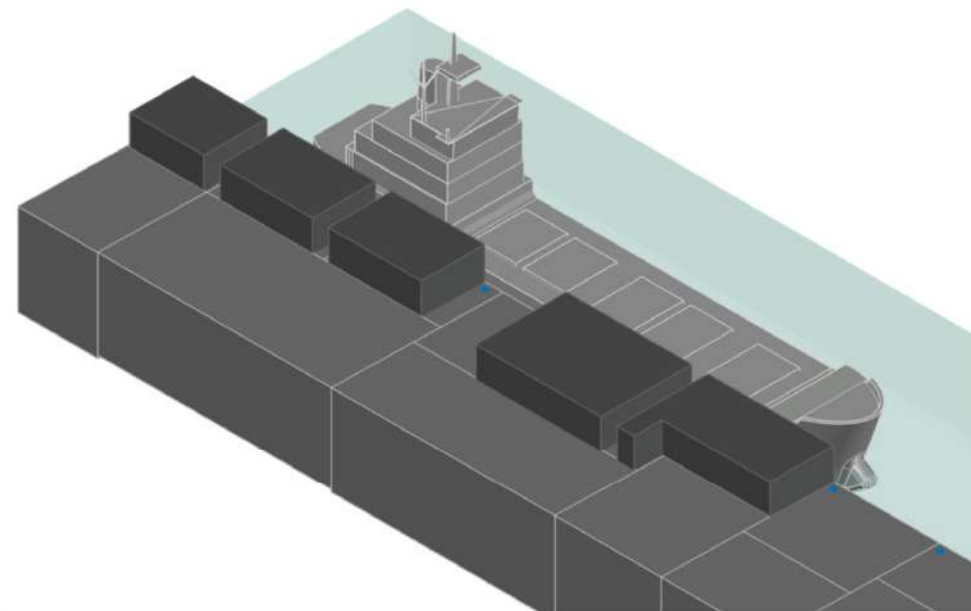
参考8：【組み合わせ⑤ 拡大図】



参考 8 : 【荷揚岸壁に船体乗上防止用の柱を設置 拡大図】

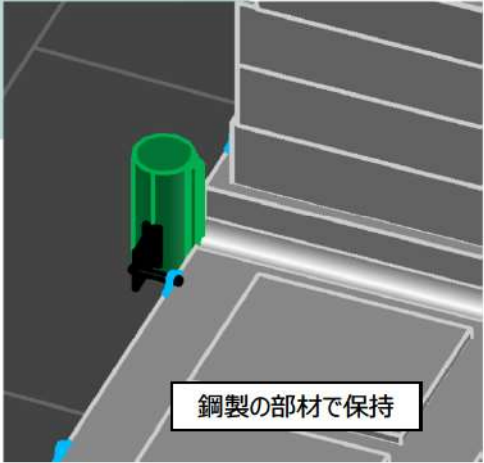
