

港湾施設の被災状況把握・利用可否判断の迅速化

研究開発とSociety 5.0との橋渡しプログラム (BRIDGE)

令和6年度研究開発計画

【応募様式】

令和6年6月

国土交通省

○実施する重点課題に○を記載（複数選択可）

業務プロセス転換・政策転換に向けた取組	SIP/FS等より抽出された取組	SIP成果の社会実装に向けた取組	スタートアップの事業創出に向けた取組	若手人材の育成に向けた取組	研究者や研究活動が不足解消の取組	国際標準戦略の促進に向けた取組
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>				

○関連するSIP課題に○を記載（主となるもの）

持続可能なフードチェーン	統合型ヘルスケア	包摂的コミュニティ	学び方・働き方	海洋安全保障	スマートエネルギー	サーキュラーエコノミー	防災ネットワーク	インフラマネジメント	モビリティプラットフォーム	人協調型ロボティクス	バーチャルエコノミー	先進的量子技術基盤	マテリアルの事業化・育成エコ
							<input type="checkbox"/>						

1. 「港湾施設の被災状況把握・利用可否判断の迅速化」の位置付け

本施策の必要性

○南海トラフ地震等の広域災害時の人的被害最小化に向け、人・モノ・情報の救援インフラの確保が急務。

現状：専門家による現地人力作業の限界

プロセス転換

目指す姿：フェーズに応じた対応のステップアップ

- 発災直後の港湾は、津波警報、アクセス道路の寸断等により現地に要員が入れず、被災状況の速やかな調査が困難。
- 利用可否判断や応急復旧に必要な熟練技術者数が不足。
- 港湾利用の遅れは救助・救援要員や資材・重機の投入の遅れに直結。被災者の生命と健康維持に多大な脅威（72時間の壁）

- 初動時**：現地調査に先立ち、地震動・津波観測情報、施設変位の自動計測データ等を用いて、施設ダメージの推定・利用可否の概略判断を実施。（発災後数時間以内）
- 港湾の緊急運用時**：概略判断に基づき、港湾利用優先度・調査方針の決定、要員・機材配備、現地調査実施等の利用可否詳細判断に向けたマネジメント・プロセスを実行。
- ⇒ 海からの迅速な救助・救援による生活と健康を守る災害支援物流（Humanitarian Logistics）を実現。

無人工程
現地実地調査

発災 →  → **現地被災状況調査**

番号	施設	利用可否	備考
①	矢田新岸壁 (第一西)	不可	
②	矢田新岸壁 (第二東)	可	1) 慎重に接岸させること。 2) 陸側から海側への強風等による牽引力に注意し、棧橋上部工の変位発生等異常が見られた場合には速やかに離岸すること。 3) 棧橋の上部（岸壁法線から約10m）には重量物は載せないこと。

→ **利用可否判断（一部抜粋）**

発災 →

A岸壁	利用可否
岸壁	×
荷捌地	○

 → **数値シミュレーションによる即時概略利用可否判断**

→  → **概略利用可否判断、支援ニーズに応じた現地被災調査**

番号	施設	利用可否
①	矢田新岸壁 (第一西)	不可
②	矢田新岸壁 (第二東)	可

→ **詳細利用可否判断（抜粋イメージ）**

被災状況把握・利用可否判断の迅速化の取組と課題

- ✓ ドローン等の画像解析による施設変位把握の迅速化技術を開発^{注1, 2}。港湾への操作者の立入が不可欠なほか、画像の遠隔地伝送システム、解析のための専門技術者が不足。
- ✓ 岸壁法線変位から施設の構造健全性を推定し利用可否を判断する「バースサーベイヤー」を開発。迅速で簡易な現地計測・データ転送手段の実用化、地中構造の評価が課題。
- ✓ 現場の非熟練実務者向けの利用可否判断チャートを作成。実用上の精度実証と現場実務者への実装促進が課題。
- ✓ 津波浸水被害を踏まえた利用可否判断に実現に向け、津波浸水による施設被害の予測が必要。波高、潮位観測機器の被災による津波データの欠測リスクの克服が課題。

