

ローカルシェアモデルによるROVを用いた港湾施設点検の実用化実験

2022年3月9日


静岡商工会議所

静岡商工会議所（産業振興部）

新産業開発振興機構（産業振興課）

駿河湾地域事業化プロジェクト

研究部会

- ①陸上養殖研究（東海大学）
- ②薬草育成
植物抵抗性（耐性）研究（静岡大学）
- ③線虫忌避資材の開発（静岡大学）
- ④植物からの有効成分抽出研究（県立大学）
（植物の天然抽出物応用研究）
- ⑤地元特産柑橘の高付加価値化、機能性研究
（静岡大学）

連携

静岡大学
静岡県立大学
東海大学（海洋学部）

連携

テーマ探索研究会

・DX、IoT、AI活用

しみず新事業創出研究会

・知財活用、新商品等開発
・ドローン事業化プロジェクト
・スマート農業、水中ドローン活用

コトづくり研究会

・地域の課題解決
・清水で稼ぐ観光プロジェクト

企業ニーズによる事業化
研究（随時）＝産産連携

背景・目的

解決を図る沿岸・離島地域の社会的課題

- ・清水港をはじめ国内の**港湾の水中施設の老朽化**が進む一方で、点検業務を担う**潜水士の人材不足**が深刻化しており、点検作業の効率化や作業負荷低減が課題となっている。

立証しようとする次世代モビリティの新たな利活用法

- ・**ROVを用いて**潜水士による点検作業の一部である**目視検査と写真撮影**の業務を代替することで、潜水士作業の効率化や作業負荷低減を図る。
- ・事業化に向けて、利用者の人材育成や投資コスト及び維持コストなど、機器導入に係る負担と投資リスクを抑制するための**地域内機器共有化運用体制（ローカルシェアモデル）の構築**を図る。

TRLの自己評価（企画提案時点のTRL・到達を目指すTRL）

- ・企画提案時点での技術成熟度(TRL)：7
- ・当該実験により到達を目指すTRL：9

効果検証項目

【項目1】 目視検査と写真撮影の作業の代替可能性並びに作業効率化・省力化の可能性

- ・以下の項目で目視検査と写真撮影の機能を検証する。
 1. 画像取得性能
 2. 運動性能
 3. 稼働時間
 4. デジタル化された動画や静止画データの新たな活用可能性

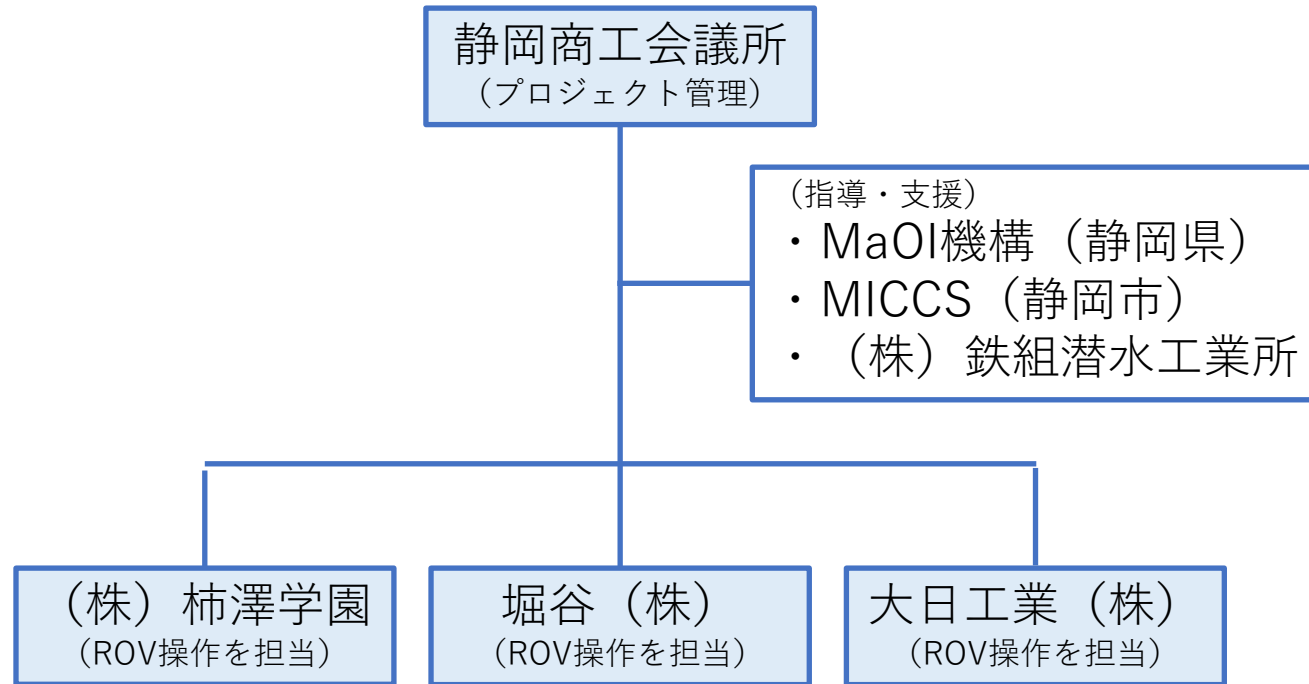
【項目2】 ROVによる施設点検の品質検証と品質確保に係る手法確立

- ・点検施設の構造毎に、点検現場の作業を通してしかわからない適切な作業手順をマニュアルとしてまとめる。

【項目3】 ローカルシェアの実現可能性

1. ROV操作の教育・訓練を受けた複数の地元企業担当者による施設点検を行い、ROV操作の専門家との操作レベルの比較検証を行い、教育効果を評価する。
2. ROVを複数の地元企業がシェアするため、中立的で非営利の組織がROV開発企業と地元企業とのレンタルまたはリースの仲介をすることが有効かを検証する。