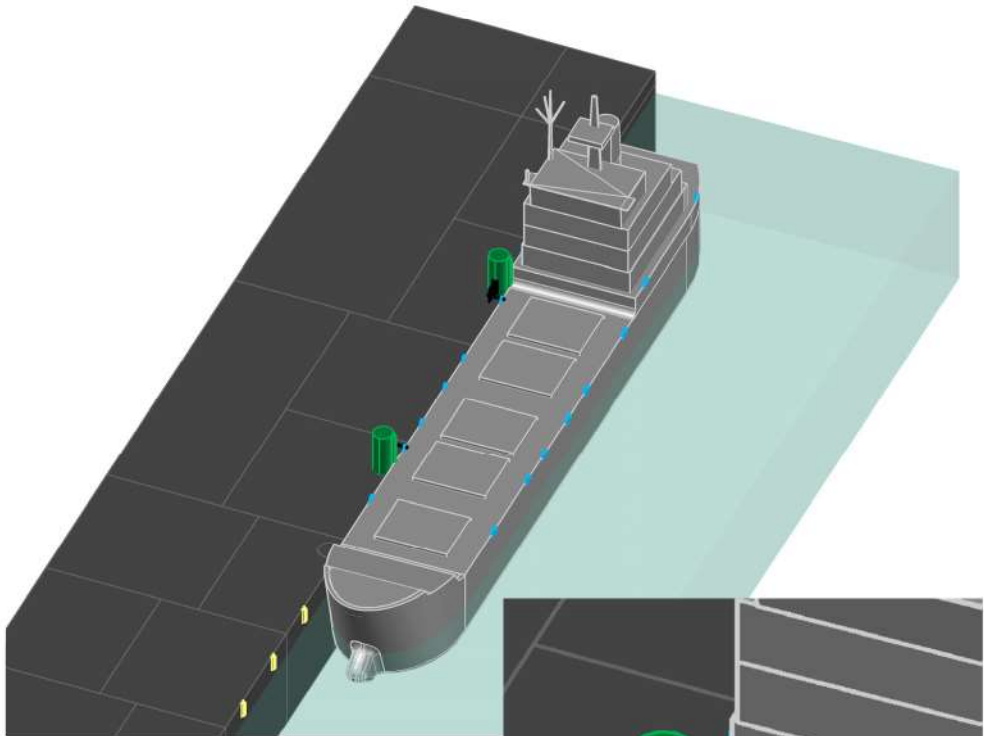
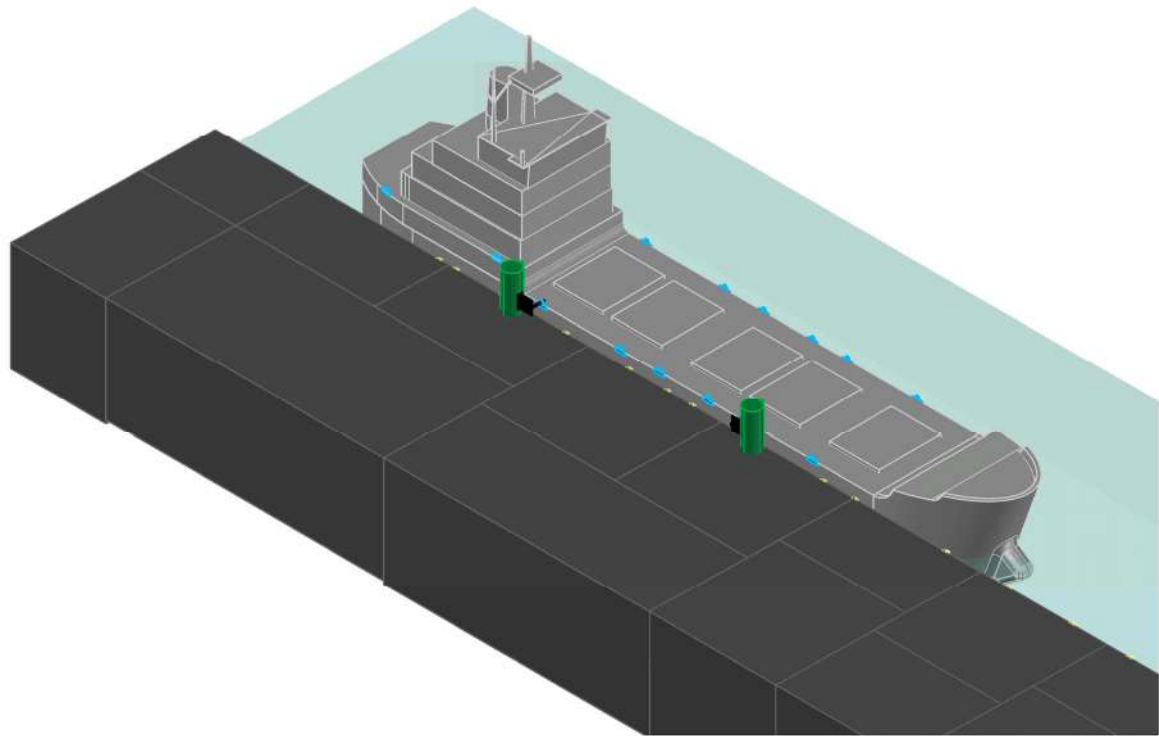


【荷揚岸壁に船体乗上防止用の柱を設置】のイメージ図



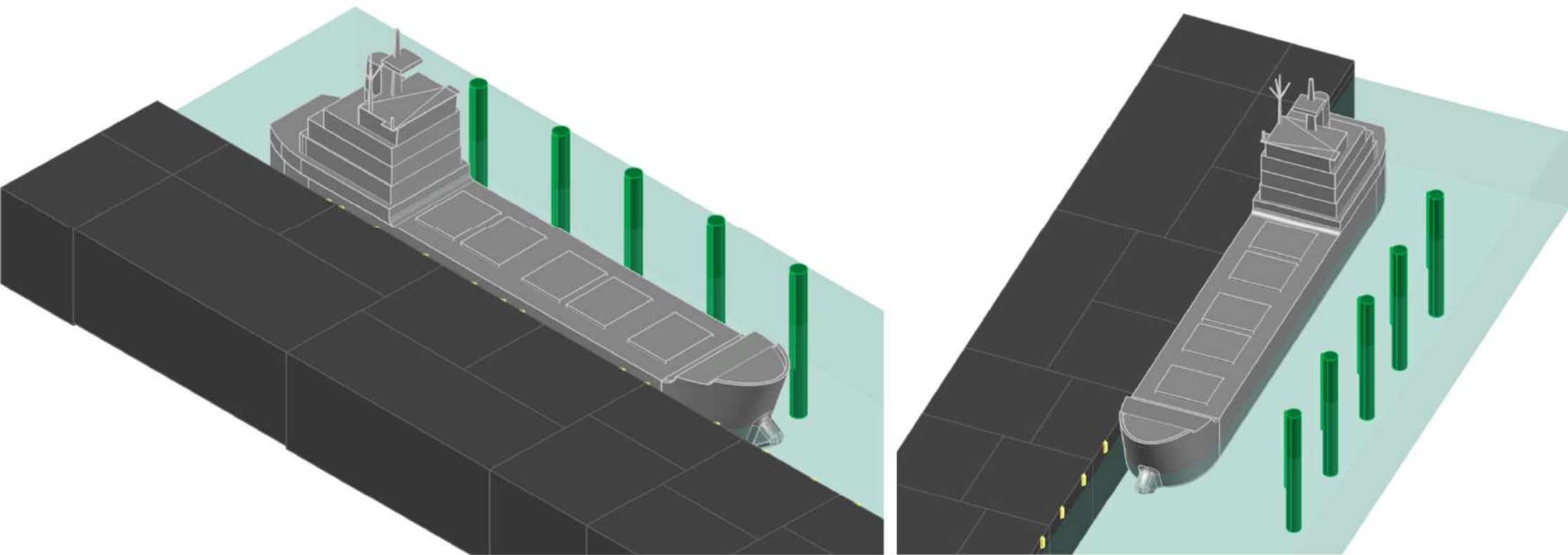