本施策による解決

政策実現実装への橋渡し

SIP成果の実装



堤外地浸水
堤内地浸水
高潮・波浪

- 強震計観測結果を基に有限要素法による被害状況推定を自動的に行うFLIP解析即時実施システム^{注4}の実装化。
- 岸壁法線等の地上構造に加え、地中構造の迅速な変位計測手法を確立しバースサーベイヤーを高度運用。利用可否判断の確度向上、関係者間の即時情報共有を実現。
- 小型・低廉な津波・波浪観測機器の被災地への迅速な投入によって、定点観測機器の被災時にも津波・波浪情報を取得し、リアルタイム浸水被害予測システム^{注3}を提供。
- 被災地の通信途絶・混乱に備え、国の業務艇、作業船等に情報・通信ハブ機能を導入。
- 利用可否判断にかかる現場実務ナレッジマネジメントシステムを生成AI等により構築。

注1) ラジコンボートを用いた港湾構造物の点検・診断システムの研究開発：SIP1期（インフラ維持管理・更新・マネジメント技術）
 注2) インフラデータのAI解析による要補修箇所早期検知・補修に係る研究開発：PRISM（国7）
 注3) SIP3期「スマート防災ネットワークの構築」において研究開発中。

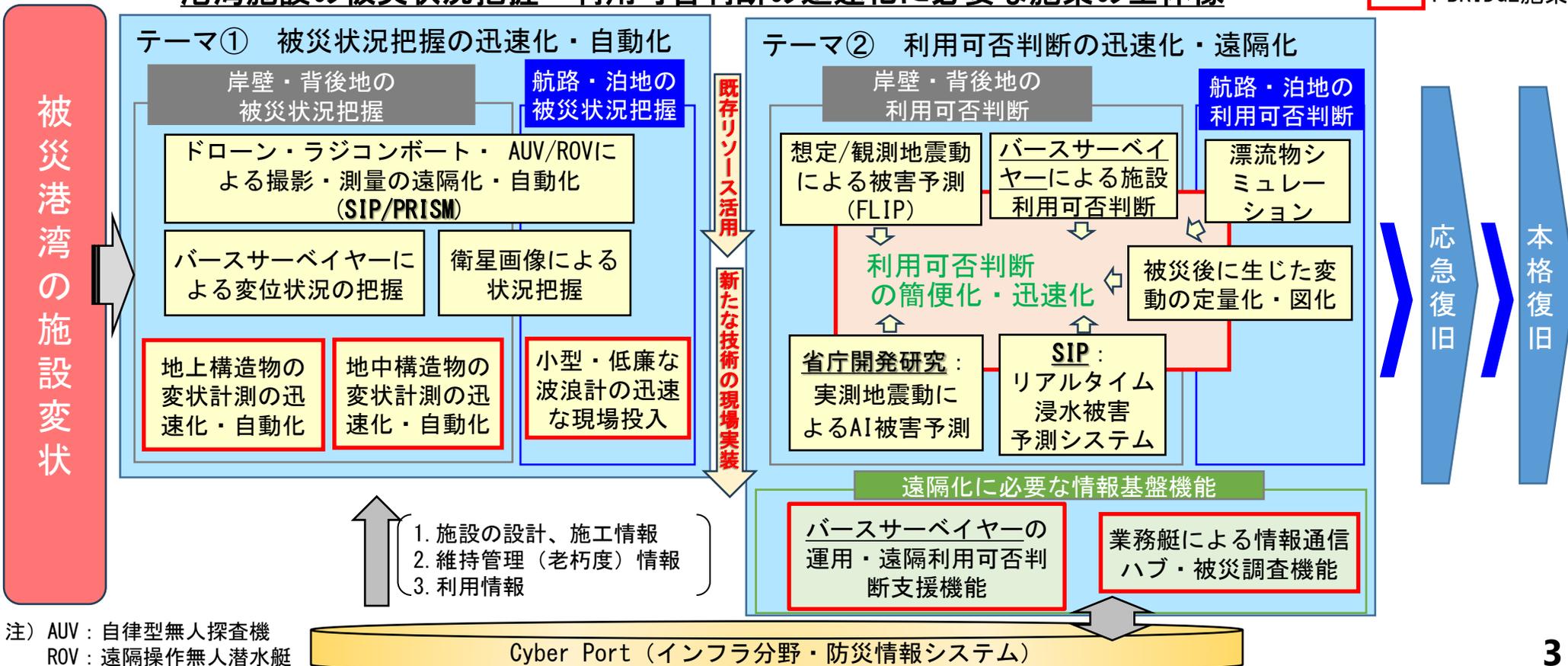
注4) FLIP：地盤-構造物動的有効応力解析プログラム

1. 「港湾施設の被災状況把握・利用可否判断の迅速化」の位置付け

- 南海トラフ地震等の大規模災害から被災者の命と健康を守るためには、船舶輸送による海路からの救助・救援要員や水・食料等の救援物資、啓開・応急復旧用重機類、医療機器等の大量投入を一刻も早く行う必要がある。また被災者の生活再建と地域の復興に向け、支援物資や復旧資機材の搬入、地域の経済活動を支える海上輸送網の迅速な復旧が必要。
- 海上輸送拠点である港湾の利用再開に必要な施設の被災調査や利用可否判断には、専門家の高度な判断が必要。今後懸念される広域大規模災害の発生に備えて、専門家の絶対数の不足や発災直後の港湾へのアクセスの困難さを克服する上で、災害現場の自立性強化と専門家の分析・判断機能の広域連携が不可欠。
- 港湾施設の被災調査・利用可否判断プロセスを、ICTを活用し、広域的に統合、自動化・遠隔化を実現。

港湾施設の被災状況把握・利用可否判断の迅速化に必要な施策の全体像

