

資料-3 係留施設の点検診断結果の分析報告

(1) 性能低下度A評価の劣化要因の整理

1. 目的

- 現行のガイドライン、マニュアルの点検診断項目に対して、施設性能低下度Aの劣化要因の整理を行い、性能低下度の決定要因となる変状を把握することを目的とする。

2. 整理条件

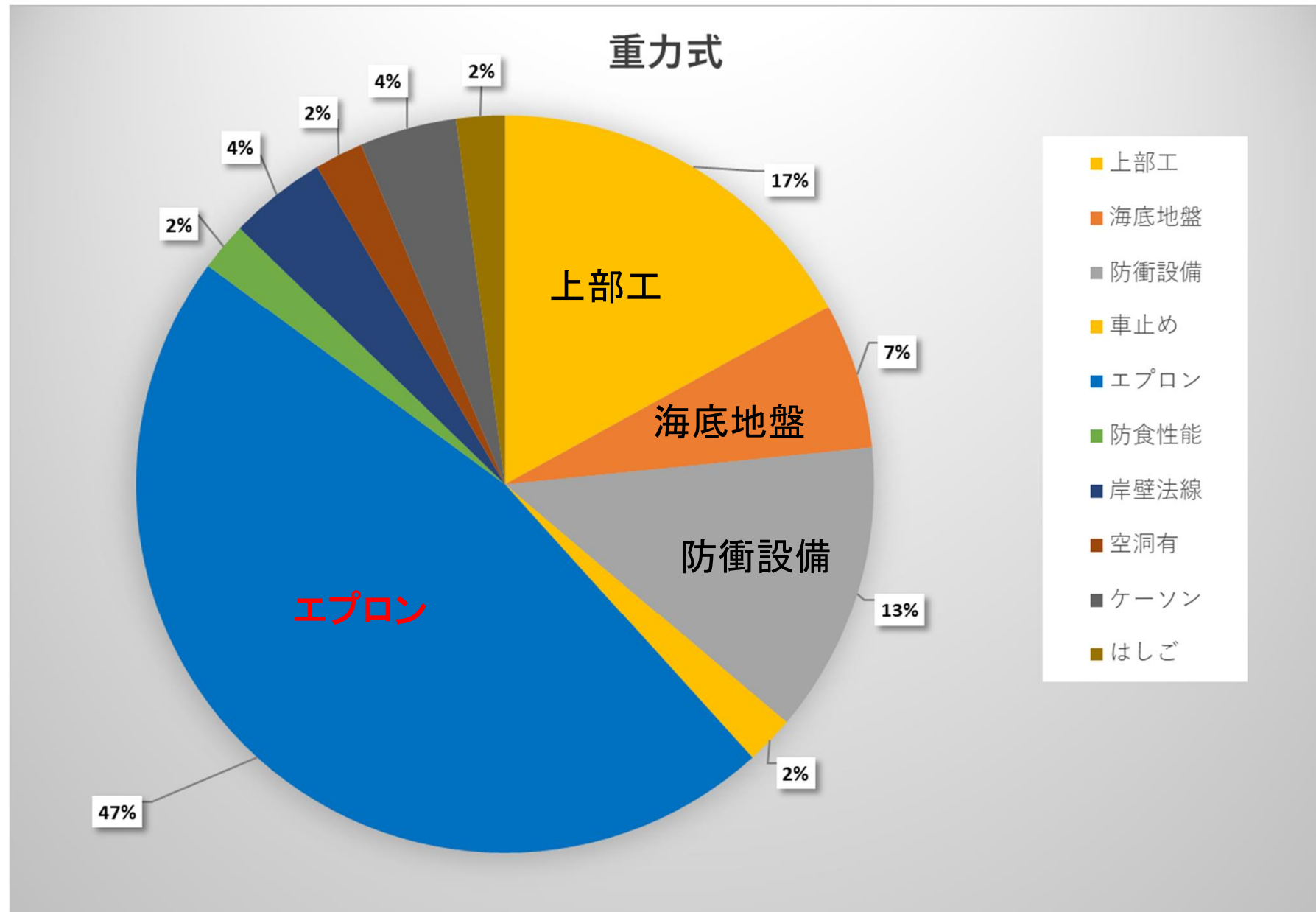
- 維持管理情報DBより整理の対象を係留施設(-7.5m以深の岸壁)とし、そのうち、劣化が進行し性能低下度Aと評価されている110施設を対象とした。
- 維持管理情報DBにて性能低下度がAかつ所見が記載されているものを対象として整理を行った。

整理対象施設内訳	施設数	性能低下度Aの施設	うち所見記載の施設
重力式	536	174	36
矢板式	333	197	43
栈橋式	96	73	31
合計(施設数)	965	444	110