実施体制図



< 提案者 >

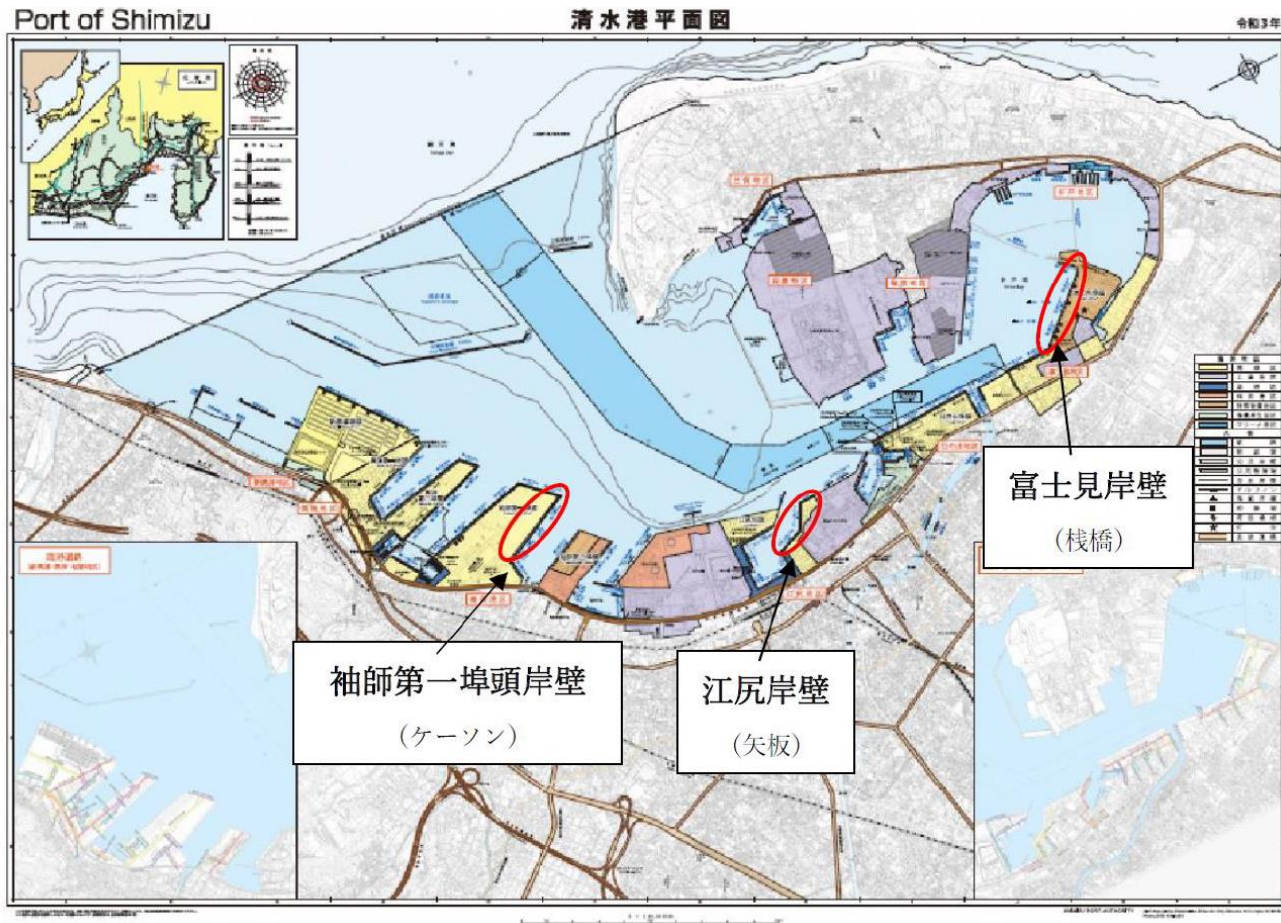
事業所等の名称	具体的な役割
静岡商工会議所	プロジェクト管理を担当
大日工業 (株)	ROVを用いた点検作業を他2社と分担して担当
堀谷 (株)	ROVを用いた点検作業を他2社と分担して担当 ROVの制御の担当
(株) 柿澤学園	ROVを用いた点検作業を他2社と分担して担当 安全管理の担当
MaOI機構	静岡県が管轄する施設の管理部局等との事前調整などの支援
MICCS	静岡市が管轄する施設の管理部局等との事前調整などの支援
(株) 鉄組潜水工業所	ROVを用いた点検作業の実験内容を指導・支援

< 外注先 >

事業所の名称	委託業務
(株) FullDepth	<ul style="list-style-type: none"> ROVの提供 教育訓練 点検の実証実験実施
(株) 建設コンサルタントセンター (海洋・港湾構造物維持管理士)	<ul style="list-style-type: none"> ROVの機能評価 報告書作成
(有) 平野潜水事業所	<ul style="list-style-type: none"> ROVの機能評価