【荷揚岸壁の高上げ】のイメージ図

参考 8 : 【鋼製の部材で船体を保持する 拡大図】

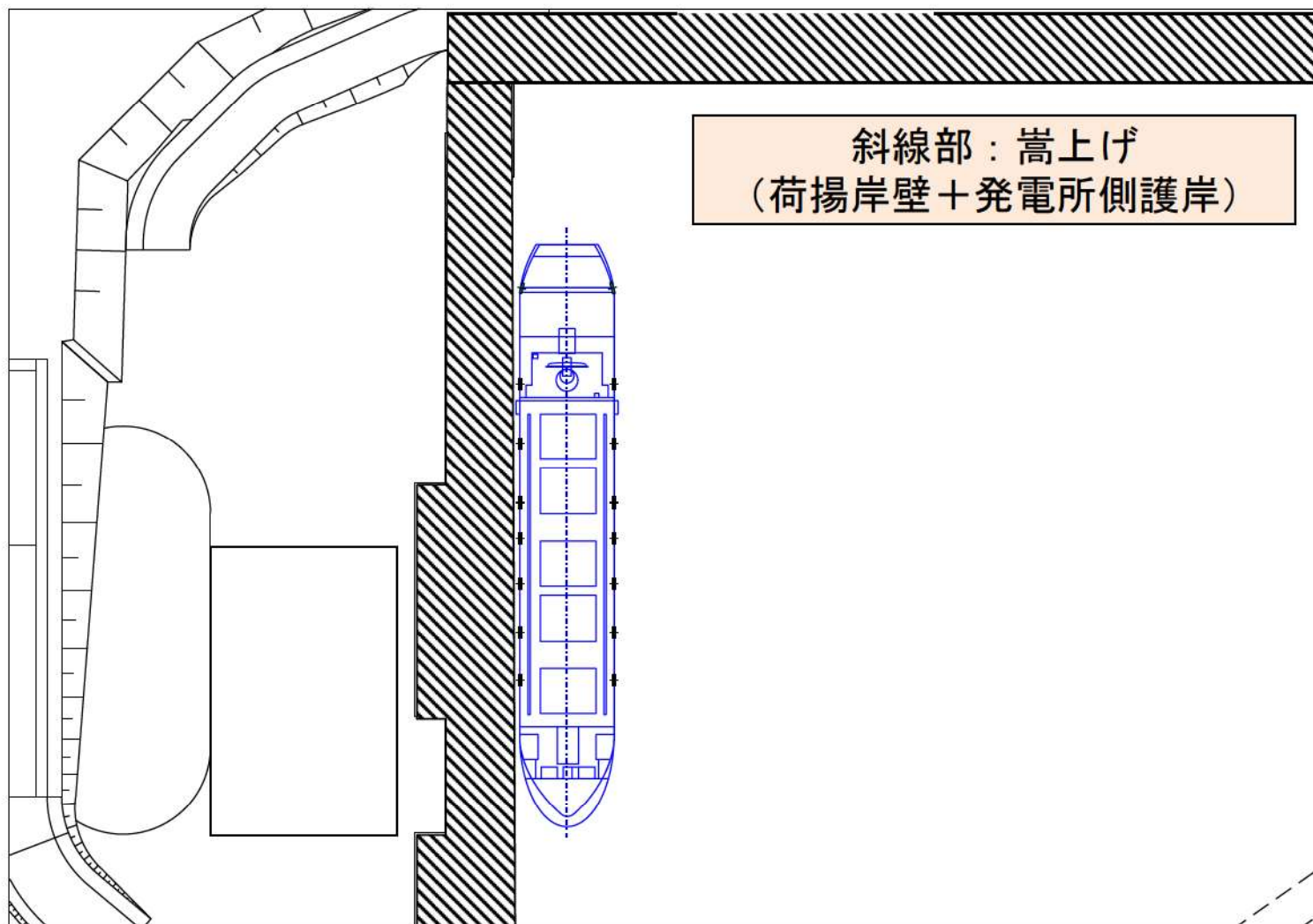


鋼製の部材で保持

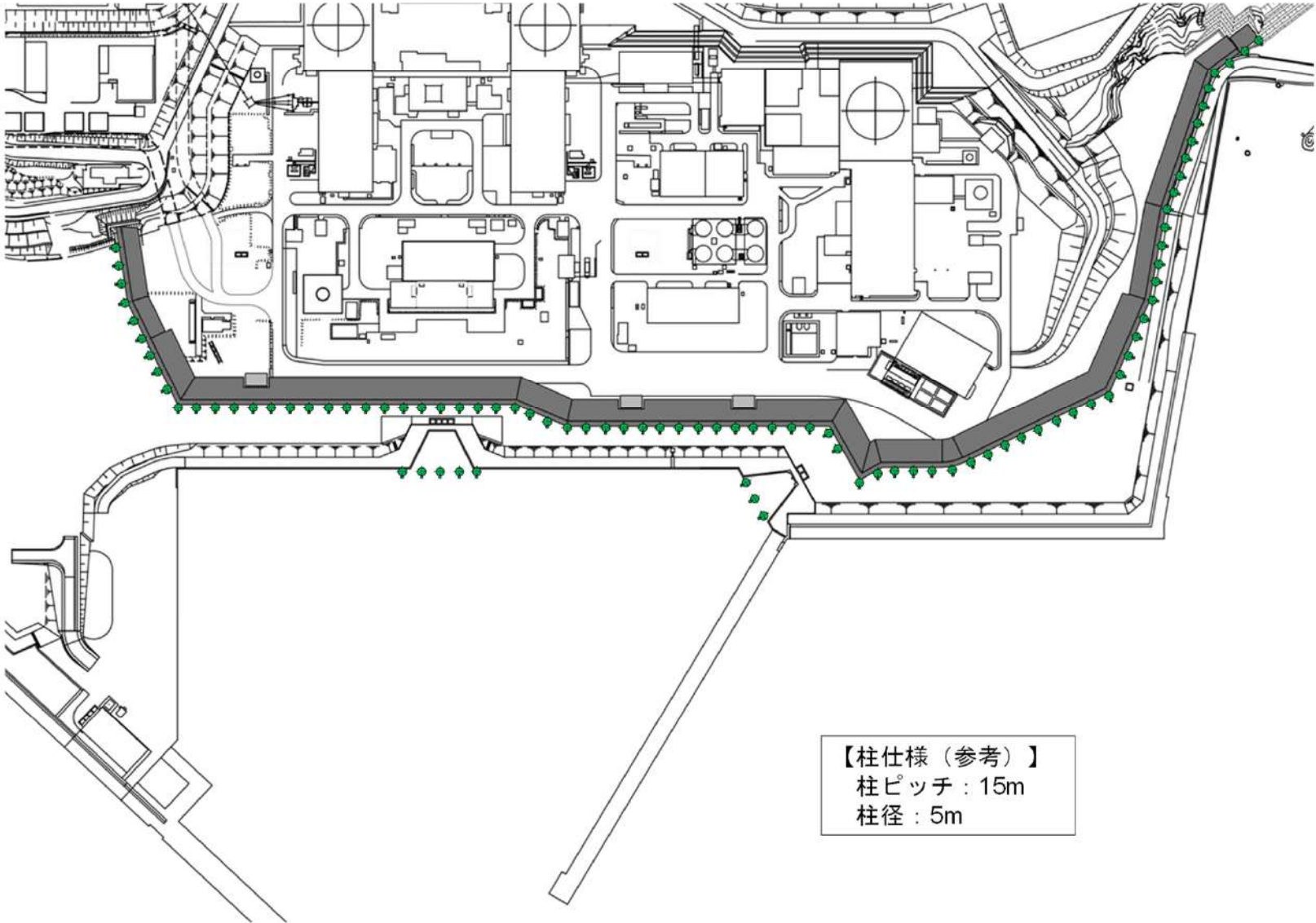
