

沿岸海洋・防災研究部における 気候変動への対応と最新の話題について

令和4年12月8日
沿岸海洋・防災研究部長
浅井 正





Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

国土交通省



National Institute for Land and Infrastructure Management

国土技術政策総合研究所 一横須賀庁舎一

イベント結果 [アクセスマップ](#)

[国総研 つくば ホームページ](#)

TOP	研究所紹介	入札契約情報	港湾 CALS	研究成果	研修情報	採用情報	リンク
---------------------	-----------------------	------------------------	-------------------------	----------------------	----------------------	----------------------	---------------------

沿岸海洋・防災研究部

日本は大きな都市・産業・港湾地帯が臨海部に多数立地する一方で、沿岸域は自然の微妙なバランスの下、優れた景観や多様で豊かな生態系が形成されています。このような沿岸域において、地震、津波、高潮等による自然災害や事故・テロから人々の生命・財産や重要な社会・経済活動を守り、安全で活発な営みが展開される空間を形成していくとともに、環境の修復を進め、豊かで良好な沿岸環境を確保していくことが求められています。

このため、沿岸海洋・防災研究部では、沿岸・港湾域における津波、高潮、地震等に対する防災・減災、重大事故やテロからの安全の確保に関する研究を行うとともに、沿岸域における環境の保全・修復・創出、環境の評価・管理に関する研究を行います。また、沿岸空間の総合的な利用・開発・保全を行うための計画手法に関する研究を行います。





Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

国土交通省



National Institute for Land and Infrastructure Management

国土技術政策総合研究所 一横須賀庁舎一

[イベント結果](#) [アクセスマップ](#)

[国総研 つくば ホームページ](#)

TOP	研究所紹介	入札契約情報	港湾 CALS	研究成果	研修情報	採用情報	リンク
---------------------	-----------------------	------------------------	-------------------------	----------------------	----------------------	----------------------	---------------------

<p>海洋環境・危機管理研究室</p>	<p>内湾域の生態系の保全・再生・創出手法の開発、環境モニタリングの実施と評価に関する研究および港湾の機能継続のあり方、物流の効率化と国際輸送保安対策のあり方に関する研究を行っています</p>
<p>沿岸防災研究室</p>	<p>津波や高潮による被害評価・減災方策の研究、確実な避難を実現するためのハザードマップの高度化などに取り組んでいます</p>
<p>沿岸域システム研究室</p>	<p>産業、輸送、漁業、生活などの人間活動と自然システムを調和させ、沿岸域を総合的に利用していくための沿岸域のあり方を研究しています</p>
<p>沿岸海洋新技術研究官</p>	
<p>津波・高潮災害研究官</p>	



港湾政策の基本方向

基本理念

IPCC第4次評価報告書

適応策と緩和策のどちらも、その一方だけでは全ての気候変動の影響を防ぐことはできないが、両者は互いに補完しあい、気候変動のリスクを大きく低減することが可能。

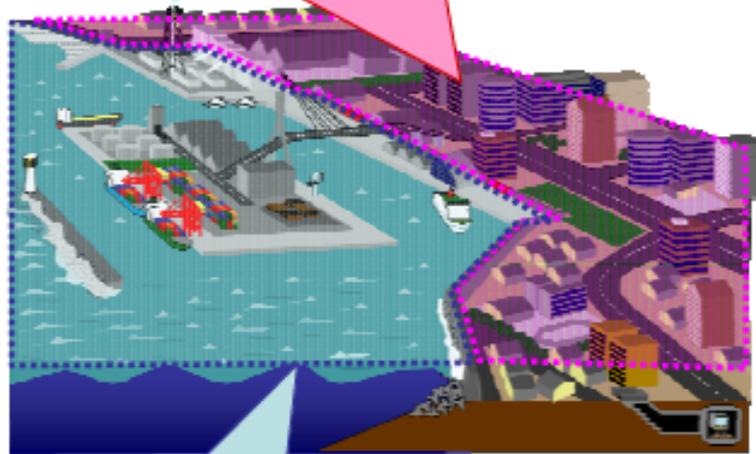
港湾の特徴

- ・水際線に位置し気候変動の影響を直接受ける。
- ・物流や産業活動からの温室効果ガスの排出に関与。

地球温暖化に起因する気候変動への適応策と緩和策を組み合わせた総合的な対策を進めることが不可欠。

適応策への取り組みの基本方向

背後地の高潮等の災害リスクの軽減



港湾活動の維持

緩和策への取り組みの基本方向

環境負荷の小さい物流体系の構築

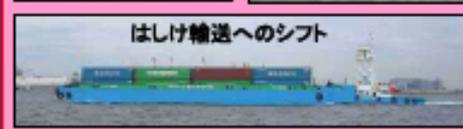
モーダルシフト



内陸部における空荷輸送の短縮



はしけ輸送へのシフト



港湾の諸活動から発生する温室効果ガスの抑制

船舶への陸上電力供給



荷役機械のハイブリッド化



港湾に立地する臨海部産業との連携

産業界における地球温暖化対策との連携

技術の普及や技術開発等の取組への協力

港湾政策の基本方向

基本理念

IPCC第4次評価報告書

適応策と緩和策のどちらも、その一方だけでは全ての気候変動の影響を防ぐことはできないが、両者は互いに補完しあい、気候変動のリスクを大きく低減することが可能。

港湾の特徴

- ・水際線に位置し気候変動の影響を直接受ける。
- ・物流や産業活動からの温室効果ガスの排出に関与。

地球温暖化に起因する気候変動への適応策と緩和策を組み合わせた総合的な対策を進めることが不可欠。

防災・保全部会における検討の目的

地球温暖化に対する国民の意識の高まりがみられる中、地球温暖化の防止・緩和への貢献(緩和策)と、わが国沿岸地域の災害リスクの最小化(適応策)に関する施策を総合的に進めるための**港湾政策の基本方向**を検討するとともに、そうした施策を持続的に進めるための**中長期的な対応プログラム**を明確化するために、防災・保全部会において、気候変動に対する総合的な港湾政策のあり方について検討する。

防災・保全部会 委員

部会長	縣 忠明	産経新聞社客員論説委員
	磯部 雅彦	東京大学大学院新領域創成科学研究科教授
	上村多恵子	(社)京都経済同友会常任幹事
	北沢 猛	東京大学大学院新領域創成科学研究科教授
	黒田 勝彦	神戸市立工業高等専門学校校長
	佐伯 理郎	気象庁東京管区气象台長
	鹿野 久男	(財)国立公園協会理事長
	重川希志依	富士常葉大学大学院環境防災研究科教授
	柴山 知也	横浜国立大学大学院工学研究院教授
	田中 淳	東京大学大学院情報学環総合防災情報研究センター長
樋口 和行	日本自動車ターミナル(株)常勤監査役	

【五十音順、敬称略】

緩和策に関する具体的施策

港湾活動に伴う温室効果ガスの排出削減

港湾・ターミナル周辺における渋滞対策



ターミナル前の渋滞状況

船舶への陸上電力供給施設の導入促進



再生可能エネルギーの利活用促進



ゲート屋根へ太陽光パネルを設置

省エネルギー型荷役機械の導入促進

船上時には蓄積されたエネルギーを使用する
埠下時の再生エネルギーをキャパシタに蓄積する

1台あたり約66t-CO₂/年の削減効果
(CO₂削減率40~50%)
ハイブリッド型トランスファークレーンの例

港湾におけるCO₂の吸収源 拡大等の施策の推進

緑地・藻場の整備促進

緑地の整備イメージ

適切な管理によりCO₂を吸収

ヒートアイランド対策の推進

「風の道」の導入イメージ

風の道の確保

臨海部の産業間の 連携等の推進

産業界における地球温暖化対策との連携

産 学 官

自主行動計画策定団体 学識経験者等 国・港湾管理者

産学官の連携による温室効果ガス削減に向けた推進体制

技術の普及や技術開発等の取り組みへの協力



港湾管理者を中心とする総合的な 温室効果ガス削減計画策定の推進

- ① 港湾における温室効果ガス排出状況や分析ツールの作成
- ② 先駆的取組事例に関する調査、情報共有の促進
- ③ 分析ツールに基づくCO₂排出量の算定
- ④ 先駆的取組事例を基に講じるべき施策及び目標削減量を算定
- ⑤ 温室効果ガス排出削減計画を策定
- ⑥ 計画に基づく取組の実施



適応策に関する具体的施策

海面水位の上昇等に対応した柔軟な防護能力等の向上

高潮等発生時の災害リスク軽減のための予防的措置

災害時対応能力の向上

特に先行して取り組む施策

監視体制の強化及び予測精度の向上

全国の波高等の収集・分析

ナウファス(全国港湾海洋波浪情報網)の観測点 (61地点:2008年4月時点)

外力条件の把握

防護水準等の把握

施設の現状把握のイメージ

目視点検

詳細調査

データベース化

災害リスクの評価

地球温暖化を想定した浸水想定例

脆弱性分析

既往施策の更なる推進

水門の自動化・遠隔操作等 (津波・高潮危機管理対策緊急事業)

高潮ハザードマップの作成支援 (津波・高潮危機管理対策緊急事業)

堤防の耐震調査、耐震対策の実施 (高潮対策緊急事業)

高潮発生

堤防の老朽化対策の実施

ゼロメートル地帯の高潮対策のイメージ

ソフト施策の充実・強化

高潮災害に備えましょう

高潮ハザードマップの例

高潮防災訓練の実施例

研究開発の推進

水理模型実験の例

ブルーカーボンとは

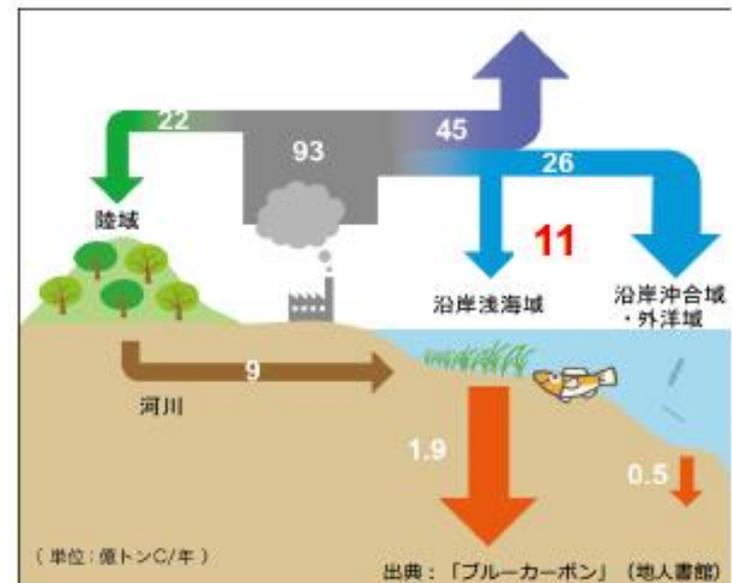
- ◆ 2009年10月に国連環境計画（UNEP）の報告書において、**海洋生態系に取り込まれた（captured）炭素が「ブルーカーボン」と命名**され、吸収源対策の新しい選択肢として提示
- ◆ 四方を海に囲まれた日本にとって、沿岸域の吸収源としてのポテンシャルは大きい。ブルーカーボンの活用にあたっては、その評価方法や技術開発の確立が重要