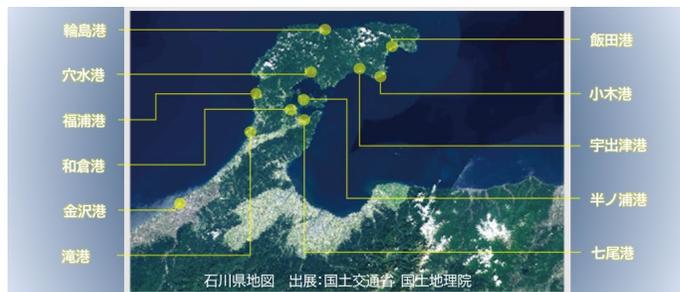
□ : BRIDGE施策



2. 解決する社会課題・背景／現状

<社会課題>

- 令和6年能登半島地震では、港湾法第55条3の3に基づき、国が一部の港湾施設の管理を行ったが、港湾施設の利用可否判断を行うための人員不足及び利用可否判断を行う必要のある港湾へのアクセス難といった課題が顕在化。
- 南海トラフ地震・津波が発生すると10を超える府県で100か所以上の港湾の被災が想定されるため、**港湾の利用可否判断の遅延が、船舶による救助・救援要員や水・食料等の救援物資、重機類、支援物資の搬入の遅れ、孤立集落の解消の遅れ等につながり、国民生命の保護、健康維持といった大きな困難が生じ、ひいては経済の沈滞と国土の荒廃を招くものと危惧される。**



石川県内の港湾位置



七尾港における被災状況調査



飯田港における津波被害状況

<背景／現状>

- 災害による港湾施設の被災状況把握や利用可否判断には、港湾構造物の設計や耐震化技術に関する専門的知見が不可欠であるため、これらの作業は、もっぱら専門的知見を有する国等の職員が直接災害現場に赴いて行ってきた^{注)}。
- しかしながら、大規模な災害が発生し広域にわたって立地する多数の港湾において同時多発的な被災が生じると、**専門家の絶対数の不足や被災港湾へのアクセスがネックとなり、複数の港湾において並行して調査・利用可否判断を行う事は事実上不可能な状況にある。**
- このため、港湾施設の利用可否判断を現地の実務者が遠隔地からの支援を得て的確かつ迅速に行うための**利用可否判断の簡便化**とともに、**被災状況調査の自動化**、遠隔地からの被災状況把握・分析を可能とする**情報共有システムの構築**、被災地での安定的な**通信環境の維持等**を実現することが重要となる。
- これまでのSIPやPRISMを含む研究開発によって、無人観測機器の運用・解析技術の活用による港湾施設の点検診断技術や、発災後の強震観測データを用いて速やかに数値計算に基づく利用可否予測を行う技術が開発されたが、被災状況データの迅速かつ的確な収集・解析とデータ連携機能が課題となって、まだ十分な機能発揮に至っていない。