参考 8 : 【船体係留位置の沖側に港湾内の漂流防止用の柱を設置 拡大図】



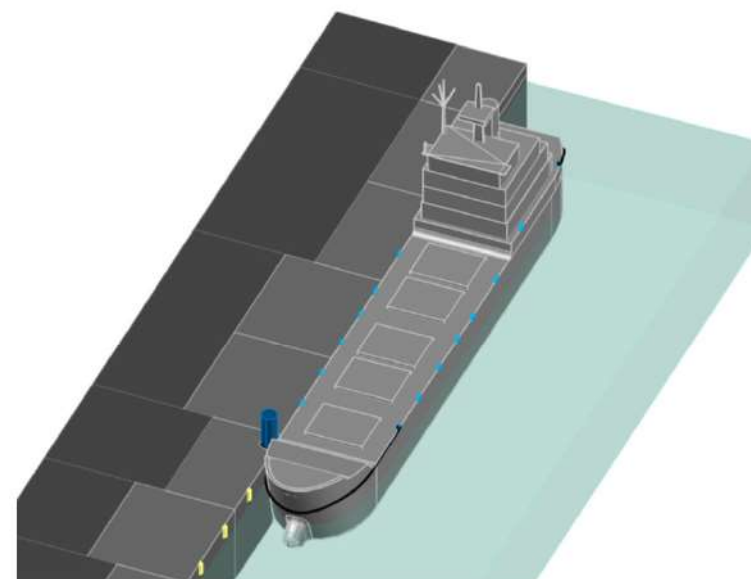
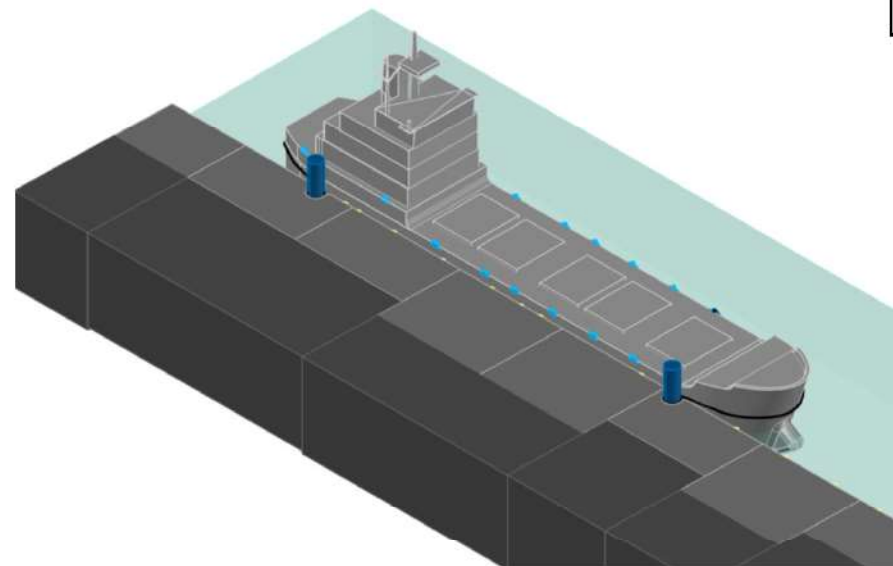
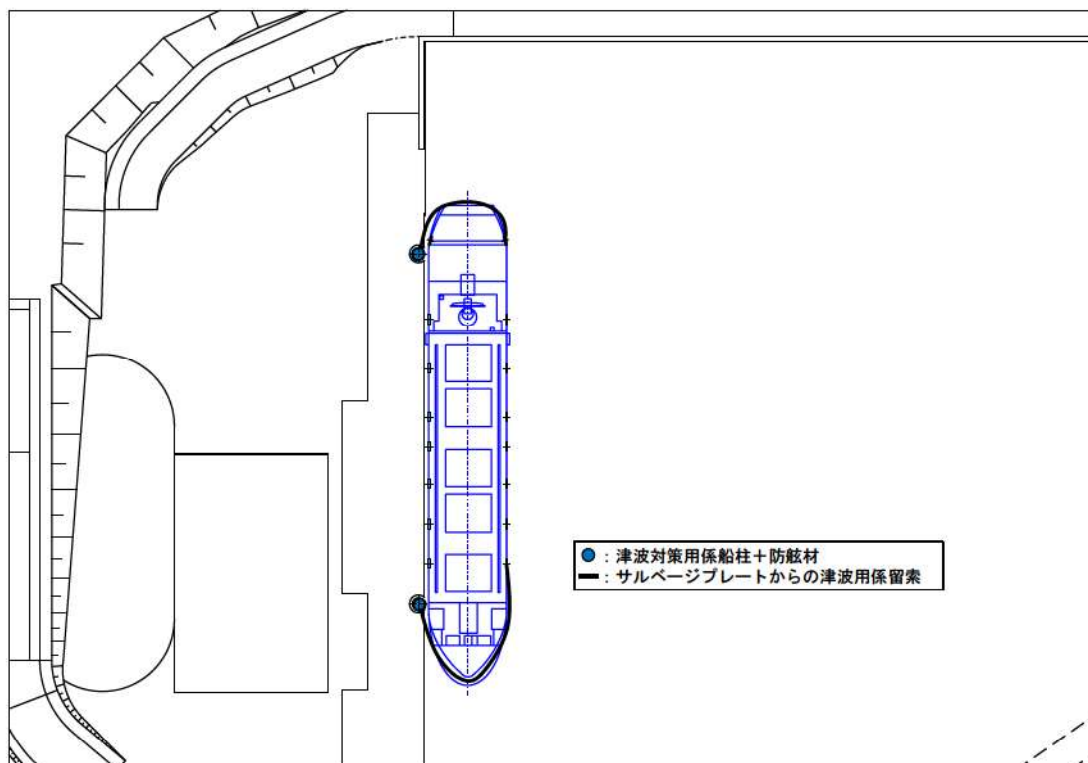