国連環境計画（UNEP）の報告書
「ブルーカーボン」



海表面の0.2%程度にあたる沿岸浅海域では、炭素が1.9億t-C/年（地球全体の80%近く）の速さで海底に貯留

炭素循環のイメージ

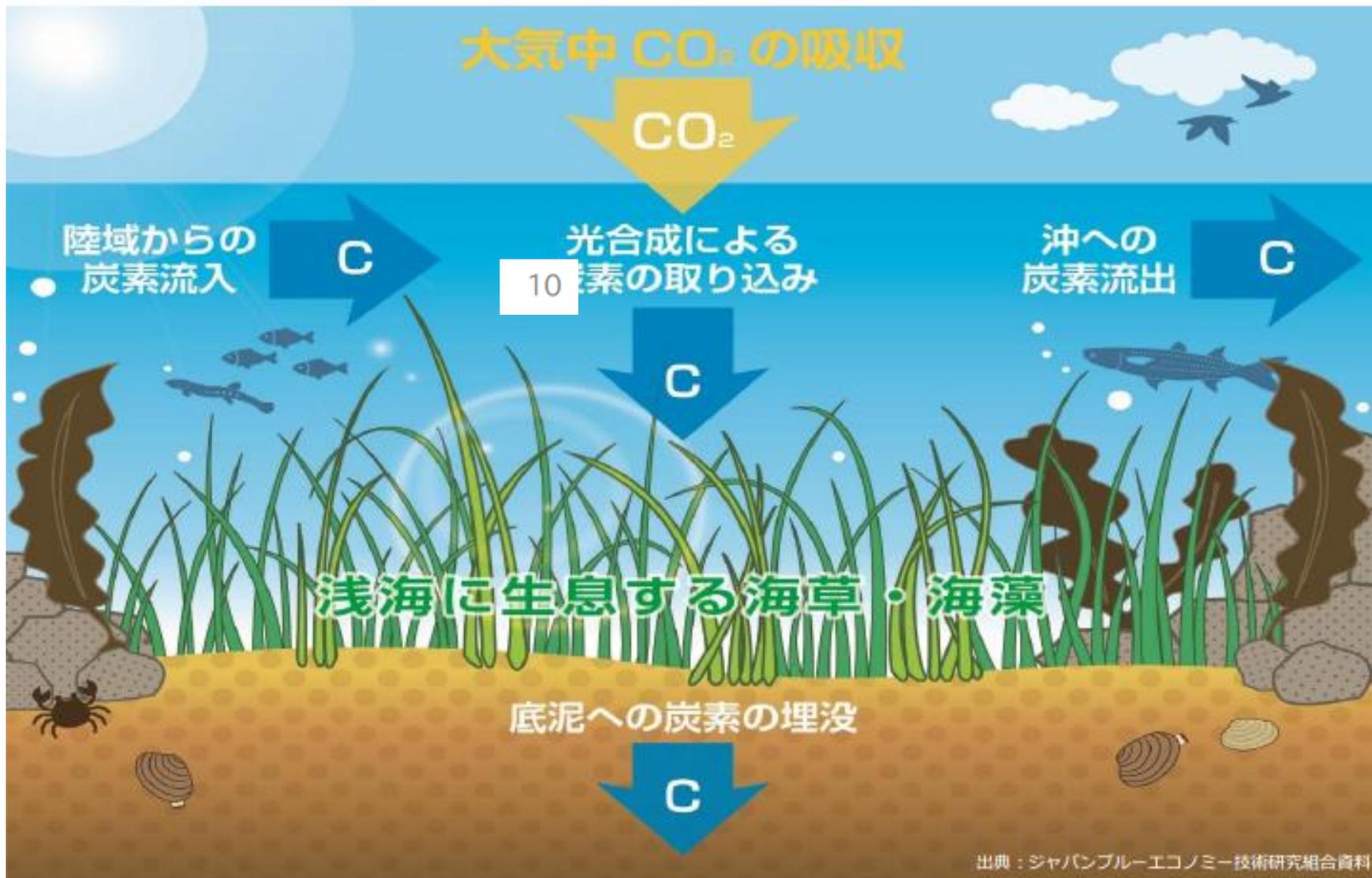


排出された二酸化炭素のうち、一部が陸域（22億t-C/年）や海洋（26億t-C/年）に吸収

出典：ジャパンブルーエコノミー技術研究組合資料

国土交通省HPより

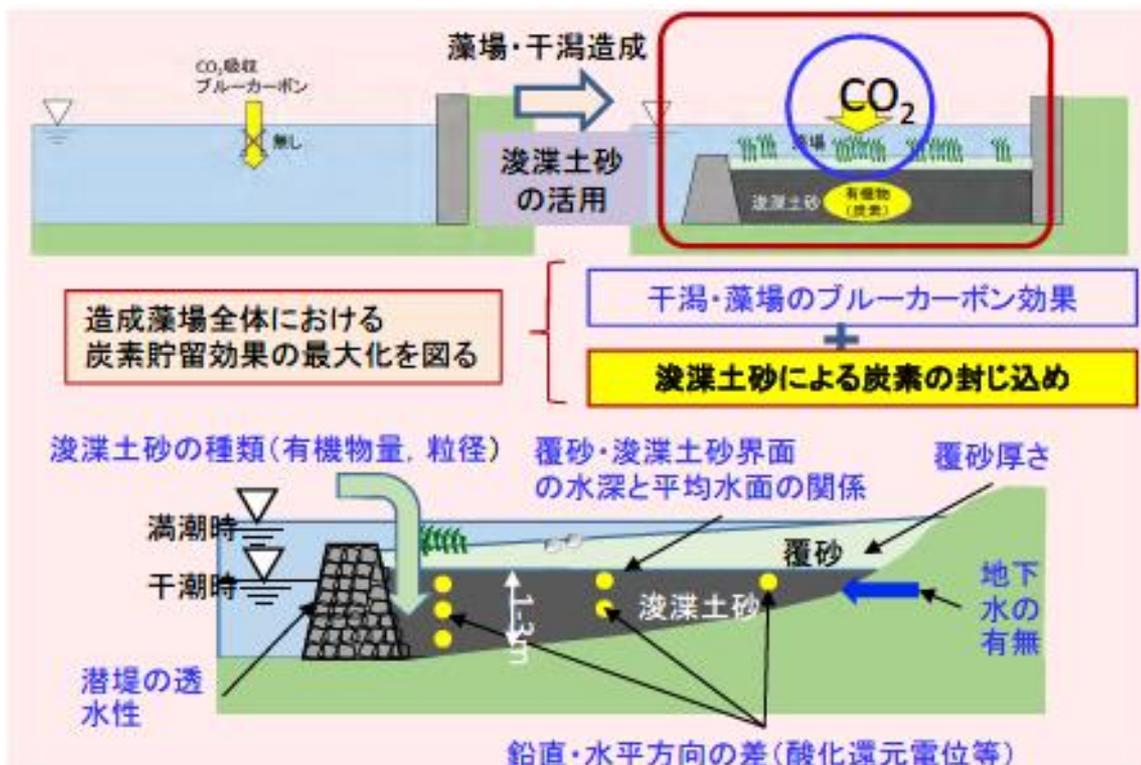
ブルーカーボンのメカニズム



研究の概要

脱炭素化の推進に向けて、沿岸生態系を活用した炭素吸収源対策であるブルーカーボンの推進のため、有機物を含む浚渫土砂を干潟・藻場造成に活用し、炭素貯留量が高い造成干潟の造成方法を開発する。

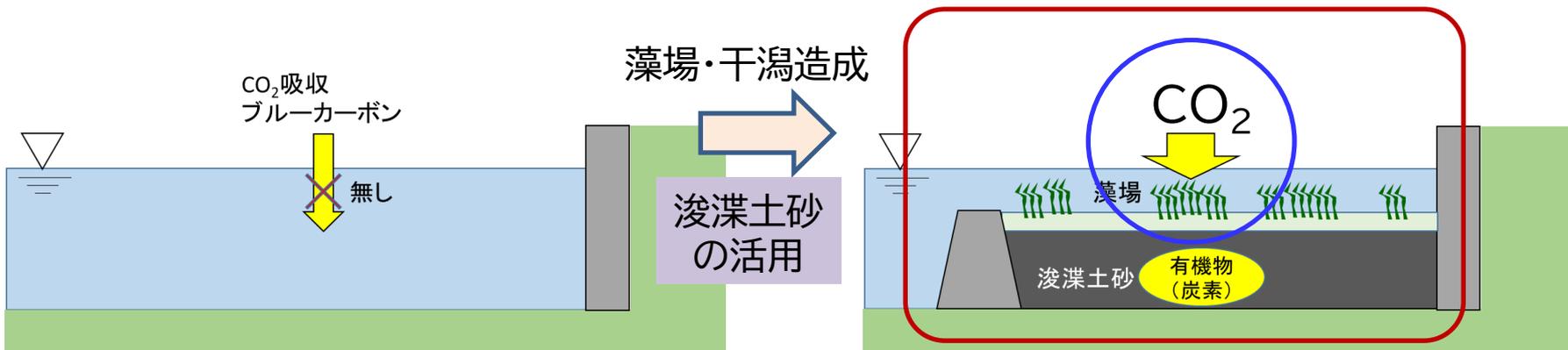
- ① 造成干潟・藻場に活用した浚渫土砂中の炭素の残存率の算定
- ② 炭素残存率と諸条件の関係の整理
- ③ 炭素貯留効果を考慮した造成干潟・藻場の造成方法の開発



研究の背景・課題

- 地球温暖化抑制として温室効果ガスの削減は世界的な課題
- カーボンニュートラルレポート(2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン戦略)の実現に向けて様々な技術開発が必要. CO₂排出ネットゼロを目指すためには, **排出源対策(排出量の削減)**だけでなく, **吸収源対策が不可欠**
- 沿岸域における**吸収源対策**として**ブルーカーボン**が注目されている.
 - ブルーカーボン**とは, 沿岸域における新たな**吸収源**であり, **海草・海藻**など海の生物の作用で海中に取り込まれる**炭素**ことである.