注) 能登半島地震時には7港湾において、発災後1カ月間に延べ21人が現地作業に従事(港湾空港技術研究所からの派遣者数)。

3. 研究開発等の内容・社会実装の目標

【テーマ①】被災状況把握の迅速化・自動化

○地上構造物の変状計測の迅速化・自動化

- ・ 現地写真撮影やドローン等による観測・計測技術と画像診断手法の自動化を統合したシステムを構築し、地上で確認できる岸壁法線の変位や構造物の傾斜・欠損・段差等の被災状況を迅速に把握し、遠隔での利用可否判断を可能とする技術を確立。
- ・ 統合システム運用手順のマニュアル化を図るとともに、非熟練調査者向けにナレッジマネジメントシステムを構築。

○地中構造物の変状計測

- ・ 棧橋の杭のような地中構造物の変状把握に向けて、光ファイバー等を用いた地中部材の変状計測システムの現場実装に向けた技術検証を行う。その際、施設重要度に応じて常駐型又は発災後装着型の計測方式により、コストを縮減。

○小型・低廉な波浪計の現場投入

- ・ 小型波浪計の災害現場投入システムの構築により被災前後で切れ目のない津波・波浪観測を実現。

なお、テーマ①については、各計測システムの運用の統合と収集情報の集約に向けて、横断的なシステム統合（テーマ②で構築を目指す情報基盤）を行うこととする。

【テーマ②】利用可否判断の迅速化・遠隔化

○利用可否判断簡便化

- ・ 港湾施設の設計・維持管理情報並びに強震観測結果及びFLIP解析即時実施システムによる推定結果、バースサーベイヤーによる利用可否判断等を組み合わせ、発災後、十分な専門的知見を有さない職員であっても、AI等の助力を得て速やかで的確な利用可否判断を下せるシステムを構築。

○遠隔化を可能とする情報基盤機能の強化

- ・ 現地被災情報の集約・解析・情報共有及び遠隔地からの利用可否判断のためのバースサーベイヤー運用支援並びにサイバーポート（防災情報システム）とのデータ連携に必要な機能要件、システム構築を検討。

○業務艇を活用したネットワーク機能強化

- ・ 情報基盤を支える情報通信ネットワーク維持のための現地海上通信拠点として必要な機能要件・機器類構成の検討。
- ・ ドローン等の海上運用拠点として能動的に港湾施設の被災情報収集を行うための機能要件・機器類構成の検討。
- ・ 実業務艇における上記機能の実証試験の実施を検討。

■重点課題との整合

- 重点課題①（プロセス転換・政策転換）との整合：人力への依存が迅速化の隘路であった被災状況調査及び利用可否判断の自動化、遠隔化技術を現場実装することで、災害時の緊急港湾運用における意志決定プロセスを転換・迅速化。
- 重点課題③（SIP成果の実装）との整合：SIP及びPRISMによる港湾施設の点検診断技術を地上構造物の変状計測に活用。また小型・低廉な波浪計測手法の確立によって被災直後の津波観測を可能とすることで、SIP「スマート防災ネットワークの構築」で開発中のリアルタイム浸水被害予測システムが港湾施設の利用可否概況判断に適用可能となる。