参考8：【岸壁（荷揚岸壁＋発電所側護岸）の嵩上げ 拡大図】



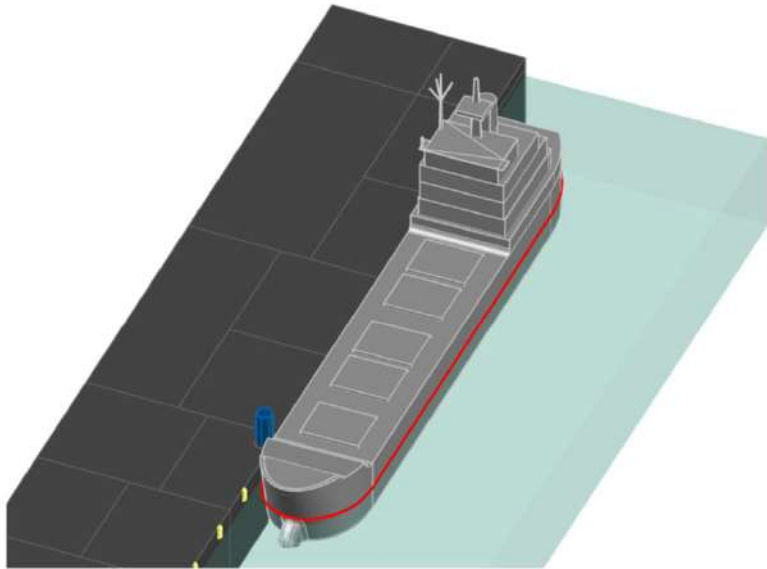
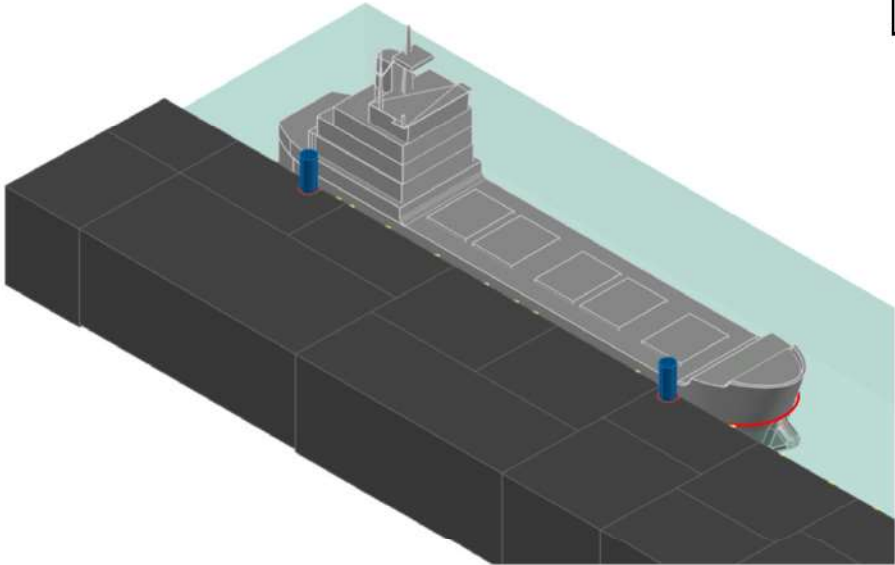
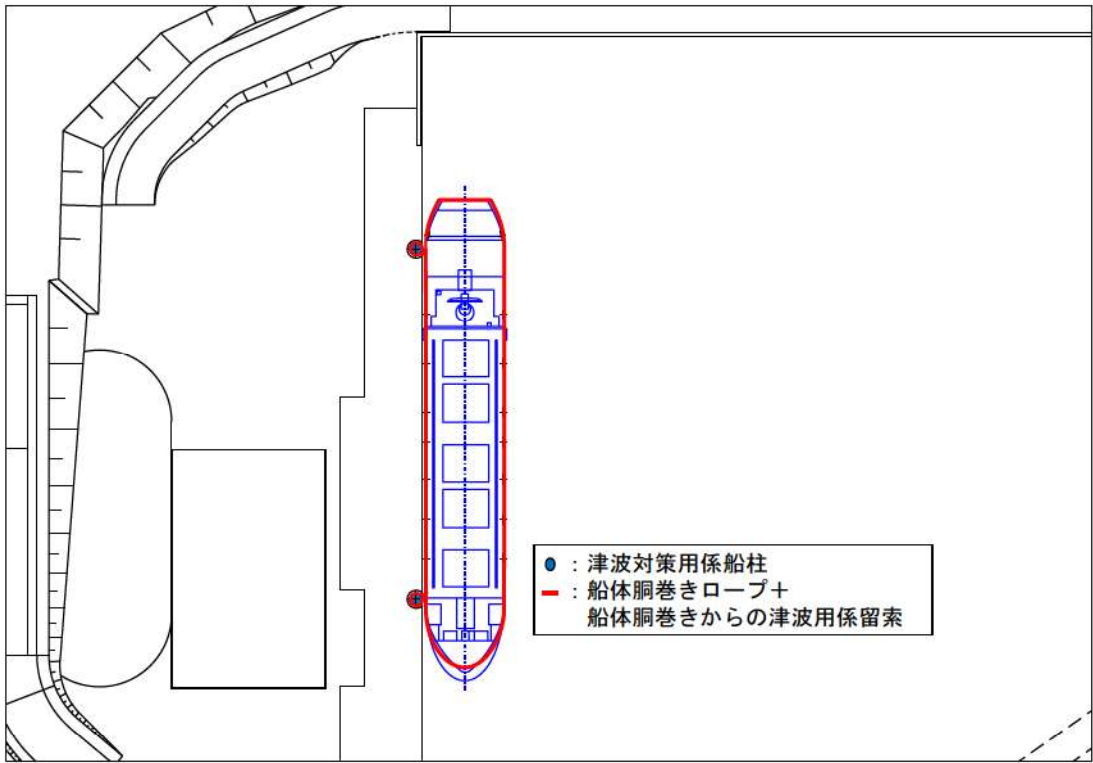