このブルーカーボンを推進し, 干潟・藻場全体の炭素貯留効果を高めるため, 次のことを考える



造成藻場全体における炭素貯留効果の最大化を図る

干潟・藻場のブルーカーボン効果

+

浚渫土砂による炭素の封じ込め

研究内容① 造成干潟・藻場に活用した浚渫土砂中の炭素の残存率の算定

【目的】

- 炭素残存率の算出(一次調査)

【具体的な実施事項】

- 現地調査
 - 完成後10年以上経過した既往の複数の造成干潟・藻場の炭素量(TOC)を測定
 - 施工時の炭素量と比較し, 残存率を算出

基本事項

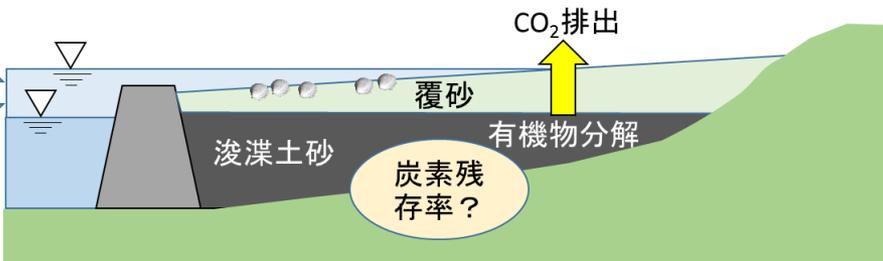
好気条件(酸素がある): 有機物が分解されCO₂排出

嫌気条件(酸素がない): CO₂排出しない. ただしCH₄排出の懸念あり

造成干潟

潮位により, 干出・冠水を繰り返す

好気・嫌気状態が変動



造成藻場

常に水没状態

嫌気状態



$$\text{炭素残存率} = \frac{\text{現状の浚渫土砂中の全有機炭素量(TOC)(mg/g)}}{\text{施工時(浚渫時)の浚渫土砂中の全有機炭素量(TOC)(mg/g)}}$$

研究内容② 炭素残存率と諸条件の関係の整理

【目的】

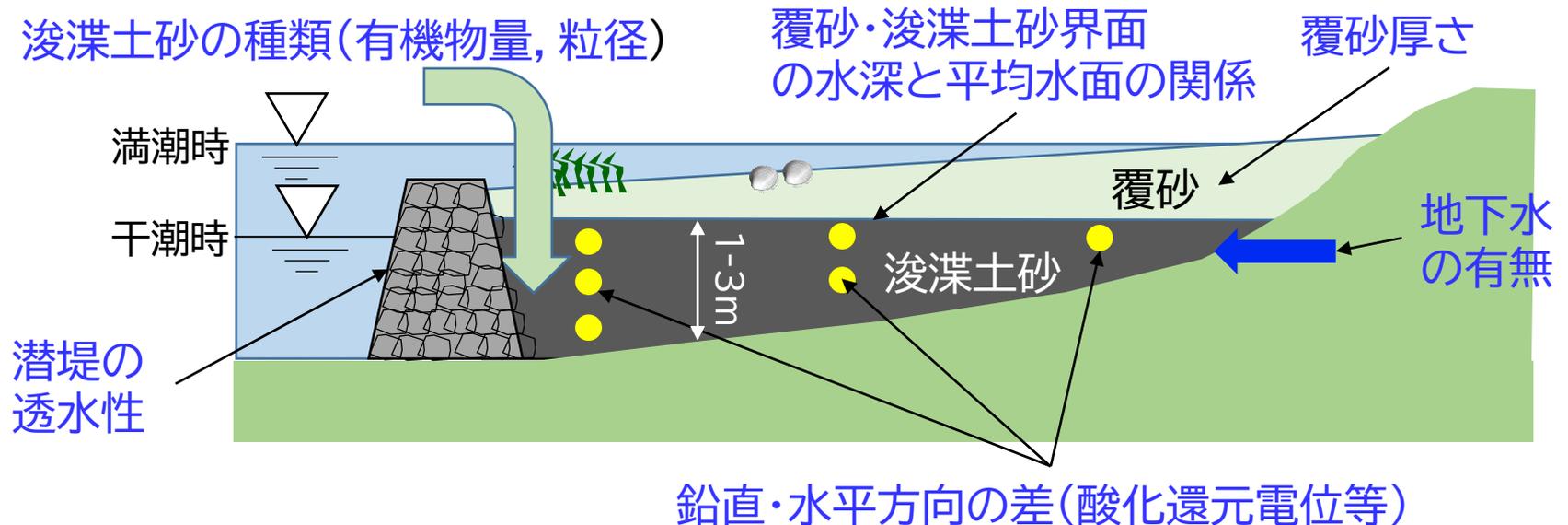
- 造成干潟・藻場における、炭素残存率の高い条件の抽出(二次調査)

【具体的な実施事項】

- 現地調査
 - ①の調査結果を踏まえて、複数の造成干潟・藻場を抽出
 - 異なる造成干潟・藻場間における、炭素残存率と条件の関係を整理
 - 同じ干潟・藻場内で、鉛直・水平方向のデータを取得し、環境条件の違いを整理
- 室内実験
 - 実験室内における種々の条件下における、有機物分解、CO₂、CH₄排出量の測定

例)干潟の場合

- 下記の種々な項目を複数の干潟で比較



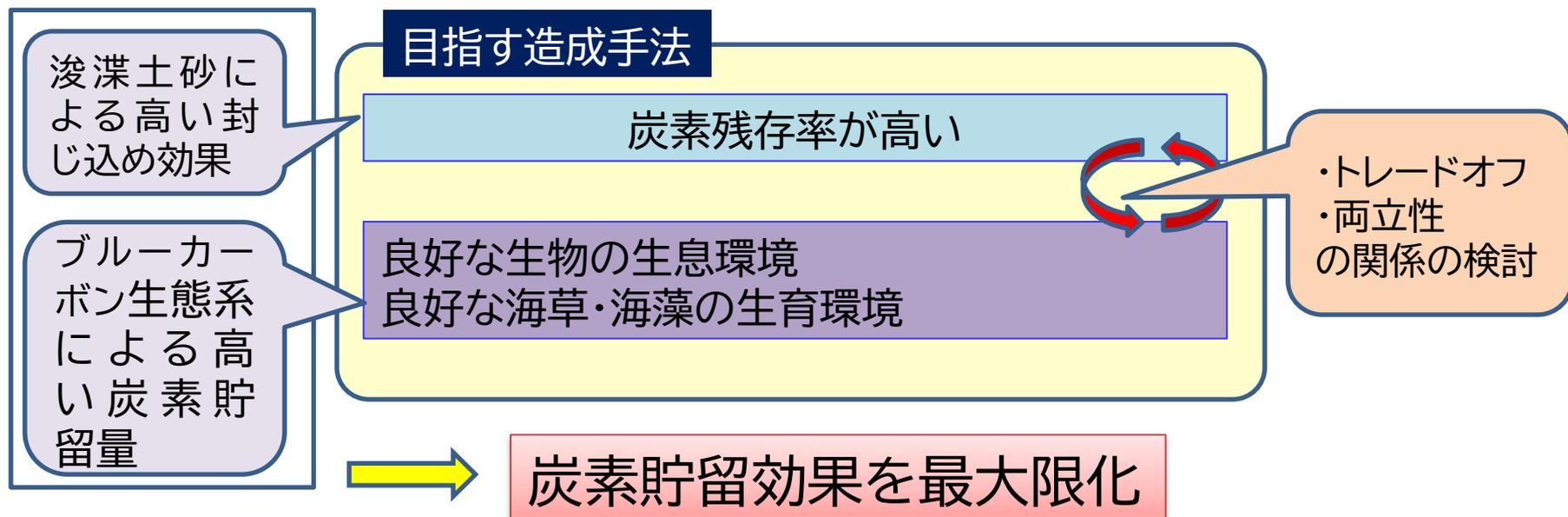
研究内容:③ 炭素貯留効果を考慮した造成干潟・藻場の造成方法の開発

【目的】

- 炭素残存率が高く、かつ、ブルーカーボン生態系による炭素貯留量が高い造成干潟・藻場の造成方法の開発

【具体的な実施事項】

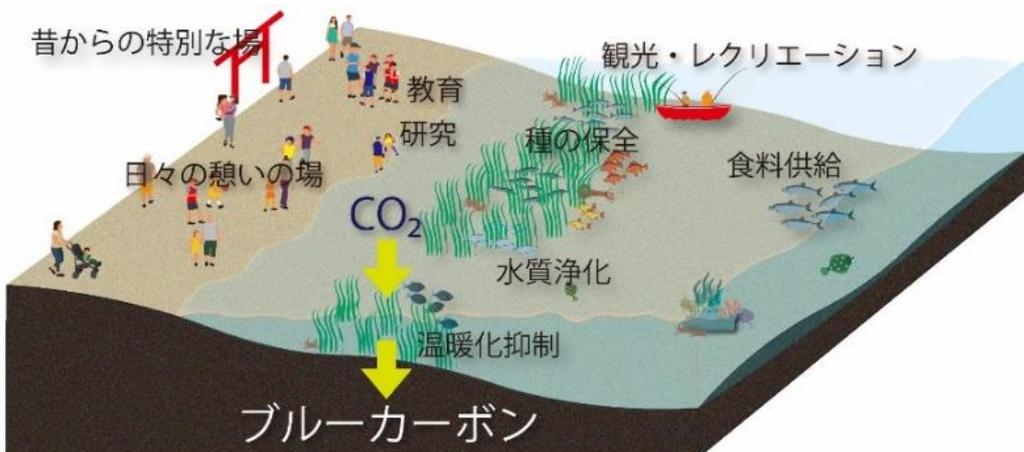
- 「②の検討による炭素残存率が高い条件」と「良好な生物の生息環境および海草・海藻の生育環境」を考慮した造成方法(設計, 施工方法等)を提案



関連施策: グリーンインフラを活用した自然共生地域づくり(生態系ネットワークの保全・再生・活用、CO₂ 吸収源の拡大)
 港湾・海事分野におけるカーボンニュートラルの実現、グリーン化の推進(カーボンニュートラルレポート(CNP)形成の推進)

- 温室効果ガスの沿岸域における吸収源としてブルーカーボン(BC)(海草・海藻など海の生物の作用で海中に取り込まれる炭素)が注目されている。
- BC生態系は多様な環境価値をもっているが、その環境価値を定量的に示すことができなかった。
- 国総研では、沿岸域の多様な環境価値を定量的に評価(見える化)する新しい評価手法を開発した。

■BC生態系が持つ多様な環境価値



■自然を基盤とした解決策 (Nature-based Solutions)

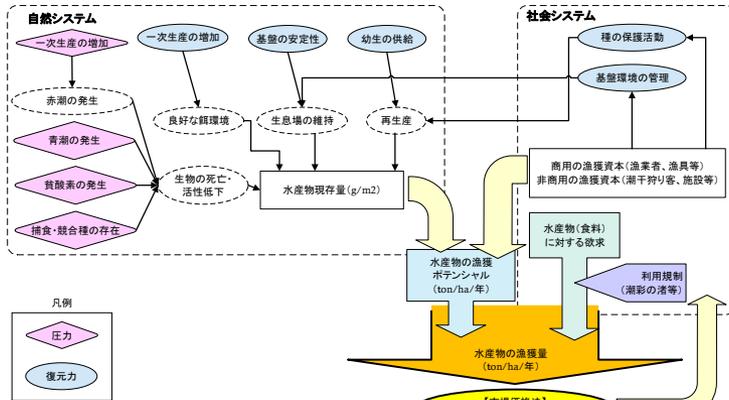
■グリーンインフラ



■多様な環境価値の包括的評価手法の開発

◆環境価値の得点化手法の開発

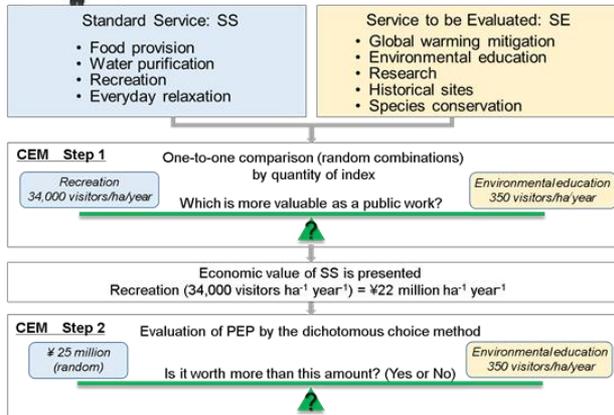
食料供給の得点化のための概念モデル



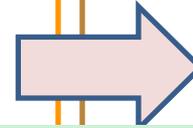
◆環境価値の重み付け手法の開発 (比較評価法)