点検実施海域

清水港（静岡県静岡市清水区）



袖師第一埠頭岸壁

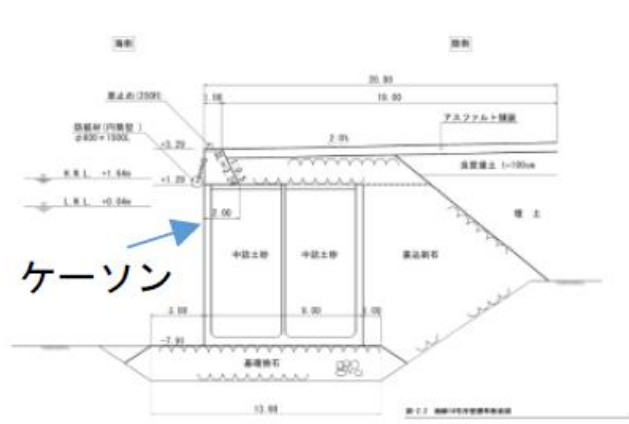


江尻岸壁



富士見岸壁

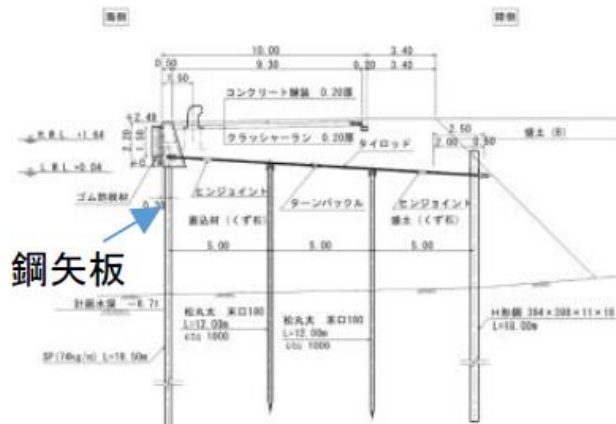
点検実施対象施設



正面図

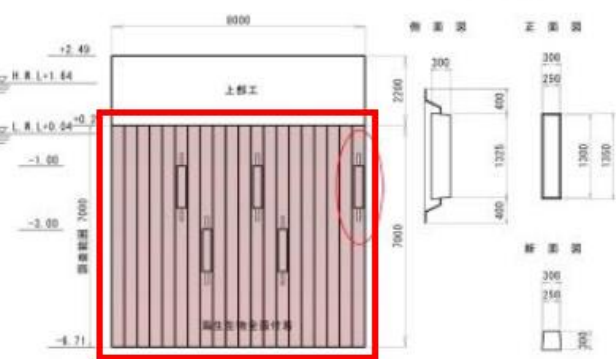


袖師 14 号岸壁
【ケーソン式】

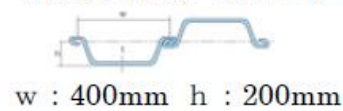


正面図

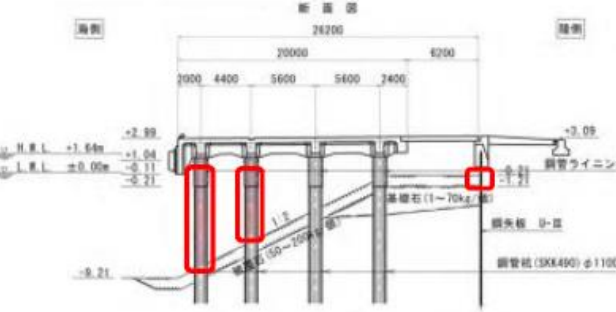
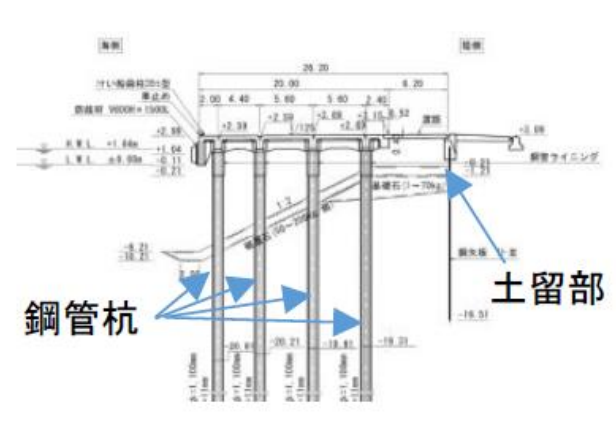
隔板詳細図



鋼矢板の構造（断面図）

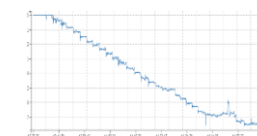
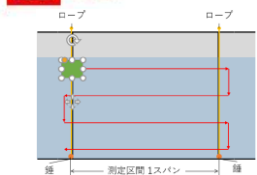


江尻 3 号岸壁
【矢板式】

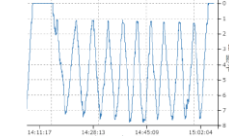
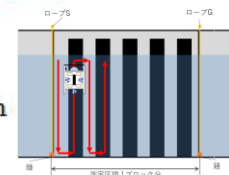


富士見 3 号岸壁
【棧橋式】

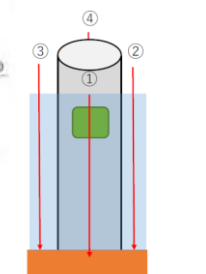
赤色 調査箇所



赤色 調査箇所



赤色 調査箇所



使用機材

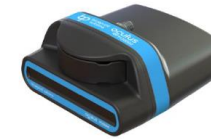
<ROV本体>

- 機材の名称：DiveUnit300（ダイブユニット300、（株）FullDepth製）
- 機材の仕様：次表の通り

最大潜行可能深度	300m
本体サイズ	横幅:410mm/高さ:375mm/奥行き:639.5mm
重量	約28kg(バッテリー込み)
カメラ画質	Full HD(30fps)
照明(明るさ)	LED4基(6,000ルーメン)
推進器	7基
駆動時間	最大4時間(予備バッテリーとワンタッチで交換が可能)
ケーブル	直径3.7mm 光ファイバーケーブル
コントロール装置	当社指定防水仕様PC/操作パッド