参考8：【防潮堤全面（堀株側～茶津側まで）への船体衝突防止用柱の設置，及び取水口前面（1，2号及び3号）への船体到達防止用柱の設置拡大図】



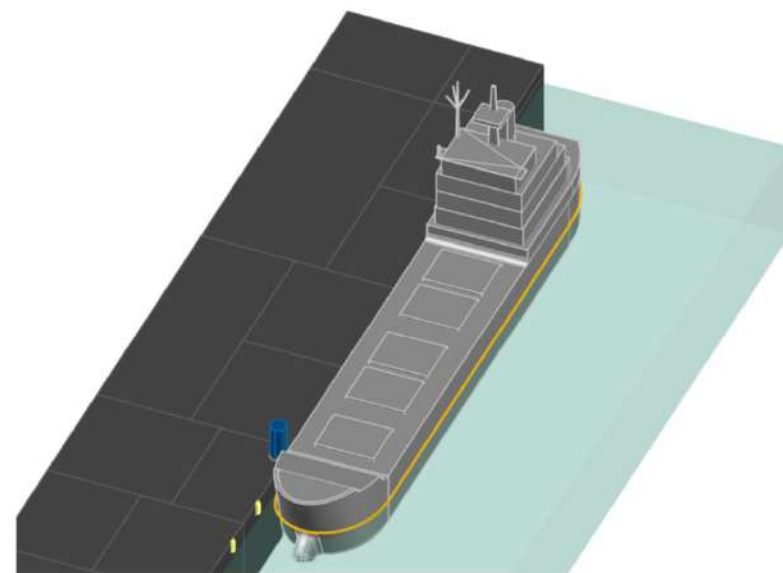
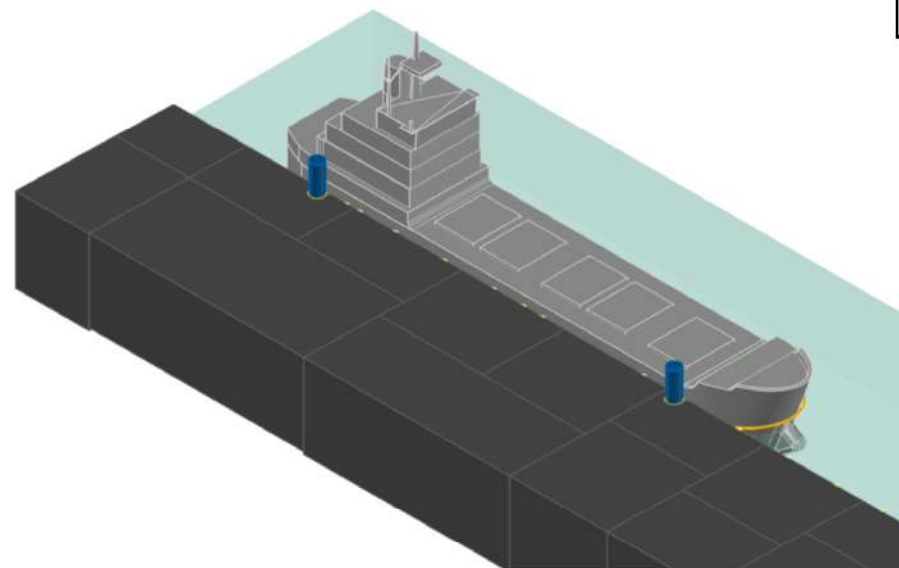