※ 整理対象施設965施設及び内訳は第1回検討会で整理した施設数である。
 性能低下度Aの施設は初回点検から2023年の間で性能低下度Aと評価された施設を対象

3. 重力式の性能低下度Aの評価要因

- 対象36施設に対して性能低下度Aと評価された変状要因を整理した結果、エプロンの変状が5割程度占める結果となった。

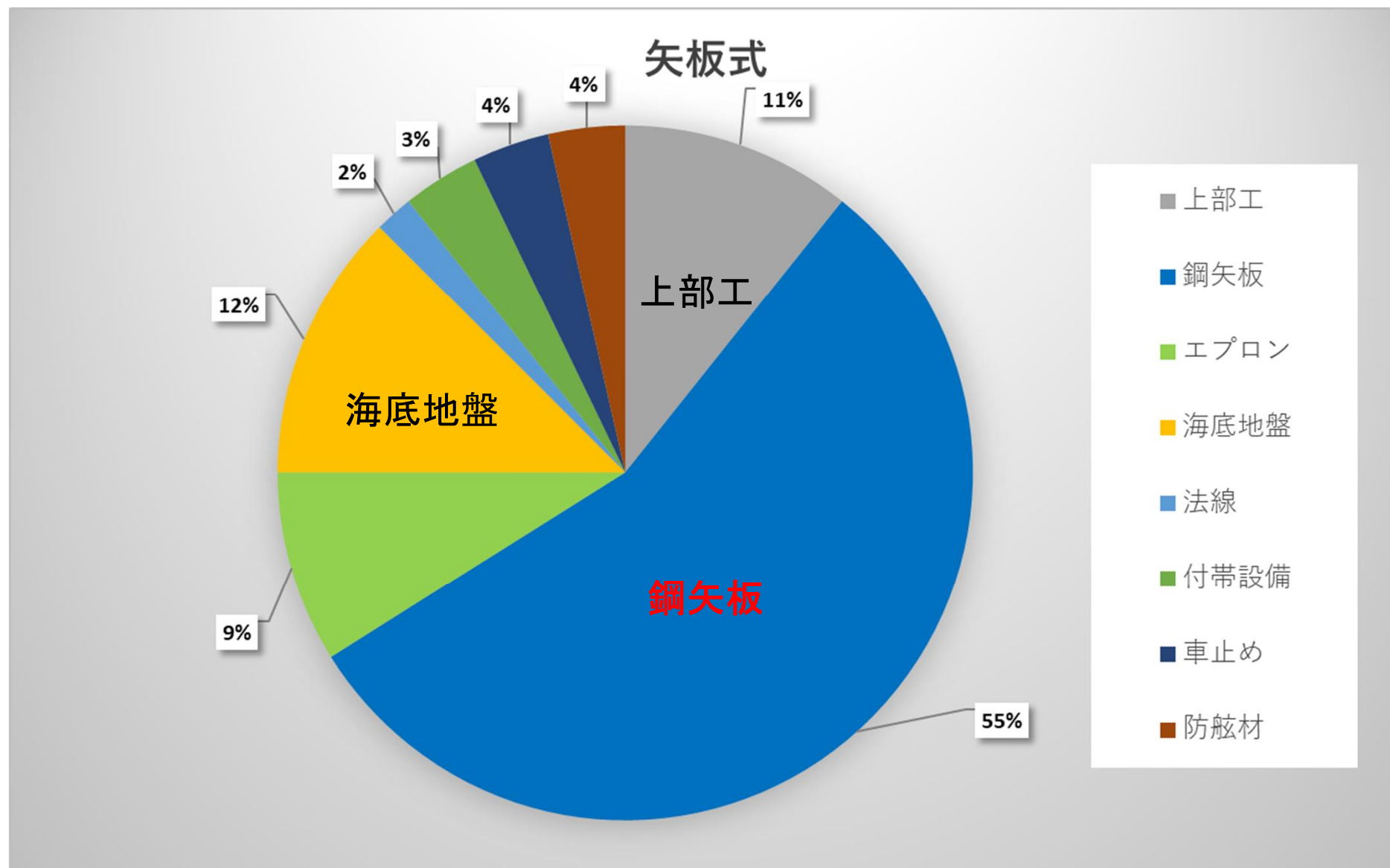


資料-3 係留施設の点検診断結果の分析報告

(1) 性能低下度A評価の劣化要因の整理

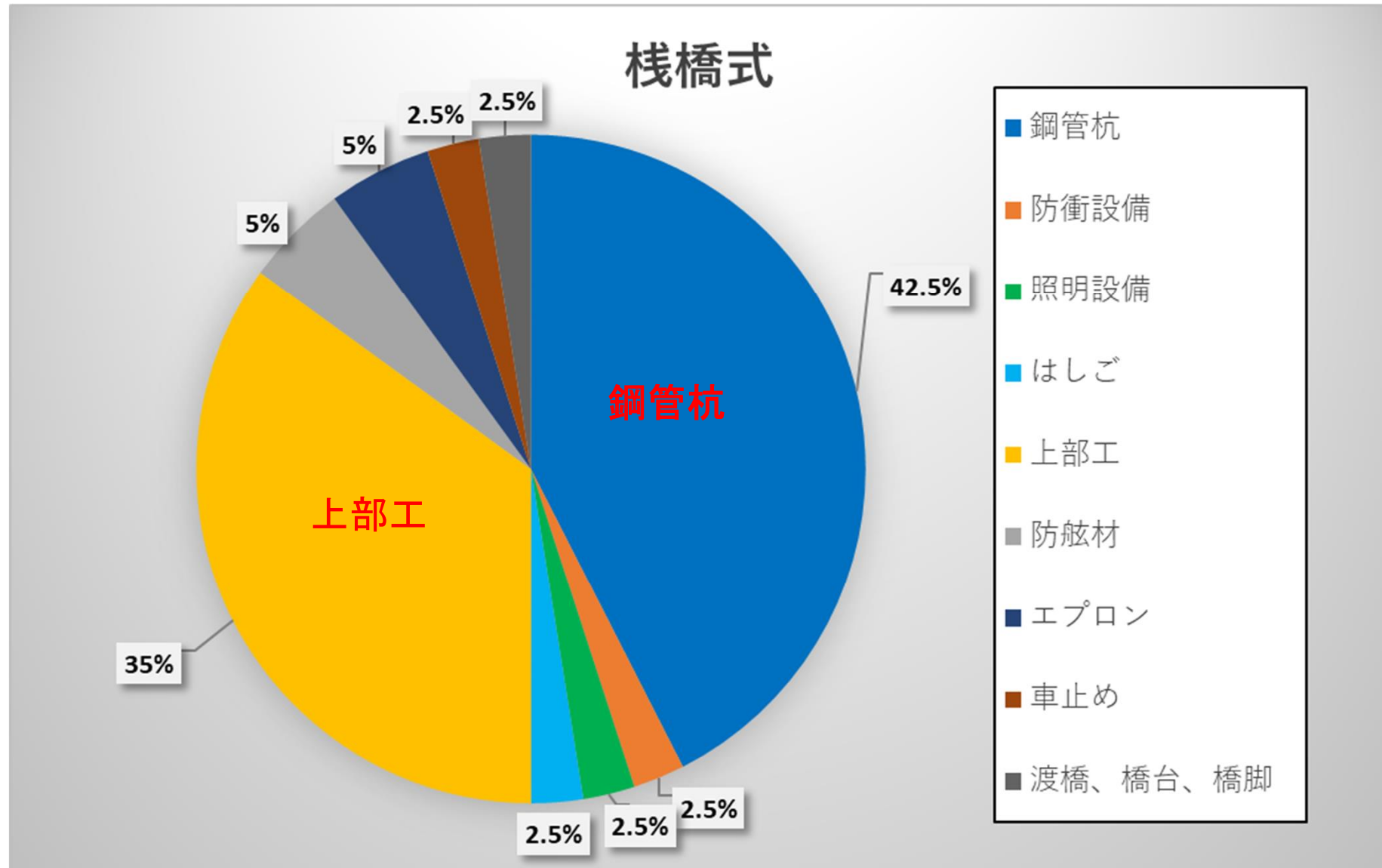
4. 矢板式の性能低下度Aの評価要因

- 対象43施設に対して性能低下度Aと評価された変状要因を整理した結果、鋼矢板の変状が5割程度占める結果となった。



5. 栈橋式の性能低下度Aの評価要因

- 対象31施設に対して性能低下度Aの評価された変状要因を整理した結果、鋼管杭の変状と上部工の変状が合わせて8割程度を占める結果となった。



資料-3 係留施設の点検診断結果の分析報告

(2) 性能低下度の評価及び遷移の平均年数

1. 性能低下度の評価及び遷移の平均年数

- ①初回点検診断時点での性能低下度の評価と建設年からの経過年数、②点検診断ごとの遷移と経過年数を整理した。
- なお建設年での性能低下度はDとした。

2. 整理条件

- 維持管理情報DBにて性能低下度がAかつ遷移した変状要因の詳細を確認するために維持管理計画書と点検診断計画が登録されている施設を対象とした。

整理対象施設内訳	施設数	性能低下度A の施設	うち 維持管理計画書あり かつ 点検診断計画あり
重力式	536	174	26
矢板式	333	197	47
栈橋式	96	73	28
合計(施設数)	965	444	101