<ソナー>

- 機材名称：Oculus M750d(BluePrint Subsea社製)
- 主要スペック
 - ・重量：気中980g 水中360g
 - ・耐圧深度：500m
 - ・動作温度：-5℃～35℃
 - ・周波数：750kHz or 1.2MHz
 - ・最大レンジ：120m(750kHz時) 40m（1.2MHz時）
 - ・最小レンジ：0.1m
 - ・解像度：4mm（50kHz） 2.5mm(1.2MHz)
 - ・撮影画角：130°



港湾の施設の点検診断におけるROV（ケレン機能なし）の位置づけ

図1. 潜水士による点検フロー
参照：維持管理計画書策定のための現地調査積算基準

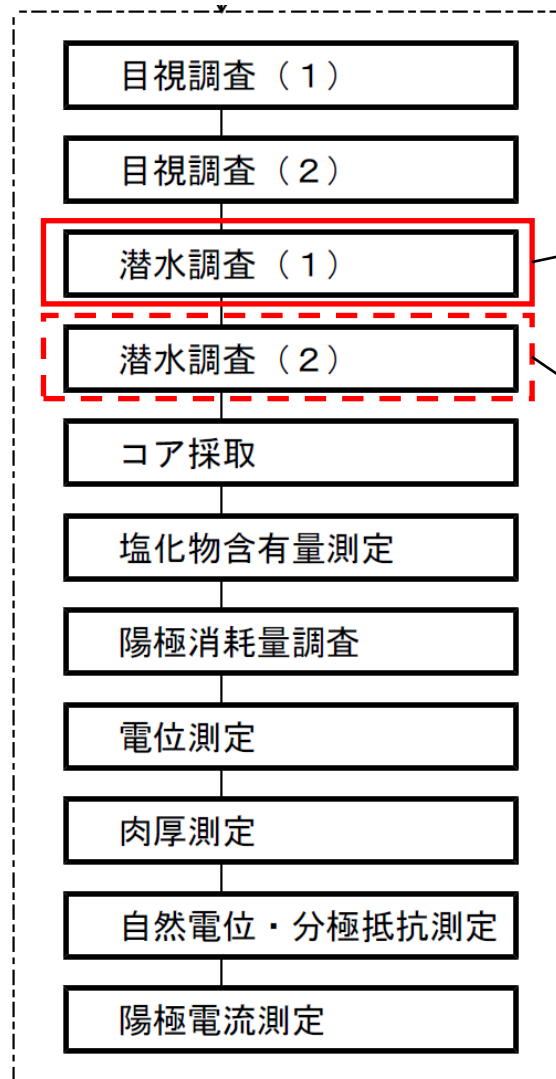
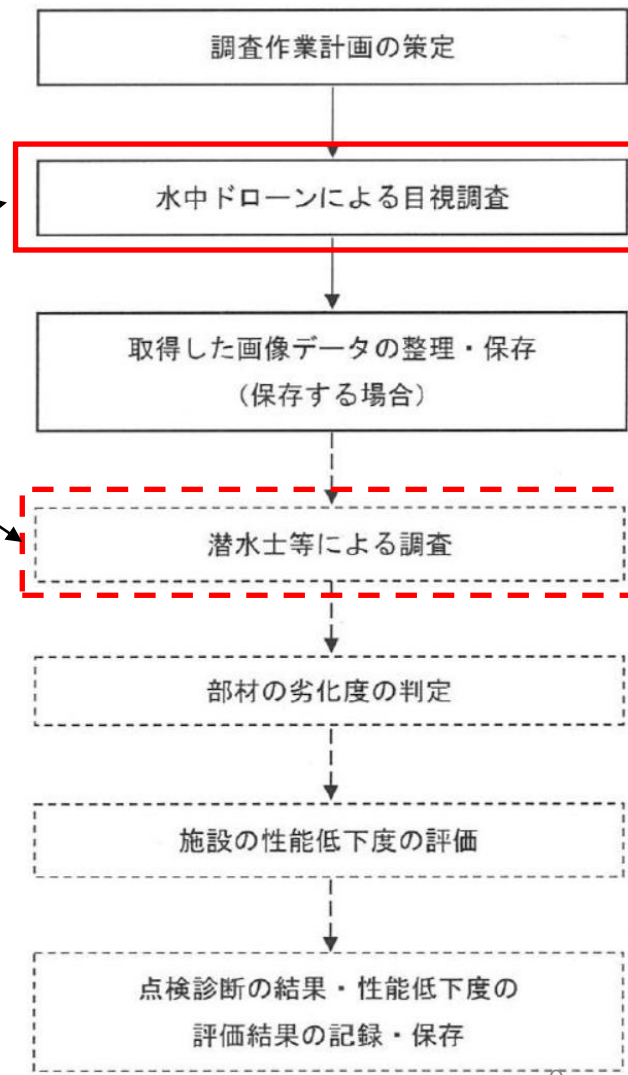


図2 ROVによる点検フロー
参照：「港湾構造物の目視調査における水中ドローンの運用方法（案）」



■潜水調査（1）：

潜水士により、海面下の部材について劣化・損傷状況等の調査を行い、記録を整理する。

■潜水調査（2）：

潜水士により、鋼材の一部の付着物除去後、劣化・損傷状況等の調査を行い、記録を整理する。

参照：維持管理計画書策定のための現地調査積算基準

■付着物を除去する機能を有しないROVは、部材の外観状態を観察するのみに留まるものと考えられるが、ROVにより対象部材全体の外観をおおよそ把握することができれば、潜水士により付着物の除去を伴う‘目視’を行う潜水調査（2）で、部材の選定や、鋼材の肉厚測定等の詳細調査を実施する箇所を選定することができ、潜水士による潜水調査（1）を代替することが可能になる。