Comparative Evaluation Method (CEM)

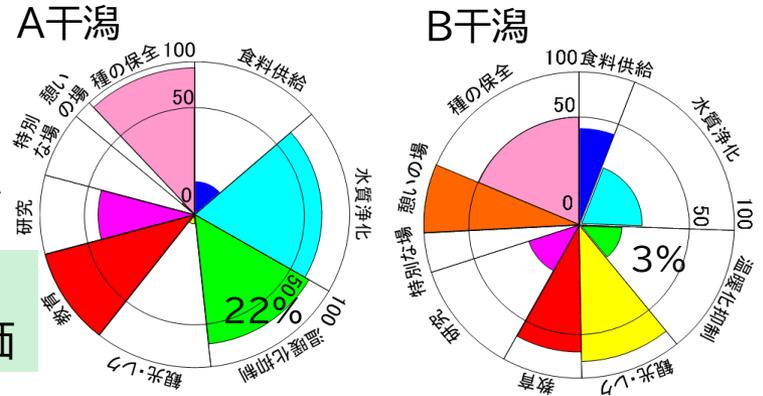
Survey participants compare values of multiple services



■環境価値の「見える化」(評価事例)



evidence-basedな評価



- 場所によって環境価値のバランスは異なる
- A干潟において、全環境価値に対する**温暖化抑制**の環境価値の割合は**22%**
 - 78%が相乗便益(co-benefit)



- BC生態系には、このようなコベネがある利点を活かし、**地球温暖化を抑制**すると共に、**生物多様性を高め、人の暮らしを豊かにする沿岸域づくり**を目指す。
- この**環境価値の「見える化」**は、環境価値を高める管理方策を**多様な利害関係者間**で協議する時の**コミュニケーションツール**として役に立てることもできる。
- BC生態系による吸収源対策をより一層促進させるために、**コベネを考慮したクレジットや基金の枠組み**についても検討を開始している。

研究内容: 自然環境・社会環境を考慮した生態系サービスの評価手法の開発

得点化

本手法のポイント

観測値の規格化

基準値(100点の状態)を用いて規格化

$$x_i = \frac{X_i}{X_{i,R}}$$

X_i ← 指標の観測値
 $X_{i,R}$ ← 基準値

基準値の定義

過去5年間で同じ水域内の干潟で得られた調査結果の最大値(水域における理想の状態)

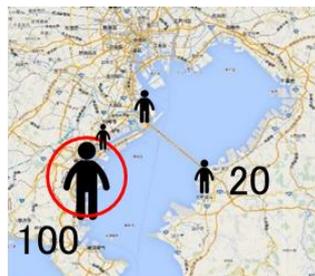
規格化された値(指数)の意味

対象水域内で「理想の状態(100点の状態)」に対して、どの程度かを示す数値

食料供給(漁獲量)

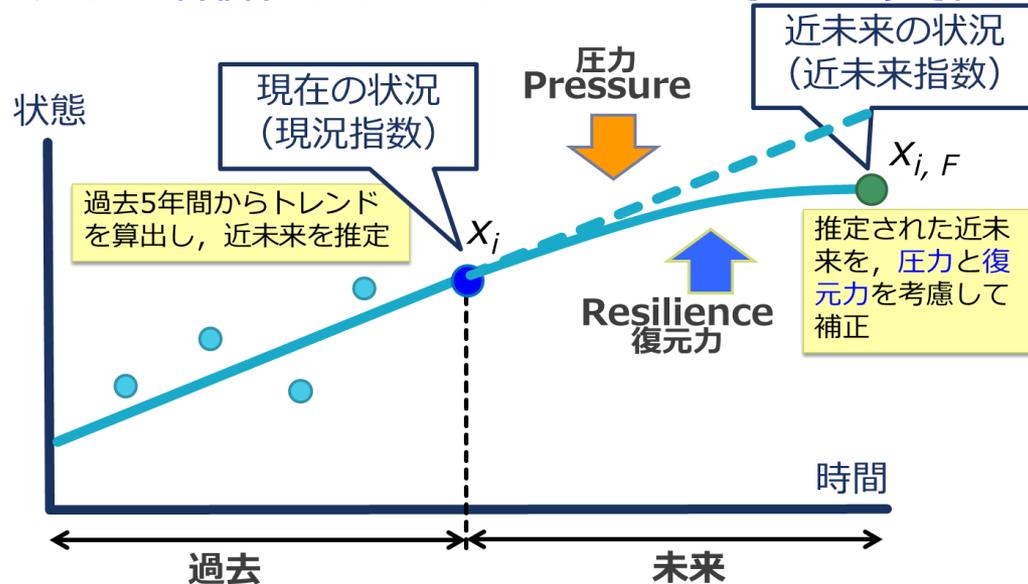


観光(入込客数)



得点の求め方

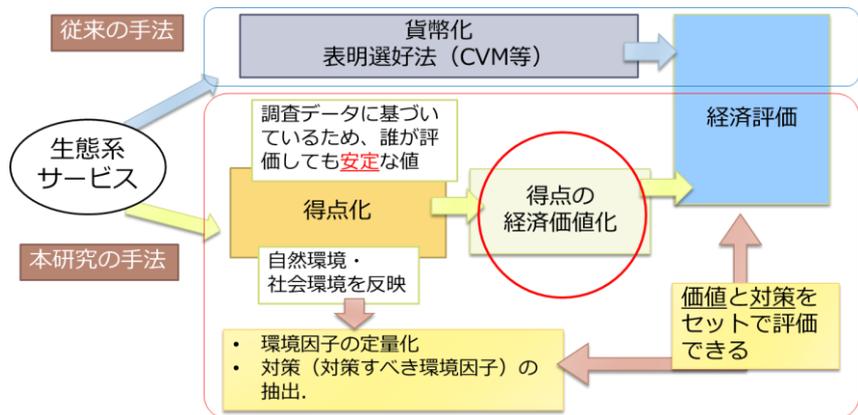
- 既往のサービスの評価手法では、現況の状況のみで評価するのに対して、本手法では、過去からのトレンドと圧力・復元力を考慮して近未来を推定し、現況と近未来の平均を得点として評価(Ocean Health Indexの考え方を参考)



$$\text{得点} = \frac{(\text{現況指数} + \text{近未来指数})}{2} \times 100$$

研究内容: 自然環境・社会環境を考慮した生態系サービスの評価手法の開発

得点の経済価値化



比較評価法の提案

- 複数のサービスを、簡便に評価でき、安定かつ数量に反応した結果を得やすい表明選好法



比較評価法の概要

市場価格法, 顕示選好法で求めることができるサービス

- 食料供給
- 水質浄化
- 観光・レク
- 憩いの場

市場価格法, 顕示選好法で求めることができないサービス

- 温暖化抑制
- 環境教育
- 研究
- 昔からの特別な場
- 種の保全

基準とするサービス: SS

- 食料供給
- 水質浄化
- 観光・レクリエーション
- 日々の憩いの場

評価するサービス: SE

- 温暖化抑制
- 環境教育
- 研究
- 昔からの特別な場
- 種の保全

GEM Step 1

1対1の比較 (ランダムな組み合わせ)
指標の数量のみの比較

観光・レク
年間34,000人/ha

どちらの方が公共事業として価値があるか?

環境教育
年間350人/ha

SSの経済価値を提示
観光・レク (年間34,000人/ha) = 2,200万円/ha

GEM Step 2

SEのPEP (許容評価額) の評価
二択選択方式

2,500万円
(ランダムな金額)

この金額以上の価値があるか? (Yes or No)