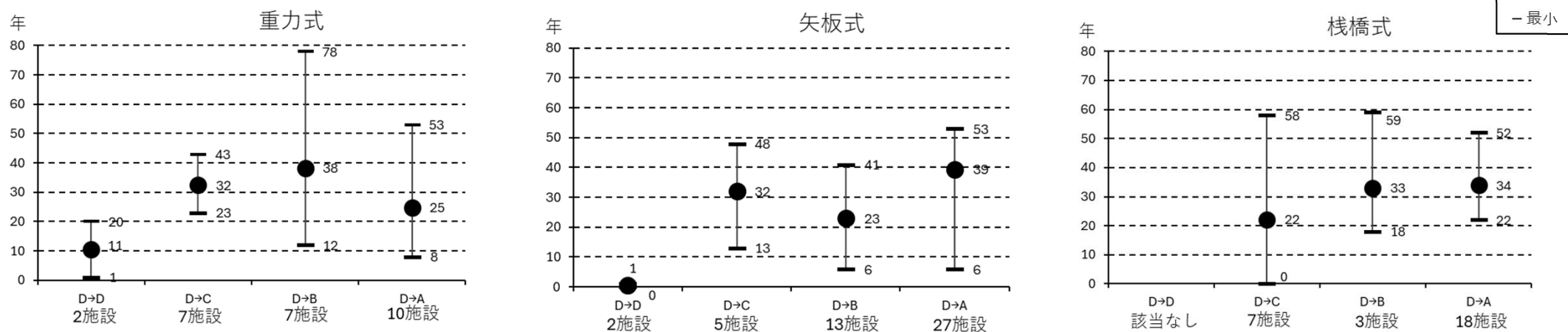
※ 整理対象施設965施設及び内訳は第1回検討会で整理した施設数である。

資料-3 係留施設の点検診断結果の分析報告

(2) 性能低下度の評価及び遷移の平均年数

1. 性能低下度の評価及び遷移の平均年数

① 初回点検診断時点での性能低下度の評価と建設年からの経過年数



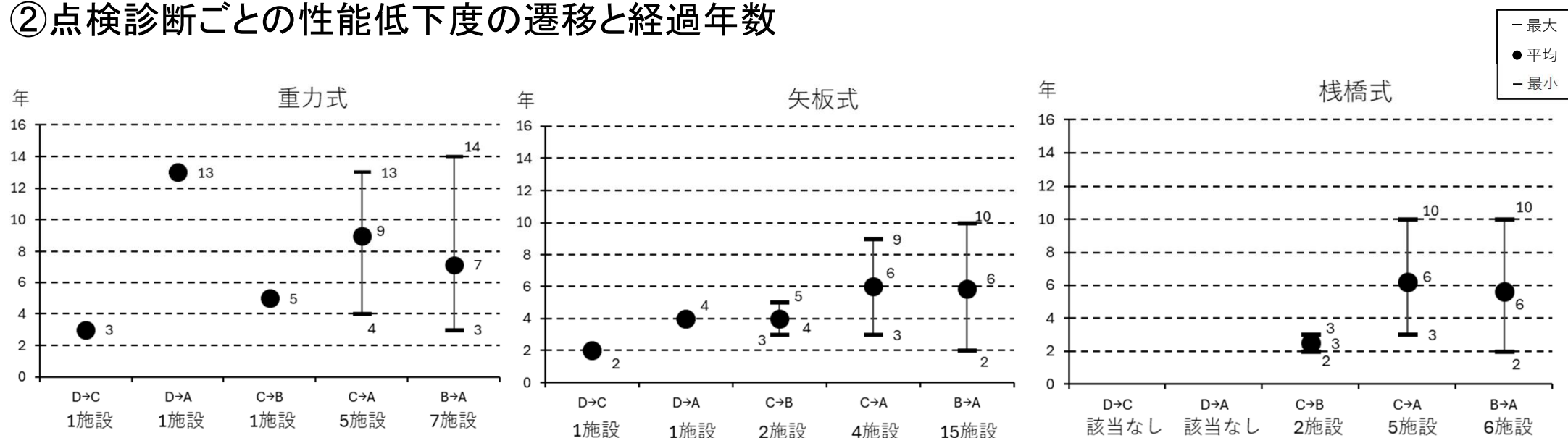
- Cと評価された平均年数は重力式で32年、矢板式で32年、栈橋で22年であった。重力式では偏差が小さく、栈橋は最も偏差が大きかった。また栈橋では建設直後にCと評価された施設も存在した。理由については当時の記録では所見が記載されていなかったのが不明である。
- Bと評価された平均年数は重力式で38年、矢板式で23年、栈橋で33年であった。矢板式では偏差が小さく、重力式は最も偏差が大きかった。また重力式では建設後12年でBと評価された施設も存在した。理由については当時の記録では所見が記載されていなかったのが不明である。
- Aと評価された平均年数は重力式で25年、矢板式で39年、栈橋で34年であった。栈橋式では偏差が小さく、重力式は最も偏差が大きかった。また重力式では建設後8年で、矢板式では建設後6年でAと評価された施設も存在した。理由については当時の記録では所見が記載されていなかったのが不明である。