参照：「港湾構造物の目視調査における水中ドローンの運用方法（案）」

効果検証項目【項目1】

目視検査と写真撮影の作業の代替可能性並びに作業効率化・省力化の可能性

■代替可能性

機能項目1：画像取得性能

- ・評価者が点検現場のPCモニターにて、変状判断が可能な画質を確認した。
【錆の発生】参照：写真1,2 【陽極の採寸】参照：写真3,4 【陽極端子】参照：写真5,6
- ・ケレン作業等の詳細点検が必要な個所の確認が可能と評価した。

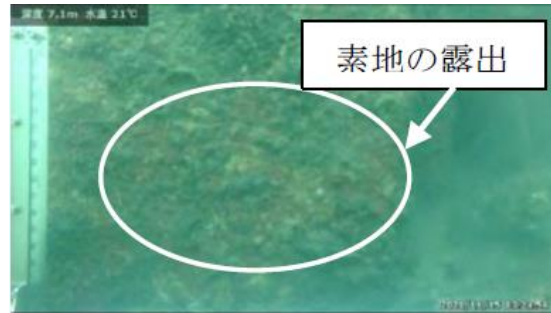


写真1. 素地の露出部

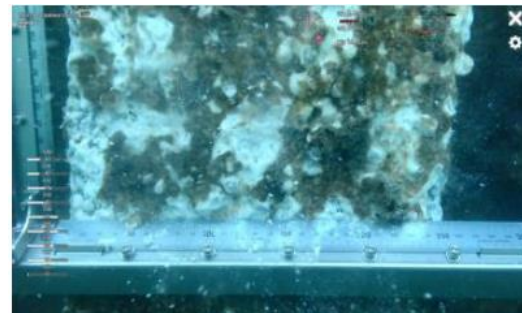


写真3. 陽極の採寸



写真5. 陽極端子



写真2. 素地の露出部

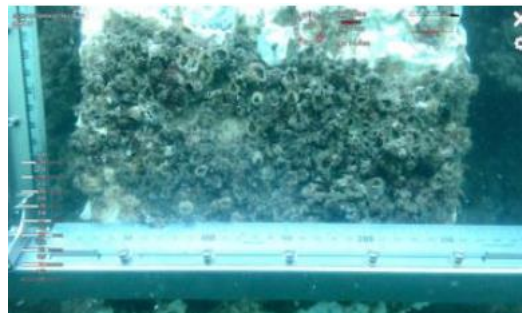


写真4. 陽極の採寸



写真6. 陽極端子

効果検証項目【項目1】

目視検査と写真撮影の作業の代替可能性並びに作業効率化・省力化の可能性

■作業効率化・省力化の可能性

機能項目2：運動性能／点検時間（参照：表1）

- ・ケーソン式と矢板式で潜水士より若干長く係る。
- ・栈橋式では潜水士よりかなり長く時間が係ると想定。

機能項目3：稼働時間（参照：表2、3）

- ・1日の稼働時間：ROVは7.5～8時間、潜水士は5～6時間

注）水深が10mを超える場合、潜水士の1日の作業時間は短くなる。

- ・1日の点検面積：ケーソン式と矢板式で潜水士が若干広い。
- ・栈橋式では潜水士の方が点検面積がかなり広いと想定。

表2. ROVと潜水士の1日の点検作業時間のモデルケース
（水深：10m以下）

時間割	ROV	潜水士
午前作業	4時間 （必要に応じ電池交換 10～15分）	1.5時間 休憩 1～1.5時間
昼休み	1時間（電池交換）	1～2時間
午後作業	4時間 （必要に応じ電池交換 10～15分）	1.5時間 休憩 1～1.5時間
総作業時間	7.5～8時間	5～6時間

表1. ROVと潜水士の点検作業時間の比較

点検岸壁	点検作業時間（分）	
	ROV	潜水士
ケーソン式（袖師第一埠頭岸壁） 延長 15m×深さ 8m=120m ² 程度	45	30
矢板式（江尻岸壁） 延長 8m×深さ 7m=56 m ²	40	30
栈橋式・鋼管杭（富士見岸壁） 直径 1.1m（周囲 3.5m）×深さ 7m=24m ²	22	ROVの1/3～1/4？ （要確認）

表3. ROVと潜水士の1日の点検作業面積のモデルケース

岸壁構造	ROV	潜水士
	点検作業時間： 7.5時間／日	点検作業時間： 6時間／日
ケーソン式	1,200 m ²	1,440 m ²
矢板式	630 m ²	672 m ²
栈橋式・鋼管杭 （直径：1.1m）	491 m ²	1,178 m ² 注
	143 m	344 m 注