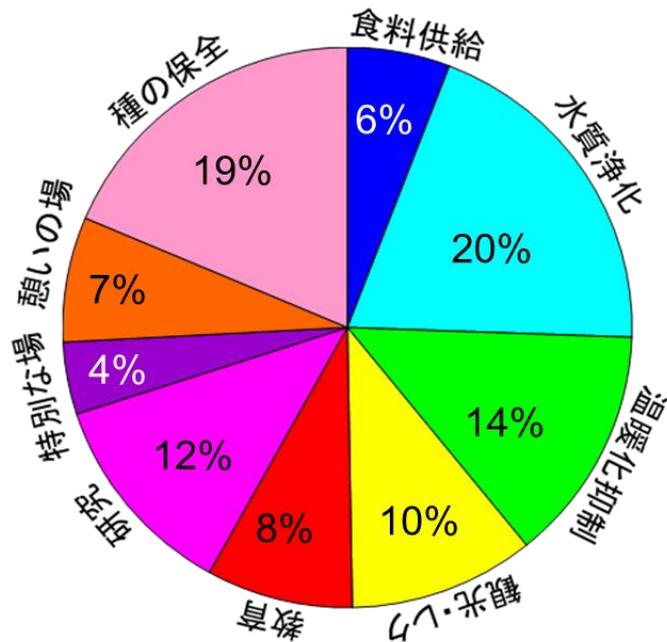
環境教育
年間350人/ha

研究内容： 自然環境・社会環境を考慮した生態系サービスの評価手法の開発

経済価値の推定

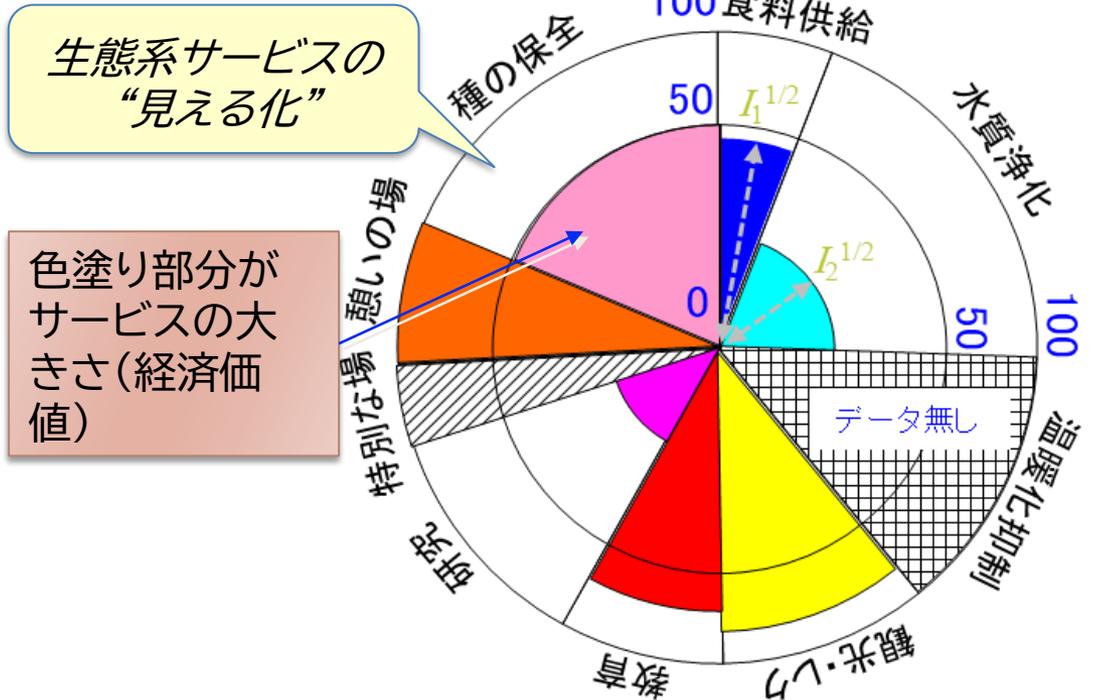
比較評価法の結果

- アンケートでは**基準値(100点の状態)**の経済価値を推定
- 各サービスの経済価値の大きさから、価値の**重み(%)**を算定→パイチャート化



得点と融合

サービスの大きさ
= 100点の状態の経済評価額 × 得点 / 100



東日本大震災の教訓を踏まえ、港湾の物流機能の維持や安全性確保の観点から、必要な地震・津波対策を講じてきたが、近年、台風被害が頻発化・激甚化するとともに、気候変動に起因する将来の災害リスクの増大が懸念されることから、港湾の防災・減災対策の施策の基本的な方向性をとりまとめ。

⇒ハード・ソフト一体となった施策を講じ、これまで以上に臨海部の安全性向上や基幹の海上交通ネットワークの維持を図るなど、社会経済への影響を極力抑制することを目指す。

I. 港湾における防災・減災対策の現状と課題

1. 近年の災害の教訓を踏まえた課題

- ・災害派遣で使用する大型船舶に対し、延長や水深が不足する耐震強化岸壁が存在。
- ・房総半島台風等では、設計波を大きく上回る高波で、施設の損壊等が発生。



高波による護岸倒壊事例(令和元年房総半島台風) [横浜港]

2. 将来想定される切迫性のあるリスク

- ・今後30年で70～80%の確率で発生が予想される南海トラフ地震等で三大湾の主要な港湾が被災すれば、我が国全体の産業・物流活動に甚大な影響。
- ・IPCC特別報告書(令和元年9月公表)では、2100年の世界平均海面水位は最大1.1m上昇すると予測。

シナリオ	1986～2005年に対する2100年における平均海面水位の予測上昇量範囲(m)	
	第5次評価報告書	SROCC*
RCP2.6	0.26-0.55	0.29-0.59
RCP8.5	0.45-0.82	0.61-1.10

*気候変動に関する政府間パネル(IPCC)
[変化する気候下での海洋・雪氷圏に関するIPCC特別報告書]

II. 災害に対して強靱な港湾機能の形成に向けた基本的考え方

人命防護、資産被害最小化は当然として、災害発生時の復旧・復興拠点としての機能強化、複合災害等が発生した場合の基幹の海上交通ネットワークの維持やサプライチェーンへの影響を最低限に抑制する取り組みを推進すべき。

1. 近年の地震・津波・高潮・高波・暴風への対応に関する基本認識

- ・大規模地震・津波に対しては、国際的・全国的な視点から日本全体を俯瞰し、代替輸送ルートの設定やバックアップ体制の確立を通じて、災害に強い海上交通ネットワークの構築が必要。
- ・高潮・高波・暴風に対しては、被害が頻発化・激甚化している状況に鑑み、再度災害防止の観点から早急に対策を講じるべき。

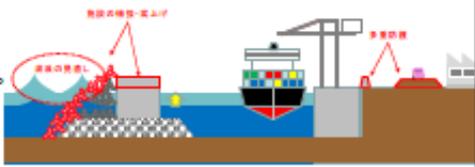
2. 将来の気候変動の影響への対応に関する基本認識

- ・ハード対策は一朝一夕に完成するものではなく、ソフト面でとり得る対策を十分に講じつつ、計画的な対応を早期に着手すべき。

III. 港湾における防災・減災対策の施策方針

1. 頻発化・激甚化する台風による被害への対応

- ・最新の知見で更新した設計沖波等で耐波性能等を照査し、重要かつ緊急性の高い施設の高上げや補強を実施。
- ・胸壁設置、臨港道路の高上げ等の多重防護の導入による被害軽減。
- ・港湾計画等への地盤高さの表記を検討。
- ・走錯対策として避難水域の確保や橋梁への防衛設備の設置。
- ・コンテナ飛散防止対策について、技術検討の継続や優良事例の共有。



施設等の高上げ・補強と多重防護

3. 災害に強い海上交通ネットワーク機能の構築

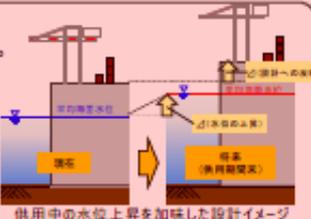
- ・フェリー・RORO船等の就航環境の整備による物流網のリダンダンシー確保、ネットワークを意識した岸壁・臨港道路等の耐震化。
- ・老朽化した耐震強化岸壁の性能を照査し、必要に応じ、埠頭再編等と併せて船舶の大型化も考慮した再配置を実施。
- ・船舶の沖合退避等を考慮した港湾BCP等を検討。
- ・地域の重要港湾に整備された耐震強化岸壁を核に、域内の地方港湾等への二次輸送体制の構築を検討。



フェリー・RORO船等による代替輸送のイメージ

2. 気候変動に起因する外力強大化への対応

- ・将来の海面水位の上昇等を考慮した港湾計画等を策定。
- ・施設の更新時期までに予測される平均海面水位の上昇量を加えて設計等を行うことを基本とし、技術基準等の整備を検討。潮位偏差・波浪の極値増加等は、技術的な知見が一定程度得られた時点で設計への反映を検討。
- ・国がモニタリング結果に基づき、高潮・高波の影響を予測し、港湾管理者等に情報を提供。



供用中の水位上昇を加味した設計イメージ

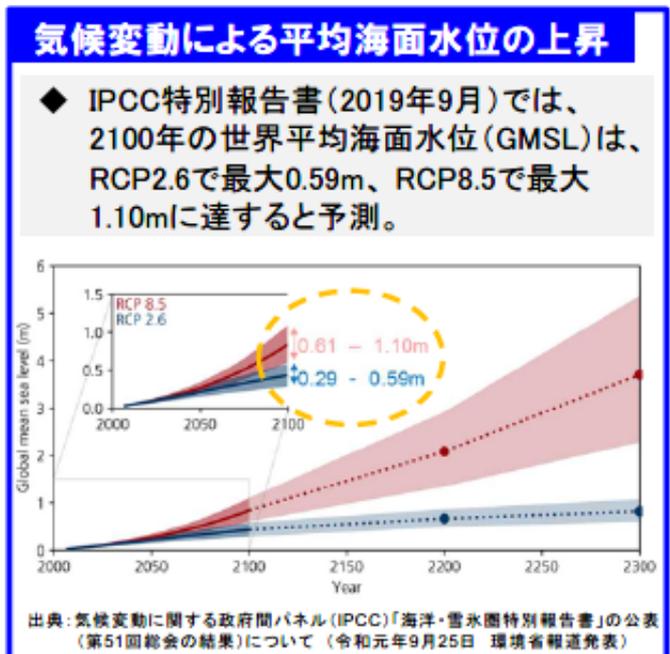
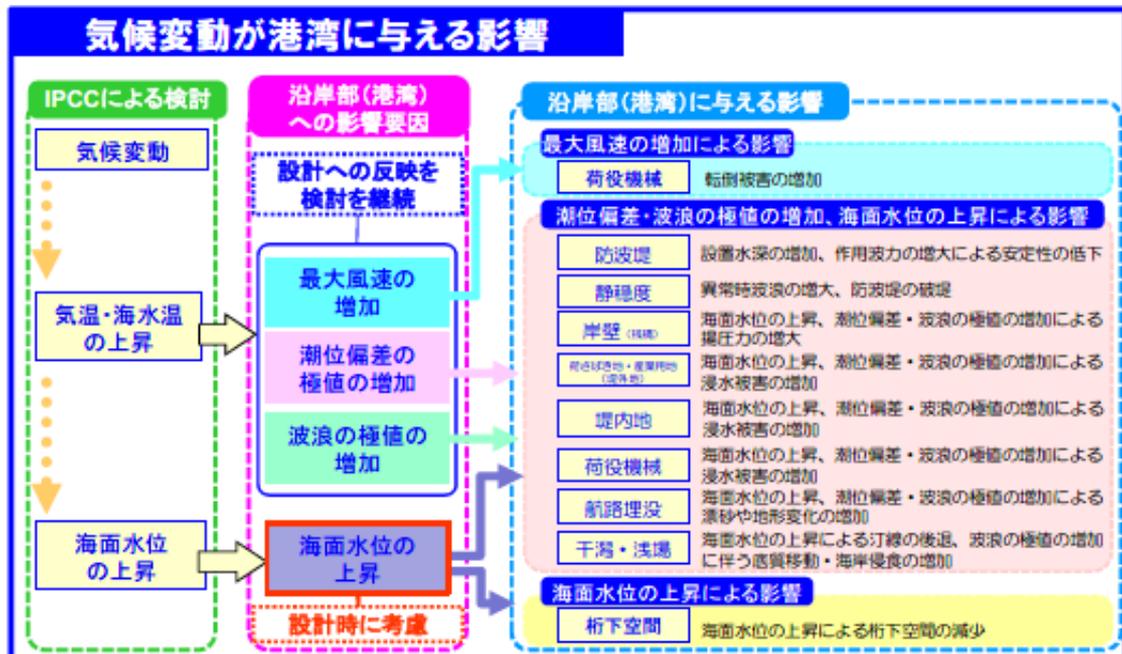
4. 臨海部の安全性と災害対応力の更なる向上

- ・防波堤の粘り強い構造化や避難対策など、ハード・ソフト一体となった総合的な津波対策の更なる加速。
- ・ライブカメラ、ドローン等を活用した迅速な情報収集。
- ・被災した港湾管理者に対する国の業務支援の更なる充実。
- ・港湾BCPの実効性を確保するため、その策定を担う官民の協議会を法的な枠組みに位置づけることなどを検討。
- ・災害対応型「みなとオアシス」をネットワーク化し、港湾の防災機能を更なる向上。
- ・緊急物資輸送や生活支援に対応した港湾BCP策定。
- ・複合災害・巨大災害も視野に入れ、広域的な港湾BCPに基づく訓練等で対応能力を向上。
- ・感染症発生下でも災害に対応可能な対策を講じる。