資料-3 係留施設の点検診断結果の分析報告

(2) 性能低下度の評価及び遷移の平均年数

1. 性能低下度の評価及び遷移の平均年数

② 点検診断ごとの性能低下度の遷移と経過年数



- 重力式ではC→Bが5年。C→Aが平均9年、最大13年、最小4年。B→Aが平均7年、最大14年、最小3年であった。性能低下度の遷移を点検診断にて捉える場合、B評価以下だと5年以内、B評価以上だと最小3年以内での実施となる。
- 矢板式ではC→Bが平均4年、最大5年、最小3年。C→Aが平均6年、最大9年、最小3年。B→Aが平均6年、最大10年、最小2年であった。性能低下度の遷移を点検診断にて捉える場合、B評価以下だと最小3年以内、B評価以上だと最小2年以内での実施となる。
- 栈橋式ではC→Bが3年。C→Aが平均6年、最大10年、最小3年。B→Aが平均6年、最大10年、最小2年であった。性能低下度の遷移を点検診断にて捉える場合、B評価以下だと最小3年以内、B評価以上だと最小2年以内での実施となる。

※整理例：2010年D判定→2013年D判定→2016年A判定だった場合、D→Aは6年として整理

1. 目的

- 寒冷地では冬季の気象・海象条件が厳しいことから、コンクリート部材などの急激な性能低下の要因になっている可能性がある。そのため寒冷地やその他地域における部材などの急激な性能低下の要因について有識者へのヒアリングを実施した。

2. 内容

- 寒冷地などの地域特性を考慮した部材などの急激な性能低下について、港湾空港技術研究所にヒアリングを実施した。
- なお今回は係留施設を対象としているため、高波浪による被災等は対象外としている。

①寒冷地における地域特性を考慮した維持管理について

- ・「海氷の衝突」「凍害」以外での寒冷地の係留施設の各部材の劣化、損傷に関する知見は特に持ち合わせてない。
- ・近年で短期間で凍害が発生及び劣化した事例も把握してない。

②その他地域における地域特性を考慮した維持管理について

- ・塗装が適用された鋼構造物（鋼橋など）において、塗装部の劣化が、南の方（沖縄）は激しい傾向がみられる（高温と飛来塩分の影響？）。

ただ、港湾施設（矢板、杭）の場合は、**重防食被覆やペトロラタム被覆等、被覆厚さが厚いので、塗装の場合のような地域差は無い**と思われる。

被覆については、塩分よりは波の影響の方が大きいと思われる。

- ・海水抵抗率については、河川付近で、著しく抵抗率が高い場合、電気防食の効き具合が多少変わっている可能性がある。

資料-3 係留施設の点検診断結果の分析報告

(4) 維持管理実績と維持管理情報DBの照合

1. 目的

- 維持管理情報DBの信頼度の確認を行うことを目的とし、自治体の維持管理実績と維持管理情報DBとの照合を行う。

2. 整理条件

- 整理の対象は係留施設(-7.5m以深の岸壁)とし、劣化が進行している性能低下度A,Bの施設に着目して、判定や所見の照合を行った。

3. 広島県の維持管理実績との照合

- 施設性能低下度A,Bの8施設に対して性能低下度と所見の確認を行った。
- 一部性能低下度が合わない施設があったが、概ね広島県の維持管理実績と維持管理情報DBの判定に相違はなく、維持管理DB上の維持管理資料で維持管理実績の所見と同じことが確認できた。

港名	施設番号	施設名	施設所有者	広島県提供				維持管理情報DB			
				データの有無	維持管理資料	性能低下度		データの有無	維持管理資料	性能低下度	
						判定	所見			判定	所見(点検診断画面の所見)
広島港	C-1-1	宇品外貿埠頭岸壁(第1~第4バース)	広島県	○	○	A	上部工の欠損	○	○	A	所見なし
	C-1-14	海田-7.5岸壁	広島県	○	○	B	—(受領資料で判断できない)	○	○	A	所見なし
	C-1-24	出島-7.5m岸壁第1バース	広島県	○	○	B	上部工のひび割れ、欠損	○	○	C	所見なし
	C-1-1-3	宇品外貿埠頭岸壁-3(-H29)	広島県	○	○	A	上部工の欠損	○	○	A	所見なし
	C-1-2	宇品外貿埠頭岸壁(第5バース)	広島県	○	○	B	—(受領資料で判断できない)	○	○	B	所見なし
福山港	C-1-33	箕島2号岸壁	広島県	○	○	B	上部工、エプロンのひび割れ	○	×	B	所見なし
	C-1-34-1	箕島3号-1岸壁	広島県	○	○	B	上部工、エプロンのひび割れ	○	×	B	所見なし
	C-1-34-2	箕島3号-2岸壁	広島県	○	○	B	—(受領資料で判断できない)	○	×	B	所見なし