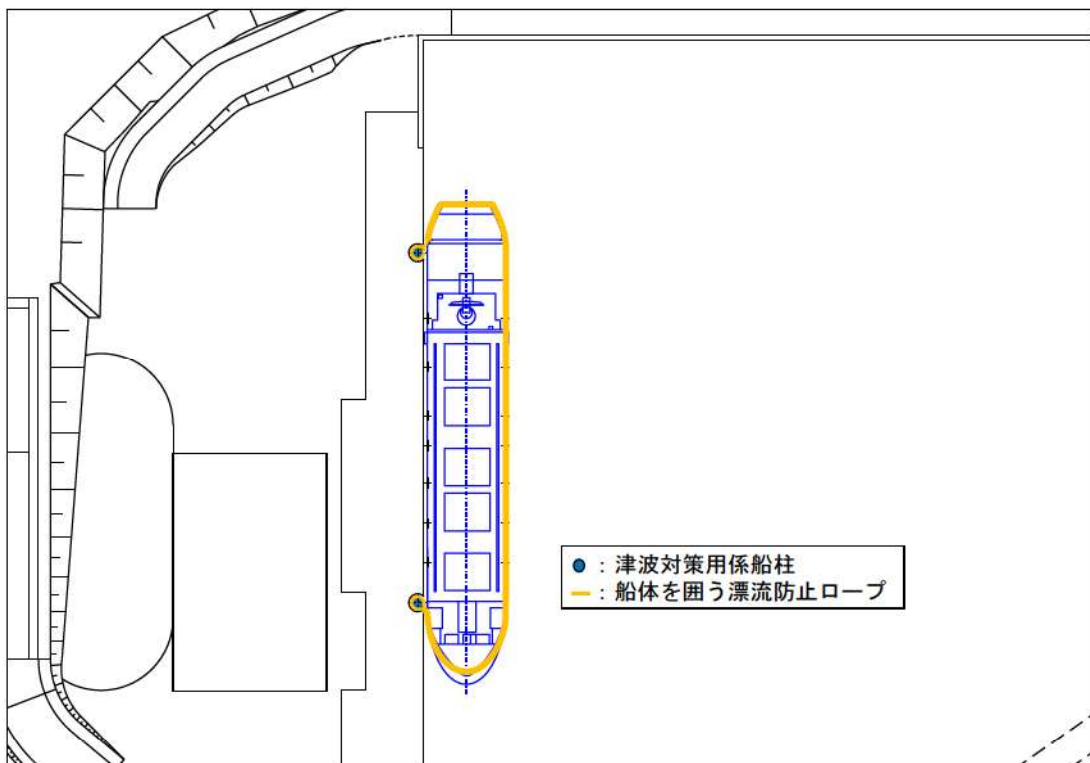
参考 8 : 【サルベージプレート等を用いた津波用係留（荷揚岸壁—船体間の高強度繊維ロープを用いた係留） 拡大図】



参考 8 : 【船体胴巻きロープを用いた津波用係留（荷揚岸壁—船体間の高強度繊維ロープを用いた係留）拡大図】



参考 8 : 【海域に船体を囲うように漂流防止ロープを設置（荷揚岸壁—船体外周を高強度繊維ロープで囲む） 拡大図】



参考 8 : 【海域に船体を囲うように漂流防止ネットを設置（海上の漂流防止ネットで船体を囲む） 拡大図】