災害対応型「みなとオアシス」のイメージ

気候変動に起因する外力強大化への対応



気候変動に起因する外力強大化への対応

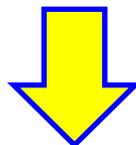
- ◆ 施設の更新時期までに予測される平均海面水位の上昇量を加えて設計等を行うことを基本とし、技術基準等の整備を検討。
- ◆ 潮位偏差・波浪の極値増加等は、技術的な知見が一定程度得られた時点で設計への反映を検討。

供用中の水位上昇を加味した設計イメージ

背景

IPCC第6次評価報告書等の気候変動についての指摘

- 平均海面水位が上昇
- 日本に来襲する台風の個数は減少
- 海面水温が上昇し、強い勢力を保ったままの台風が日本に来襲



将来の防災・減災対策を考えるにあたっての課題

- 港湾施設の設計外力のレベル(50年確率波)の変化が不明
- 高潮・高波による浸水等のリスクの変化が不明

目的

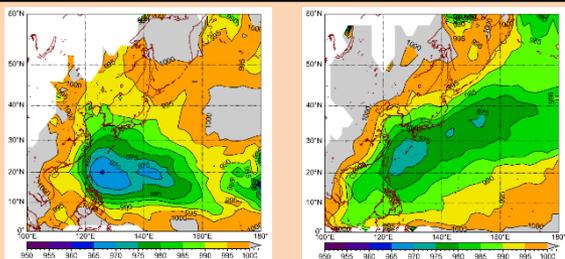
- 大規模アンサンブル気候予測データセット(d4PDF)を用いて、将来気候(4度上昇シナリオ)での確率台風モデルを構築.
- 確率台風モデルを用いた高潮推算・波浪推算により、将来気候における確率潮位偏差・確率波高を評価.

気候変動の影響(高潮・高波)

【確率台風モデル】

- 大規模アンサンブル気候予測データセットd4PDFの結果を用いて, モデル毎に構築した1,000年分の確率台風モデル(*) → 湾毎に影響する台風を抽出(中心気圧980hPa以下).
- 現時点では, RCP8.5(4度上昇)の将来気候6モデル, 現在気候2モデル(過去実験 & 観測値)を対象.

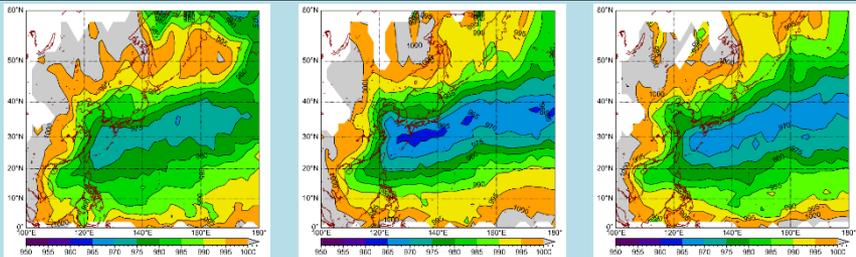
現在気候



【観測値】

【過去実験】

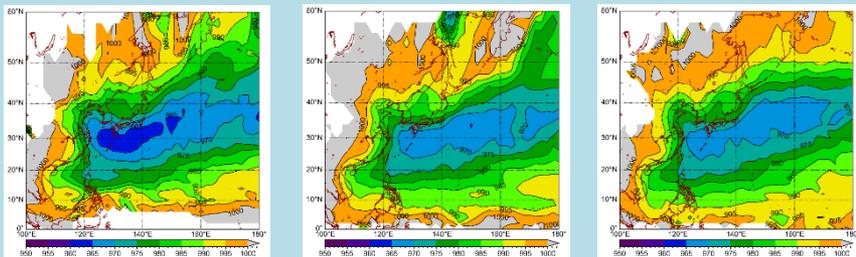
将来気候



【CC】

【GF】

【HA】

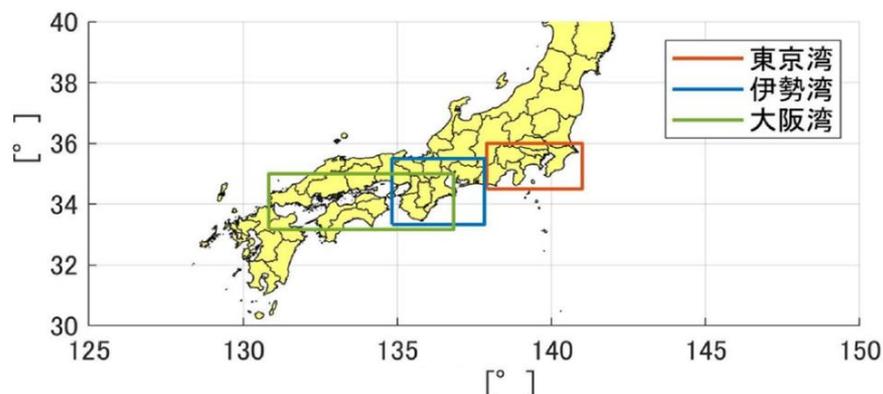


【MI】

【MP】

【MR】

確率台風モデルの中心気圧の中央値の平面分布



確率台風モデルの抽出範囲

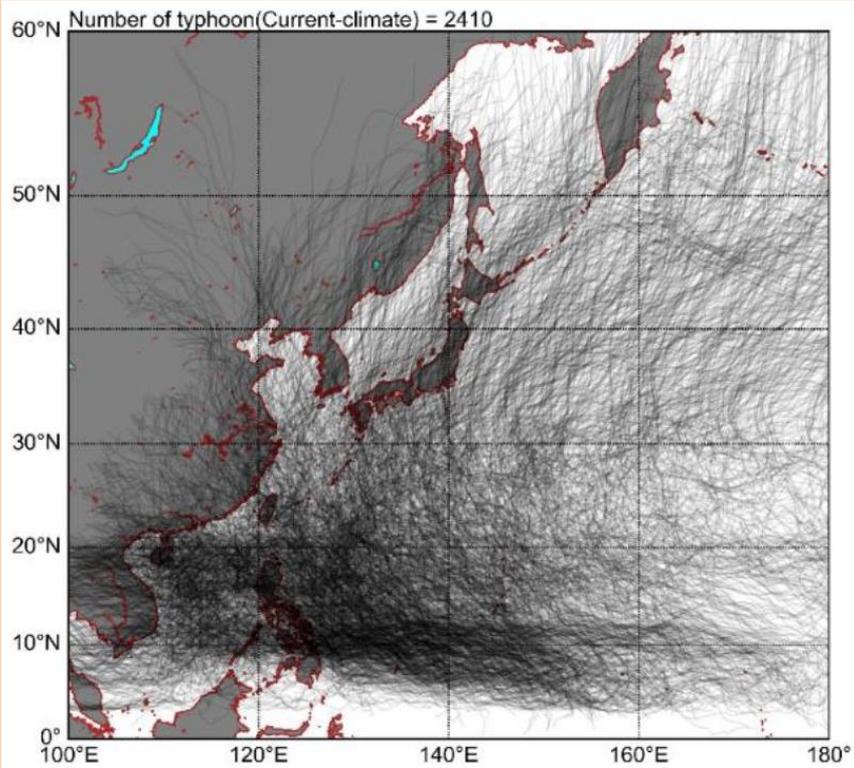
	現在気候		将来気候					
	観測値	d4PDF (過去実験)	d4PDF (MI)	d4PDF (HA)	d4PDF (CC)	d4PDF (GF)	d4PDF (MP)	d4PDF (MR)
東京湾	231	622	390	519	431	547	307	356
伊勢湾	373	696	420	599	545	596	525	434
大阪湾	711	1311	689	1052	1046	1094	1148	857
三大湾合計	1315	2629	1499	2170	2022	2237	1980	1647
年平均	1.3	2.6	1.5	2.2	2.0	2.2	2.0	1.6

確率台風モデルの抽出数

【CC】大気科学研究所
 【HA】気象ハードレーセンター
 【MP】マックスプランク研究所
 【GF】地球物流流体研究所
 【MI】海洋研究開発機構
 【MR】気象庁気象研究所

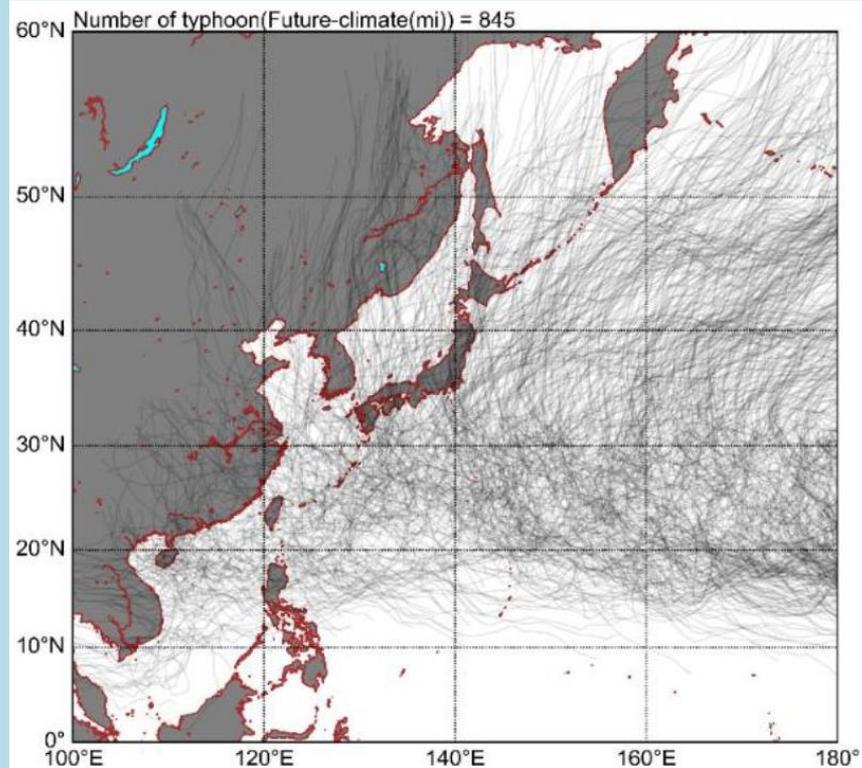
【確率台風モデルの例】

現在気候



【過去実験】

将来気候



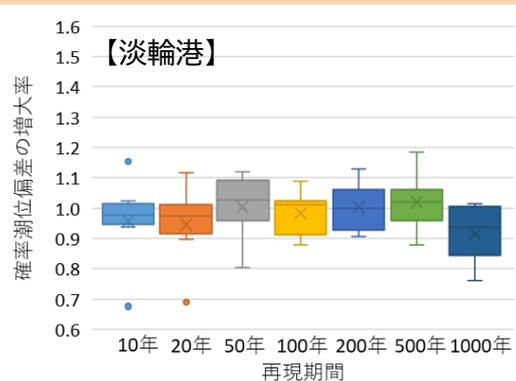
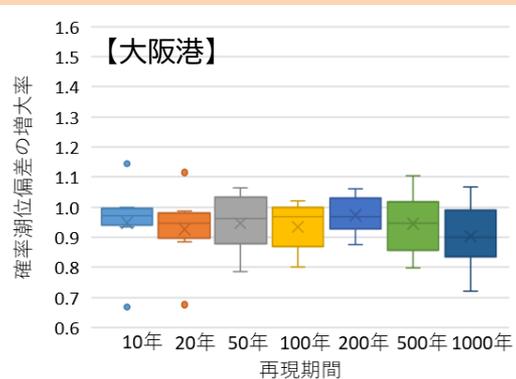
【MI】