資料-3 係留施設の点検診断結果の分析報告

(4) 維持管理実績と維持管理情報DBの照合

4. 秋田県の維持管理実績との照合

- 施設性能低下度A,Bの17施設に対して性能低下度と所見の確認を行った。
- 対象17施設に対して、秋田県の維持管理実績と維持管理情報DBの判定に相違はなく、維持管理DBの画面上の所見では確認できないが、DB上で紐づいている維持管理資料で維持管理実績の所見と同じことが確認できた。

港名	施設番号	施設名	水深(m)	施設所有者	秋田県提供				維持管理情報DB			
					データの有無	維持管理資料	性能低下度		データの有無	維持管理資料	性能低下度	
							判定	所見			判定	所見(点検診断画面の所見)
秋田港	C-1-16	向浜-7.5m1号岸壁	-7.5	秋田県	○	○	A	鋼材の開孔	○	○	A	鋼矢板の開孔
	C-1-17	向浜-7.5m2号岸壁	-7.5	秋田県	○	○	A	鋼材の開孔	○	○	A	鋼矢板の開孔
	C-1-18	向浜-10m1号岸壁	-10.0	東北地方整備局	○	○	A	鋼材の開孔	○	○	A	所見なし
	C-1-19	向浜-10m2号岸壁	-10.0	東北地方整備局	○	○	A	鋼材の開孔、海底地盤の堆積	○	○	A	所見なし
	C-1-20	向浜-10m3号岸壁	-10.0	東北地方整備局	○	○	A	海底地盤の堆積	○	○	A	所見なし
	C-1-10	北ふ頭A岸壁	-7.5	秋田県	○	○	A	海底地盤の洗堀	○	○	A	所見なし
	C-1-15	寺内ふ頭岸壁	-7.5	秋田県	○	○	B	上部工、エプロンの段差、ひび割れ	○	○	B	エプロンの段差、上部工のひび割れ
	C-1-7	中島3号岸壁	-10.0	東北地方整備局	○	○	B	エプロンの段差	○	○	B	所見なし
	C-1-9	中島1号岸壁	-9.0	東北地方整備局	○	○	B	エプロンの段差	○	○	B	所見なし
	C-1-21	外港-13m2号岸壁	-13.0	東北地方整備局	○	○	B	エプロンの段差、ひび割れ	○	○	B	エプロンの段差、上部工のひび割れ
	C-1-5	大浜-10m2号岸壁	-10.0	東北地方整備局	○	○	A	鋼材の開孔	○	○	A	所見なし
C-1-6	大浜-10m3号岸壁	-10.0	東北地方整備局	○	○	A	鋼材の開孔、海底地盤の洗堀	○	○	A	所見なし	
船川港	C-1-1	5000トン岸壁	-7.5	秋田県	○	○	A	海底地盤の堆積	○	○	A	所見なし
	C-1-2	7000トン岸壁	-8.0	秋田県	○	○	A	本体工の欠損、海底地盤の堆積	○	○	A	所見なし
	C-1-3	15000トン岸壁	-10.0	秋田県	○	○	A	海底地盤の堆積	○	○	A	所見なし
能代港	C-1-6	大森-13m岸壁	-13.0	東北地方整備局	○	○	B	鋼材の腐食	○	○	B	所見なし
	C-1-1	中島1号岸壁	-7.5	秋田県	○	○	B	鋼材の腐食	○	○	B	鋼材の腐食

(5) 新しい点検技術のガイドラインへの拡充

1. 目的

- 港湾の施設の点検診断ガイドラインにより示される技術基準対象施設の一般定期点検診断の項目のうち、人手不足や技術力不足を補う手段として、新技術及びICTを活用することによって、従来の点検診断方法の代替となり得る点検方法について新技術情報提供システム(NETIS)や港湾の施設の新しい点検技術カタログ(案)などにより資料を収集し整理した。

2. 整理条件

- 対象は係留施設を代表とし、①重力式、②矢板式、③棧橋式の3形式とした。
- 第1回検討会のご意見を踏まえて、従来の点検診断方法の代替となり得る点検方法を整理した。

3. 各構造形式における一般定期点検診断での点検項目

- 一般定期点検診断は陸上及び海上より目視できる範囲を確認する。以下に各構造形式での代表的な点検項目を示す。

重力式	矢板式	棧橋式
<ul style="list-style-type: none"> ・岸壁法線の凹凸、出入り ・エプロンの沈下、陥没 ・コンクリートの劣化、損傷【ケーソン・上部工】 ・エプロンの劣化、損傷 	<ul style="list-style-type: none"> ・岸壁法線の凹凸、出入り ・エプロンの沈下、陥没 ・鋼矢板の腐食、亀裂、損傷 ・エプロンの劣化、損傷 ・コンクリートの劣化、損傷【上部工】 ・被覆防食工の劣化、損傷 ・電気防食工の電位 	<ul style="list-style-type: none"> ・岸壁法線の凹凸、出入り ・エプロンの沈下、陥没 ・鋼管杭の腐食、亀裂、損傷 ・エプロンの劣化、損傷 ・コンクリートの劣化、損傷【上部工】 ・被覆防食工の劣化、損傷 ・電気防食工の電位