注）潜水士の「点検作業期間／面積」をROVの1/3と想定

効果検証項目【項目1】

目視検査と写真撮影の作業の代替可能性並びに作業効率化・省力化の可能性

■作業効率化・省力化の可能性

機能項目2 & 3：人員体制（参照：表4）

- ・ケーソン式で1,200m²/日の点検を行う場合、潜水士の場合よりROVの方が少ない人員で実施できると想定される。

表4. 港湾施設点検の人員体制：「潜水調査（1）」、「目視調査」

潜水士で想定される人員体制 参照：維持管理計画書策定のための現地調査積算基準-国土交通省	ROVで想定した人員体制																																																																																
<p>3-4-3 潜水調査（1） 潜水士により、海面下の部材について劣化・損傷状況等の調査を行い、記録を整理する。</p> <p>潜水調査（1） 1日当り（1,200m²）</p> <table border="1" data-bbox="165 842 1274 1199"> <thead> <tr> <th>名称</th> <th>形状寸法</th> <th>単位</th> <th>数量</th> <th>摘要</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>交通車</td> <td>ライトバン2L</td> <td>日</td> <td>1</td> <td>2h/8h</td> </tr> <tr> <td>技師補 助手</td> <td>測 量</td> <td>人</td> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ダイバー</td> <td>"</td> <td>"</td> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ダイバー補助員</td> <td>"</td> <td>"</td> <td>2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>上廻り員</td> <td>"</td> <td>"</td> <td>2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>船外機 運転</td> <td>15PS</td> <td>日</td> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>雑 材 料</td> <td></td> <td>%</td> <td>1</td> <td>全体の</td> </tr> </tbody> </table> <p>注）現場条件により船外機の航行が困難な場合は、船外機運転に代えて交通船運転（FRP D 70PS）を適用する。</p>	名称	形状寸法	単位	数量	摘要	交通車	ライトバン2L	日	1	2h/8h	技師補 助手	測 量	人	1		ダイバー	"	"	1		ダイバー補助員	"	"	2		上廻り員	"	"	2		船外機 運転	15PS	日	1		雑 材 料		%	1	全体の	<p>目視調査</p> <table border="1" data-bbox="1337 649 2497 1235"> <thead> <tr> <th>名称</th> <th>仕様</th> <th>単位</th> <th>数量</th> <th>摘要</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>交通車</td> <td>ライトバン</td> <td>日</td> <td>1</td> <td>2h/8h</td> </tr> <tr> <td>作業主任者</td> <td>測量</td> <td>人</td> <td>1</td> <td>測量技師相当</td> </tr> <tr> <td>操縦者</td> <td>測量</td> <td>人</td> <td>1</td> <td>測量技師補相当</td> </tr> <tr> <td>上廻り員</td> <td></td> <td>人</td> <td>1</td> <td>普通作業員相当</td> </tr> <tr> <td>ROV(水中ドローン)</td> <td></td> <td>基</td> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>船外機 運転 注)</td> <td>15PS</td> <td>日</td> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>雑材料 注)</td> <td></td> <td>%</td> <td>1</td> <td>全体の</td> </tr> </tbody> </table> <p>参照：港湾構造物の目視調査における水中ドローンの運用方法（案） 港湾空港技術研究所</p> <p>注）「船外機運転」、「雑材料」は潜水調査（1）と条件をそろえるために参照資料に追記した。</p>	名称	仕様	単位	数量	摘要	交通車	ライトバン	日	1	2h/8h	作業主任者	測量	人	1	測量技師相当	操縦者	測量	人	1	測量技師補相当	上廻り員		人	1	普通作業員相当	ROV(水中ドローン)		基	1		船外機 運転 注)	15PS	日	1		雑材料 注)		%	1	全体の
名称	形状寸法	単位	数量	摘要																																																																													
交通車	ライトバン2L	日	1	2h/8h																																																																													
技師補 助手	測 量	人	1																																																																														
ダイバー	"	"	1																																																																														
ダイバー補助員	"	"	2																																																																														
上廻り員	"	"	2																																																																														
船外機 運転	15PS	日	1																																																																														
雑 材 料		%	1	全体の																																																																													
名称	仕様	単位	数量	摘要																																																																													
交通車	ライトバン	日	1	2h/8h																																																																													
作業主任者	測量	人	1	測量技師相当																																																																													
操縦者	測量	人	1	測量技師補相当																																																																													
上廻り員		人	1	普通作業員相当																																																																													
ROV(水中ドローン)		基	1																																																																														
船外機 運転 注)	15PS	日	1																																																																														
雑材料 注)		%	1	全体の																																																																													

効果検証項目【項目2】

ROVによる施設点検の品質検証と品質確保に係る手法確立

- 「ケレン機能を有していないROVによる港湾施設点検マニュアル」を作成した。
- 第1章は関係する基準や、ROVによる調査の港湾施設点検のガイドラインにおける位置づけなどを記載した。
- 第2章は3種類の構造の岸壁（ケーソン式、矢板式、栈橋式）それぞれでの点検手順を記載した。（参照：図1～8）

第1章 総則	1
1. 1 目的	1
1. 2 適用の範囲	1
1. 3 水中部点検におけるROV活用の意義等	1
1. 4 ROVを活用した点検における事前確認項目等	1
1. 5 関係する基準・要領等	2
第2章 点検対象と手法	2
2. 1 ROVによる海水中部の点検対象と基準	2
2. 2 ROVを活用した点検フロー	4
2. 3 ROVを活用した点検の作業内容	5
2. 3. 1 人員の配置	6
2. 3. 2 ROVの位置測定	6
2. 3. 3 ソナーの活用	7
2. 3. 4 ケーソン式	8
2. 3. 5 矢板式	8
2. 3. 6 栈橋式	10