3. 研究開発等の内容・社会実装の目標

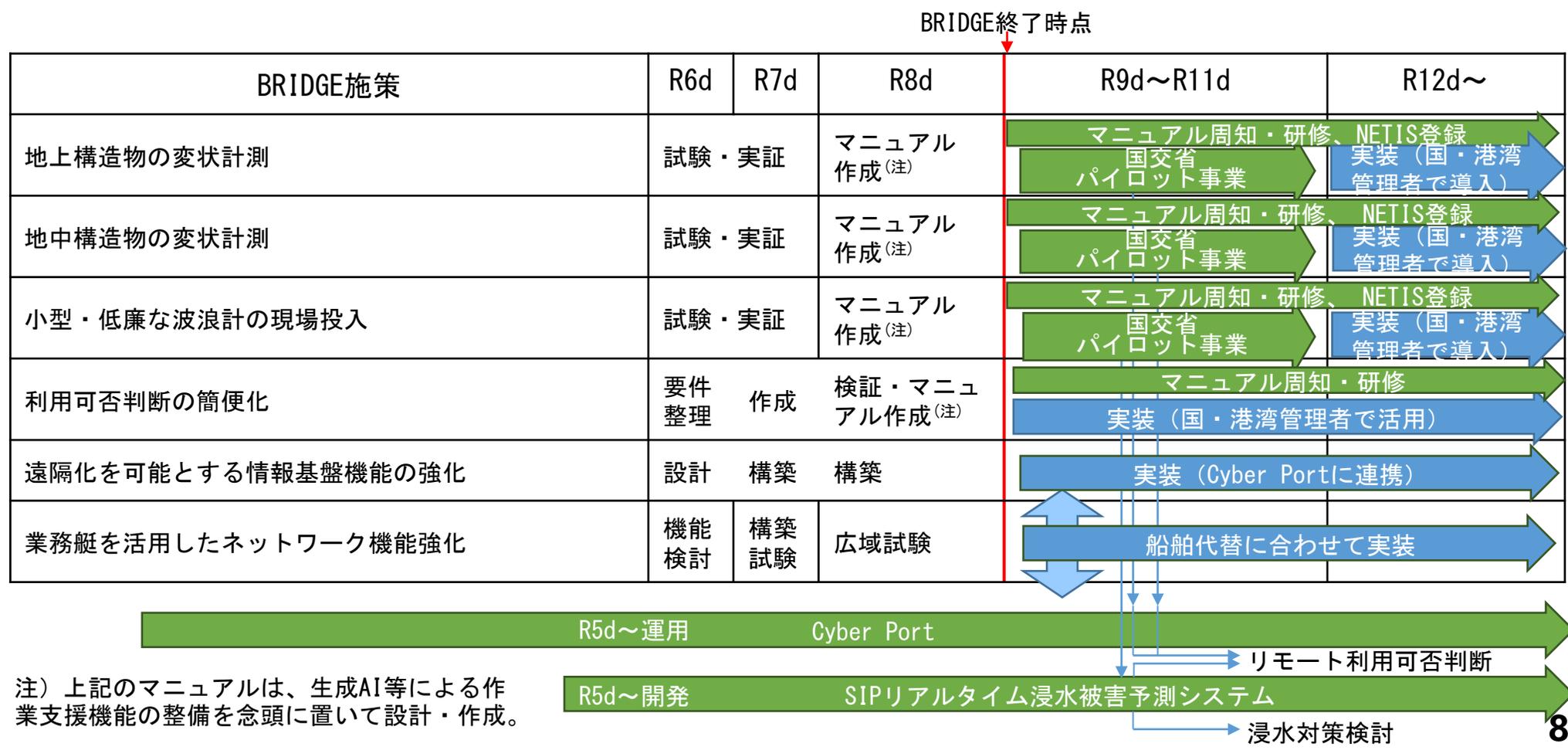
テーマ名		実施内容概要 到達目標 (KPI)	R6年度実施内容 到達目標 (KPI)	R7年度実施内容 到達目標 (KPI)	R8年度実施内容 到達目標 (KPI)
①被災状況把握の自動化・迅速化	地上構造物の変状計測	<ul style="list-style-type: none"> ① 適用可能な画像取得・解析手法の選定・統合・運用マニュアル化により、岸壁法線等の変位自動計測技術の実現場への適用が実現。 ② 岸壁法線等の変位計測に係るマニュアルの策定により、実現場における民間事業者による独自技術の開発投資環境を整備。 ③ 被災状況の現地観測及び画像診断の遠隔化と非熟練者向けナレッジマネジメントのためのシステム構築のパイロット事業に着手。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地上変位計測システムの概略設計、コンセプト検証、室内実験 (TRL3~4及びBRL3~4) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地上変位計測システム試作・限定的現場試験 (TRL4) ・ 地上変位計測システムの機能・コスト、現場作業の効率性等の検証 (BRL4~5) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現地実証 (TRL5~6) ・ 顧客サウンディング、ニーズ実証・事業計画 (BRL5~7) ・ マニュアル(案)策定 (GRL4~5)
	地中構造物の変状計測	<ul style="list-style-type: none"> ① 地中部材の変状計測システムの仕様及び計測手法をマニュアル化し、実現場における民間事業者による独自技術の開発投資環境を整備。 ② 実現場への実装パイロット事業に着手。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地中変位計測システムの概略設計、コンセプト検証、室内実験 (TRL3~4及びBRL3~4) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地中変位計測システム試作、室内実験 (TRL4) ・ 地中変位計測システムの機能・コスト、現場作業の効率性等検証 (BRL4~5) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現地実証 (TRL5~6) ・ 顧客サウンディング、ニーズ実証・事業計画 (BRL5~7) ・ マニュアル(案)策定 (GRL4~5)
	小型・低廉な波浪計の現場投入	<ul style="list-style-type: none"> ① 小型・低廉な波浪計の実証とマニュアル作成を行うことで、実現場への導入の道筋を明らかにし、民間事業者による投資環境を整備。 ② 実現場への実装パイロット事業に着手。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現地実装コンセプト検証 (BRL3~4) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ コスト、現場作業の効率性等検証 (BRL4~5) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現地投入実証 (TRL5~6) ・ 顧客サウンディング、ニーズ実証・事業計画 (BRL5~7) ・ マニュアル(案)策定 (GRL4~5)