(5) 新しい点検技術のガイドラインへの拡充

4. 陸上からの目視点検の代替技術例(第1回検討会の再掲)

- 港湾の施設の新しい点検技術 カタログ(案)に掲載されている陸上目視点検の代替技術情報を以下に示す。

項目	遠隔モニタリングシステム	光ファイバーセンサーを使用した変状計測技術
特徴	<p>港湾施設(構造物やパイプライン等)に関する揺れ、傾き、振動等による劣化兆候を配線や給電が不要な機器を利用し、映像と共に、監視制御端末から監視が可能な技術。</p>	<p>本技術は光ファイバーケーブル上のブルリアン散乱光の解析によるモニタリング技術である。本技術の活用により、光ファイバーの伸縮量の変化から、点検対象部位の伸縮歪み量をリアルタイムかつ広範囲(最大5km)に一括計測可能にすることができ、沈下/ひび割れ/破断/その他の変形等の損傷を捉えることが可能である。</p> <p>従って、設計値を超える異常な伸縮歪みの発生を伴う変状に対するモニタリング性能が向上し、点検効率化が期待できる。</p>
イメージ写真		
確認可能な項目及び計測精度	<p>【確認できる項目】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・岸壁法線の凹凸、出入り ・エプロンの沈下、陥没 <p>【計測精度】</p> <p>傾斜精度: ±0.1度 張力推定性能: 0.01(t) 変位計測: ±0.1mm</p>	<p>【確認できる項目】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・岸壁法線の凹凸、出入り ・エプロンの沈下、陥没 ・エプロンの劣化、損傷 ・コンクリートの劣化、損傷【上部工】 <p>【計測精度】</p> <p>1με = 単位長さの10⁻⁶歪み(伸縮) 例: 1mが0.06mm伸縮した場合 = 60με</p>

(5) 新しい点検技術のガイドラインへの拡充

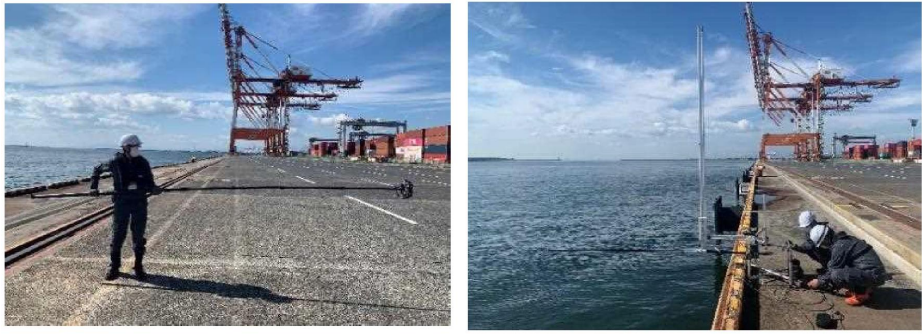
4. 陸上からの目視点検の代替技術例

- 港湾の施設の新しい点検技術 カタログ(案)に掲載されている陸上目視点検の代替技術情報を以下に示す。

項目	特殊地中レーダを用いた岸壁エプロン下の空洞探索システム (NETIS:KT-170075-A)	AIや三次元点群モデルを活用した、港湾施設の定期点検支援技術 (NETIS:KT-190025-VR)
特徴	従来の探索可能深度を維持しながら、車両により探索速度を向上させたマルチチャンネル地中レーダ探索装置(車両型)、鉄筋コンクリートエプロンでの空洞探索精度を高めたマルチチャンネル地中レーダ探索装置(鉄筋対応型)を用いて、岸壁エプロン下の空洞を探索するシステムである。	国産ドローンで撮影した画像をクラウド上でAI解析することで、ひび割れ等の変状部を抽出し、損傷図を作成する。また、取得画像から復元した三次元点群モデルより断面図を生成し、ずれ、段差などの変状を検出する。
イメージ写真	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>車両型</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>鉄筋対応型</p>  </div> </div>	 
確認可能な項目及び計測精度	<p>【確認できる項目】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・エプロンの沈下、陥没(エプロン部の空洞化) <p>【計測精度】</p> <p>最小検出空洞規模:長さ0.5m、幅0.5m、厚さ0.1m</p> <p>車両型:地表面から2m程度 鉄筋対応型:地表面から1.5m程度</p>	<p>【確認できる項目】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・岸壁法線の凹凸、出入り ・エプロンの沈下、陥没 ・エプロンの劣化、損傷 ・コンクリートの劣化、損傷【上部工】 <p>【計測精度】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ひび割れ幅:0.2mmから検出可能。 ・段差、ずれ等の最小計測値:5cm程度から計測可能。 <p>※撮影離隔距離による。</p>