気候変動の影響(高潮・高波)

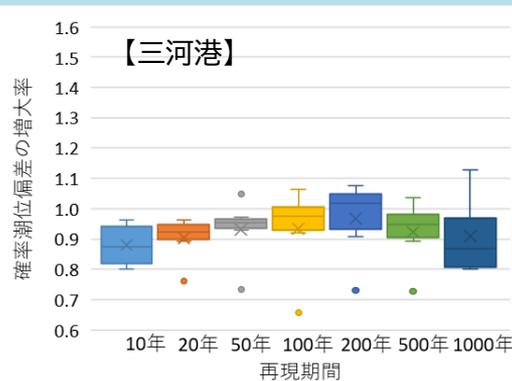
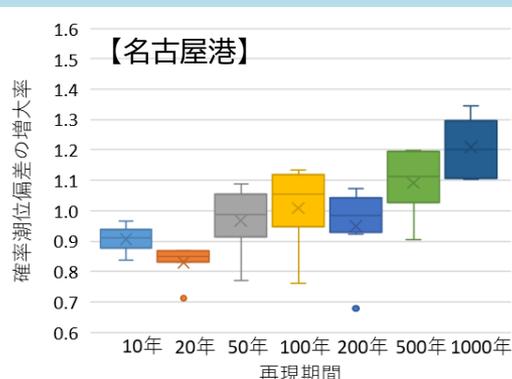
【高潮推算結果】

- 将来気候の確率潮位偏差は、現在気候(過去実験)と比較して大きいとは限らない。
- 将来気候6モデルの解析結果は、モデルの違いにより予測結果に幅がある。

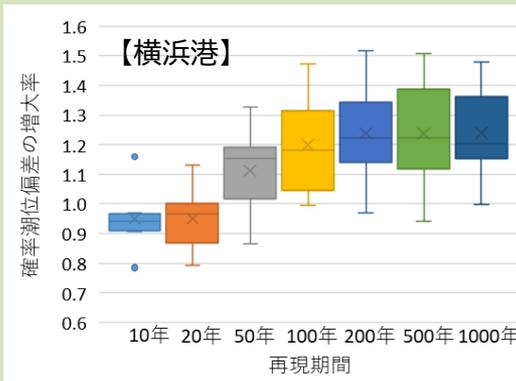
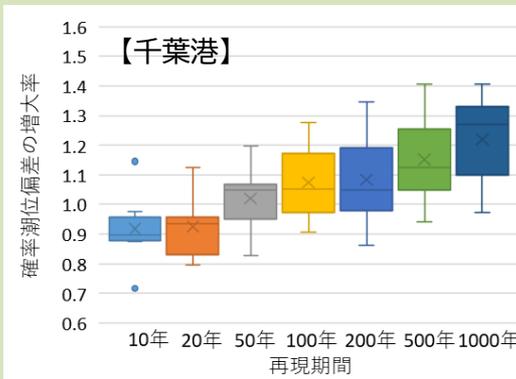
大阪湾



伊勢湾



東京湾



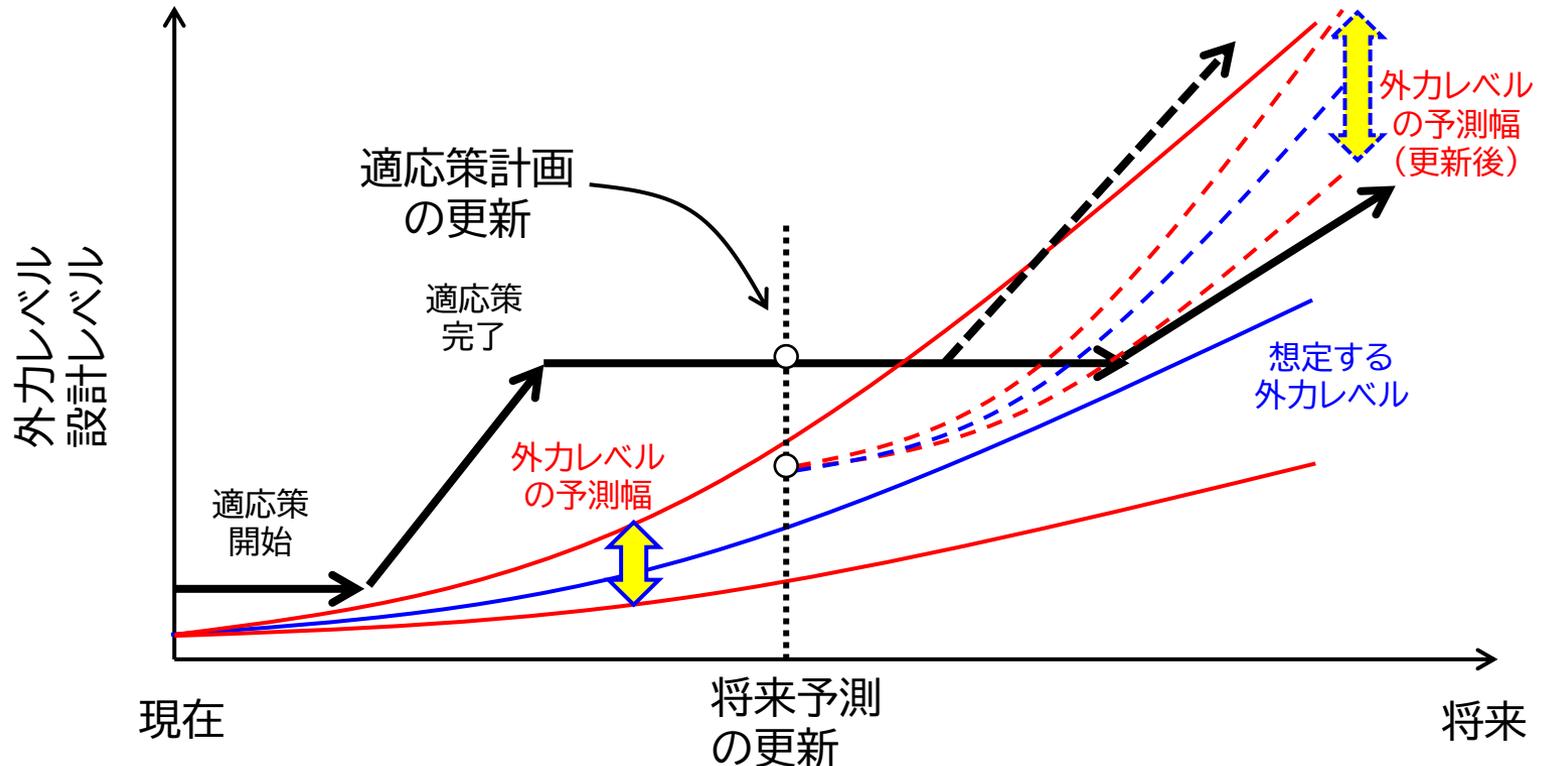
確率潮位偏差の増大率(基準:現在気候(過去実験))

※ 注意: 現在実施中の研究の暫定的な検討結果を示しており、今後更新される予定です。 27

港湾施設における適応策

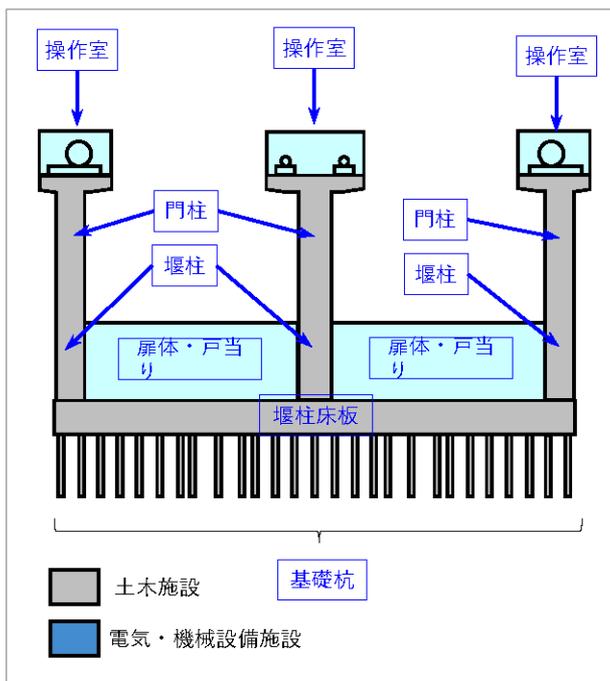
【順応的な適応策の概要】

- 気候変動の影響が生じてからの対策では、潜在的な災害リスクが増大
- 施設の供用期間、LCC、予測結果の不確実性等を踏まえた段階的な事前対策が必要
- 順応的対策(段階的な事前対策)を考慮した新規断面・改修方法の検討
- 将来気候の予測は、モデルの差異、予測誤差、温暖化シナリオの差異があり、予測結果は不確実 → 将来予測の更新により、適応策計画・LCMの更新