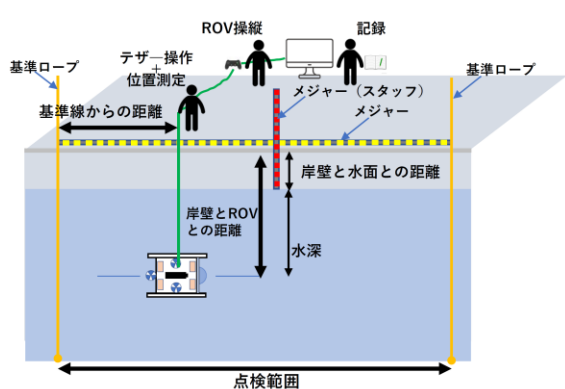


図1. 人員の配置とROVの位置測定

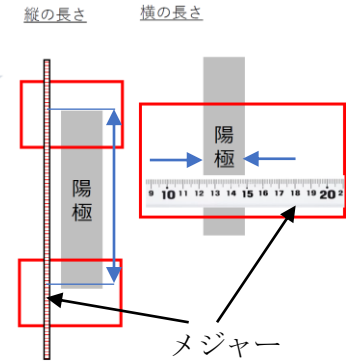


図2. 採寸の方法

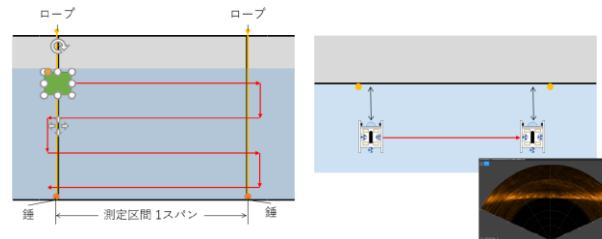


図3. ケーソン式での撮影経路

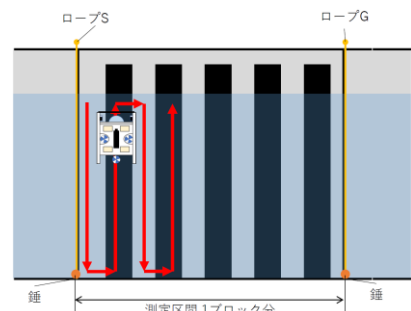


図4. 矢板式での撮影経路

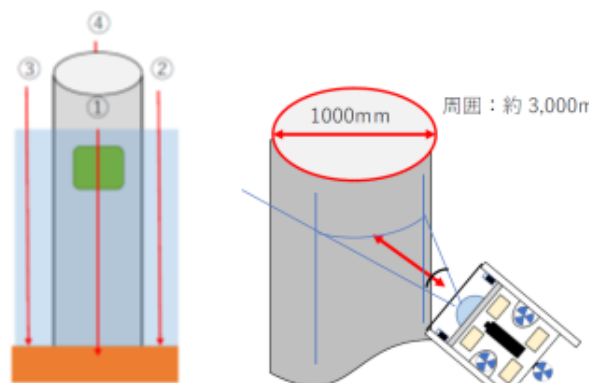


図5. 撮影4方位 図6. 画角と撮影範囲

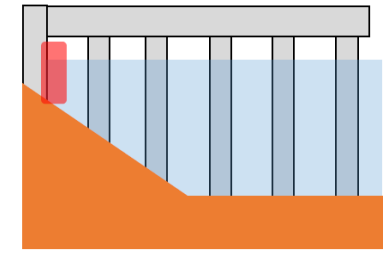


図7. 土留部の位置

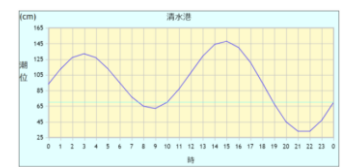


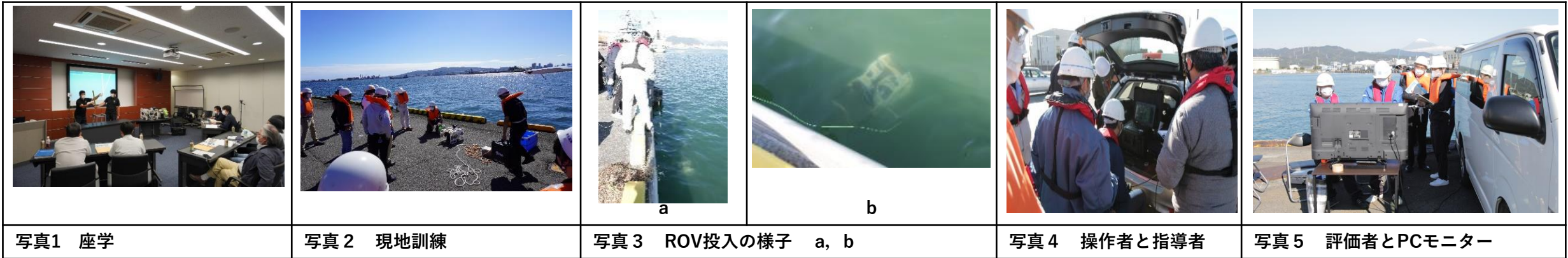
図8. 潮位の変化

効果検証項目【項目3】 ローカルシェアの実現可能性

■地元事業者へのROV操作の教育・訓練の効果

以下の項目①～④に関し、熟練度に課題はあるが、必要な技能を短期間に習得できた。

- ①基本知識（遵守規則、安全な操作）を座学にて教育
- ②“現場環境（水中の濁度や潮流など）”の環境下での操作
- ③ソナーでの自己位置、点検対象の形状の把握
- ④セッティングから撤収、テザー繰りなど事前・事後の整備等