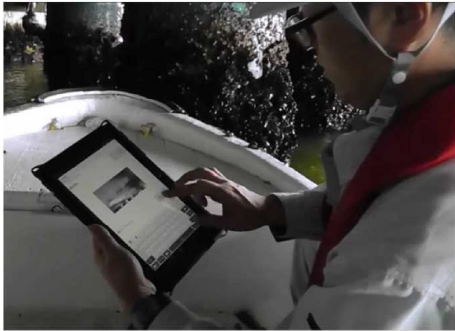
5. 海上からの目視点検の代替技術例

- 港湾の施設の新しい点検技術 カタログ(案)に掲載されている海上目視点検の代替技術情報を以下に示す。

項目	パノラマカメラを用いた構造物調査点検システム (NETIS:CBK-170001-A) 「構造物点検用パノラマカメラによる構造物点検」
特徴	現場で撮影したパノラマ写真より机上で点検を行う。LEDを搭載したパノラマカメラを用いるため、暗い場所であっても、影のない鮮明な撮影が可能である。 詳細な全周写真により客観的な診断が可能となり、品質データの履歴管理により経年劣化の把握が可能となる。
イメージ写真	
確認可能な項目及び計測精度	<p>【確認できる項目】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・岸壁法線の凹凸、出入り ・エプロンの沈下、陥没 ・エプロンの劣化、損傷 ・コンクリートの劣化、損傷【上部工】 <p>【計測精度】</p> <p>対物平均解像度(距離1m)</p> <p>カメラ①: 1.03(mm/pix)</p> <p>カメラ②: 0.53(mm/pix)</p> <p>カメラ③: 0.38(mm/pix)</p>

6. 点検調査のシステム技術

- 港湾の施設の新しい点検技術 カタログ(案)に掲載されている点検調査のシステム技術情報を以下に示す。

項目	港湾施設の維持管理支援システム(CASPort)	スマートフォンによる港湾施設の維持管理システム
特徴	1)点検に必要な情報を現場用端末(タブレット)に集約することで、点検時に多数の資料を携帯せずに安全な点検作業が可能【安全性の向上】 2)タブレットのカメラ機能を利用した点検写真撮影や簡易な点検メモ入力により写真やメモが点検箇所自動的に紐付けされるので、点検後の写真やメモの整理が容易【作業効率と経済性の向上】 3)現地で過去の点検結果や劣化度判定事例写真を参照できるので、精度の高い点検が可能【点検結果の品質の向上】	1)利用者、地域に合わせた点検ネットワークの設定 2)点検データ登録と蓄積データの検索、帳票出力設定の簡便さ 3)施設被災時の気象条件の同期出力(オプション)
イメージ写真	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>事務所用端末 (パソコン)</p>  <p>■主な機能</p> <ul style="list-style-type: none"> ○点検前の処理 <ul style="list-style-type: none"> 施設や点検項目の設定、点検位置作図 ○点検後の処理 <ul style="list-style-type: none"> 点検結果の編集、写真の紐付け 評価結果や補修概略コストの算定 帳票出力 </div> <div style="text-align: center;"> <p>現場点検用端末 (タブレット)</p>  <p>■主な機能</p> <ul style="list-style-type: none"> ○現場での点検時の処理 <ul style="list-style-type: none"> 点検結果や写真の記録 過去の点検結果や劣化判定例の参照 </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;">   </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>港湾施設の維持管理システム スマホアプリ</p> <ul style="list-style-type: none"> 維持管理業務を受託している建設業者 官公庁(県、市)の担当者 <p>各点検を行い、アプリを使用しサーバにデータを送信する</p> <p>スマホアプリ画面例</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>点検の種類</p> <ul style="list-style-type: none"> 日常点検 施設の損傷に関する情報 災害点検 施設の災害による損傷に関する情報 管理・利用点検 用地利用、不法係留及び漁港の利用に関する情報 </div> <div style="width: 45%;"> <p>アプリより送信する点検データ</p> <ul style="list-style-type: none"> 画像(最大4枚) 点検種類(日常、災害、管理・利用) 撮影位置情報(GPS情報を利用) 撮影方向(16方位) 撮影時間(自動入力) 撮影港(撮影位置より自動入力) 対象施設(選択入力) 調査位置(選択入力) 状況内容(選択入力) 緊急報告(YES/NO) 被災予想時刻(災害点検のみ) コメント(自由入力) </div> </div> <p>点検データを蓄積</p> <p>登録された管理者のアドレスに、登録通知メールを自動送信</p> <p>管理者</p> <p>ログインするIDによって、ユーザー権限を付与</p> <p>データ閲覧・編集</p> </div>