3. 研究開発等の内容・社会実装の目標

テーマ名		実施内容概要 到達目標 (KPI)	R6年度実施内容 到達目標 (KPI)	R7年度実施内容 到達目標 (KPI)	R8年度実施内容 到達目標 (KPI)
②利用可否判断の迅速化・遠隔化	利用可否判断の簡便化・迅速化	<ul style="list-style-type: none"> ① 専門的知見のない職員でもAI等の助力を得て、速やかにかつ的確に港湾施設の利用可否判断を下せるシステムを構築。 ② 実現場における利用可否判断システムの有効性の実証結果を通じて、国及び港湾管理者、関連団体の災害時緊急対応プロセスを転換。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 利用可否判断簡便化手法の構築 ・ コンセプト検証、システム概略検討 (TRL3~4及びBRL3~4) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 利用可否判断簡便化手法の構築、限定的事例での試験 (TRL4) ・ 試作、利便性サウンディング (BRL4~5) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 利用可否判断簡便化手法の構築・検証、マニュアル化、複数事例での試験 (TRL5~6、GRL4~5) ・ 利便性サウンディング、ニーズ実証 (BRL5~7)
	遠隔化を可能とする情報基盤機能の強化	<ul style="list-style-type: none"> ① 現地被災情報の円滑な集約・解析・情報共有及び遠隔利用可否判断支援並びにサイバーポート（防災情報システム）とのデータ連携システムの構築。 ② 港湾空港技術研究所を核としてシステム実装事業への着手。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 機能の要件定義 ・ コンセプト検証、試用試験 (TRL3~4) ・ コンセプト検証、試作検証 (BRL3~4) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地震情報や業務艇等からの現場情報のリアルタイム共有のダッシュボード等試作試験 (TRL4) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 機能の試験運用・改修 ・ 個別業務艇等との試験 (TRL5~6) ・ 利便性・ニーズ実証 (BRL5~7)
	業務艇を活用したネットワーク機能強化	<ul style="list-style-type: none"> ① 現地海上通信拠点及びドローン等の海上運用拠点としての業務艇機能システムの構築。 ② 地方整備局におけるシステム実装事業への着手。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 保有している水中ドローン等を使った必要機能の洗い出し ・ 陸上での要素試験及びシステムの概略設計・コンセプト検証 (TRL3~4) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 性能要件の設定 ・ 業務艇と水中ドローン等を使った限定的現場試験・運用上の課題の抽出顧客問題点洗い出し (TRL4) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 個別業務艇等への適用調整 ・ 試験運用、機能性の評価・実証 (TRL5~6)

4. BRIDGE終了後の出口戦略

- マニュアル類の一般公開に加え、国交省内部では研修・訓練を通じて新技術の習熟・普及を図るほか、パイロット事業（国交省既存施策）による現場実装効果の実証を行い、港湾管理者への実装や公共調達の活用等を通じた民間事業者への普及を促進。（情報基盤機能の強化及び業務艇を活用したネットワーク機能強化、以外の施策）
- 「遠隔化を可能とする情報基盤機能の強化」の取組については、成果を国研で保守運用し、現場実装。
- 「業務艇を活用したネットワーク機能強化」の取組については、国土交通省地方整備局等への導入によって率先垂範し、港湾管理者による港湾管理行政や民間事業者（海洋調査・土木分野）の工事現場への実装を促進。



注) 上記のマニュアルは、生成AI等による作業支援機能の整備を念頭に置いて設計・作成。