■ローカルシェアモデルの可能性

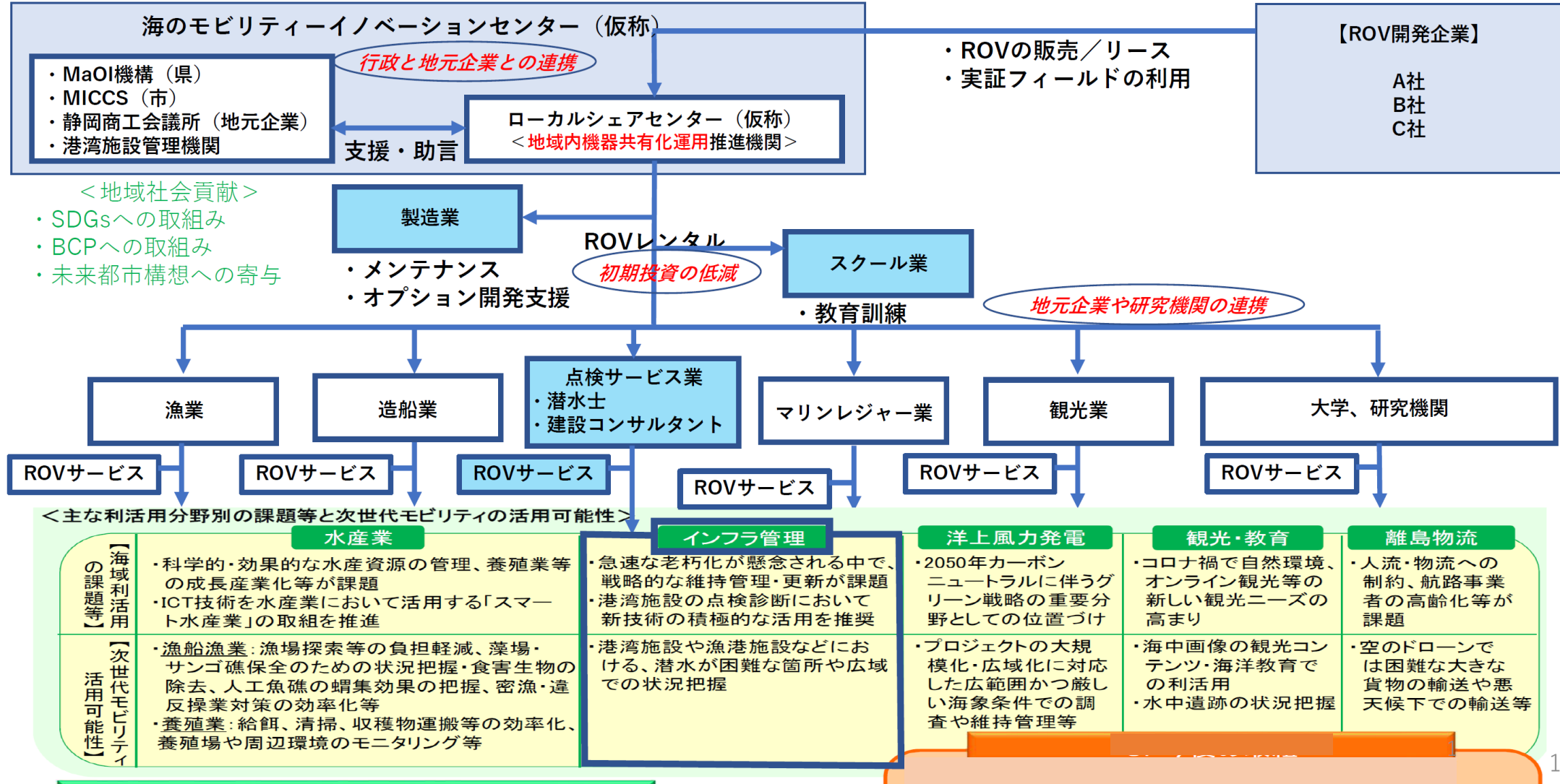
実証実験の実施体制に参画した関係者全員による評価会議を開催し、ローカルシェアモデル実現に向けた課題として、以下の課題が提案された。

- 課題1. 港湾点検におけるROVの実用化と普及を図る。
- 課題2. ROVのユーザーや市場を新規開拓して、ROVの共有化や稼働率向上を図る。
- 課題3. ROVローカルシェアモデルが地元産業の振興に有効なビジネスモデルになるための基本的な構想を検討する。
- 課題4. 清水港周辺にROVの開発拠点施設を整備し、国内外の多数のROV開発企業の開発拠点化を図る。

効果検証項目【項目3】 ローカルシェアの実現可能性

清水港ROVローカルシェアモデル（将来構想）

清水港を中心とする地域をROVの開発・実証拠点として整備し、地元企業によるROV関連事業の開拓を進めるための取組み



潜水士とROVの点検調査の比較

	<ul style="list-style-type: none"> 潜水調査（1）を潜水士で実施 潜水調査（2）を潜水士で実施 	<ul style="list-style-type: none"> 目視調査をROVで実施⇒潜水調査（1）を省略 潜水調査（2）を潜水士で実施 	<ul style="list-style-type: none"> 目視調査をROVで実施⇒潜水調査（1）を省略 潜水調査（2）をROVで実施
現地調査の作業フロー	<p>現地調査 ↓</p> <pre> graph TD A[目視調査(1)] --> B[目視調査(2)] B --> C[潜水調査(1)] C --> D[潜水調査(2)] D --> E[コア採取] </pre>	<p>現地調査 ↓</p> <pre> graph TD A[目視調査(1)] --> B[目視調査(2)] B --> C[目視調査(ROV)] C --> D[潜水調査(1)] D --> E[潜水調査(2)] E --> F[コア採取] </pre>	<p>現地調査 ↓</p> <pre> graph TD A[目視調査(1)] --> B[目視調査(2)] B --> C[目視調査(ROV)] C --> D[潜水調査(1)] D --> E[潜水調査(2:ROV)] E --> F[コア採取] </pre>
備考	潜水士が点検調査	ROV（ケレン機能無し）を使用して外観を目視調査	ROV（ケレン機能有り）を使用して点検調査



今回の実証実験にて、ROVが必要な機能を有すること、省力化の可能性の有ることを確認した。



ROVが港湾施設点検で実用化されるために必要な、優先度の高い開発課題として確認した。