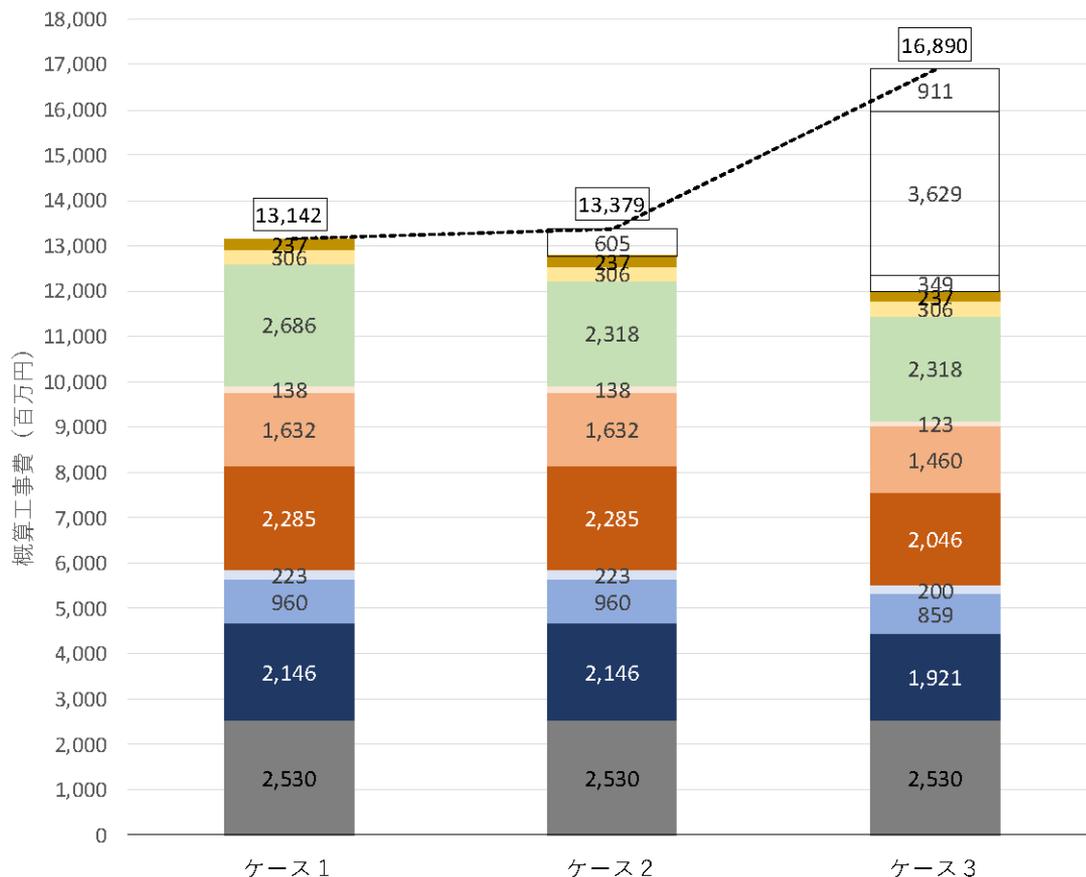


【他施設(水門)での検討事例】

- 将来気候が予測どおり推移した場合、当初から将来予測結果に対応した施設を整備するケースと比較して、基礎等の土木施設のみ当初から対応するケースの工事費は大きく変わらないが、基礎等の土木施設を途中から対応させるケースは工事費が増大する。



- ケース1 : 当初から将来予測結果に対応
- ケース2 : 土木施設のみ当初から将来予測結果に対応
- ケース3 : 当初は将来予測結果への対応なし

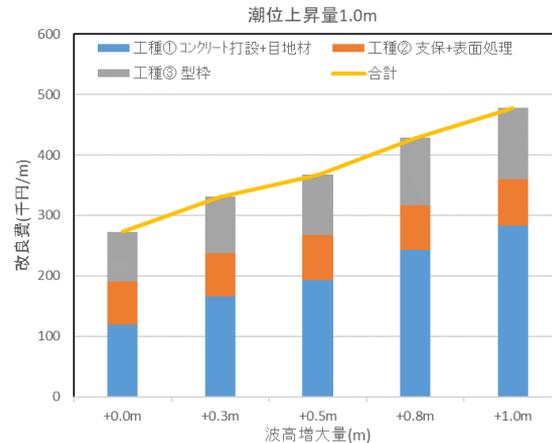
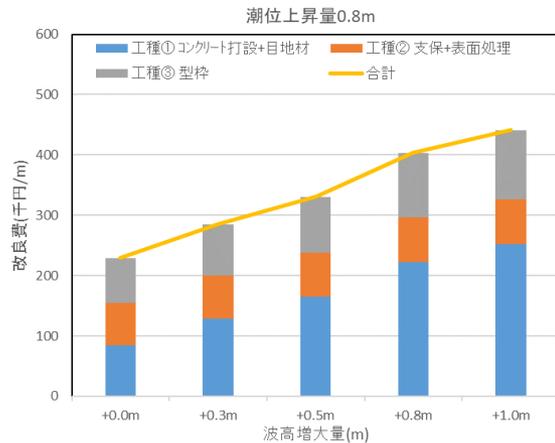
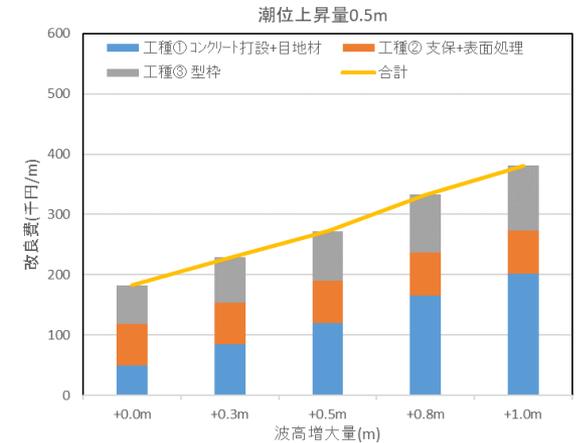
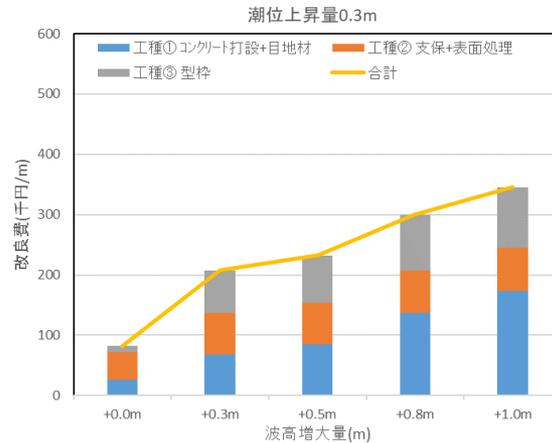
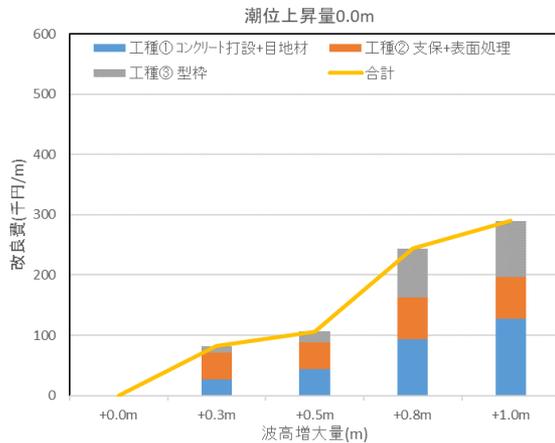


【出典】大阪府河川構造物等審議会資料

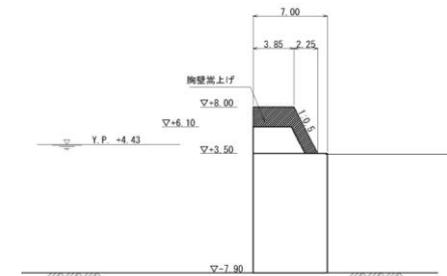
港湾施設における適応策

【適応策の単価の試算】

- 設計事例集などを参考に、代表施設の基本断面を設定。
- まずは、事前対策・事後対策を組み合わせた順応的な適応策ではなく、簡易な適応策。
- 基本断面に対して、潮位(天文潮位+海面水位上昇量+高潮偏差)・波高の増大量に応じた単価を試算。 → 今後は、他の施設に適用可能な算定式を検討予定。



【護岸の一例】嵩上げ+腹付け



東日本大震災の教訓を踏まえ、港湾の物流機能の維持や安全性確保の観点から、必要な地震・津波対策を講じてきたが、近年、台風被害が頻発化・激甚化するとともに、気候変動に起因する将来の災害リスクの増大が懸念されることから、港湾の防災・減災対策の施策の基本的な方向性をとりまとめ。

⇒ハード・ソフト一体となった施策を講じ、これまで以上に臨海部の安全性向上や基幹の海上交通ネットワークの維持を図るなど、社会経済への影響を極力抑制することを目指す。

I. 港湾における防災・減災対策の現状と課題

1. 近年の災害の教訓を踏まえた課題

- ・災害派遣で使用する大型船舶に対し、延長や水深が不足する耐震強化岸壁が存在。
- ・房総半島台風等では、設計波を大きく上回る高波で、施設の損壊等が発生。



高波による護岸倒壊事例(令和元年房総半島台風) [横浜港]

2. 将来想定される切迫性のあるリスク

- ・今後30年で70～80%の確率で発生が予想される南海トラフ地震等で三大湾の主要な港湾が被災すれば、我が国全体の産業・物流活動に甚大な影響。
- ・IPCC特別報告書(令和元年9月公表)では、2100年の世界平均海面水位は最大1.1m上昇すると予測。

シナリオ	1986～2005年に対する2100年における平均海面水位の予測上昇量範囲(m)	
	第5次評価報告書	SROCC*
RCP2.6	0.26-0.55	0.29-0.59
RCP8.5	0.45-0.82	0.61-1.10

*気候変動に関する政府間パネル(IPCC)
[変化する気候下での海洋・雪氷圏に関するIPCC特別報告書]

II. 災害に対して強靱な港湾機能の形成に向けた基本的考え方

人命防護、資産被害最小化は当然として、災害発生時の復旧・復興拠点としての機能強化、複合災害等が発生した場合の基幹の海上交通ネットワークの維持やサプライチェーンへの影響を最低限に抑制する取り組みを推進すべき。

1. 近年の地震・津波・高潮・高波・暴風への対応に関する基本認識

- ・大規模地震・津波に対しては、国際的・全国的な視点から日本全体を俯瞰し、代替輸送ルートの設定やバックアップ体制の確立を通じて、災害に強い海上交通ネットワークの構築が必要。
- ・高潮・高波・暴風に対しては、被害が頻発化・激甚化している状況に鑑み、再度災害防止の観点から早急に対策を講じるべき。

2. 将来の気候変動の影響への対応に関する基本認識

- ・ハード対策は一朝一夕に完成するものではなく、ソフト面でとり得る対策を十分に講じつつ、計画的な対応を早期に着手すべき。

III. 港湾における防災・減災対策の施策方針

1. 頻発化・激甚化する台風による被害への対応

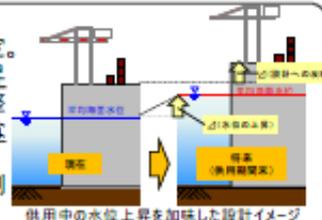
- ・最新の知見で更新した設計沖波等で耐波性能等を照査し、重要かつ緊急性の高い施設の高上げや補強を実施。
- ・胸壁設置、臨港道路の高上げ等の多重防護の導入による被害軽減。
- ・港湾計画等への地盤高さの表記を検討。
- ・走錯対策として避難水域の確保や橋梁への防衛設備の設置。
- ・コンテナ飛散防止対策について、技術検討の継続や優良事例の共有。



施設等の高上げ・補強と多重防護

2. 気候変動に起因する外力強大化への対応

- ・将来の海面水位の上昇等を考慮した港湾計画等を策定。
- ・施設の更新時期までに予測される平均海面水位の上昇量を加えて設計等を行うことを基本とし、技術基準等の整備を検討。潮位偏差・波浪の極値増加等は、技術的な知見が一定程度得られた時点で設計への反映を検討。
- ・国がモニタリング結果に基づき、高潮・高波の影響を予測し、港湾管理者等に情報を提供。



供用中の水位上昇を加味した設計イメージ

3. 災害に強い海上交通ネットワーク機能の構築

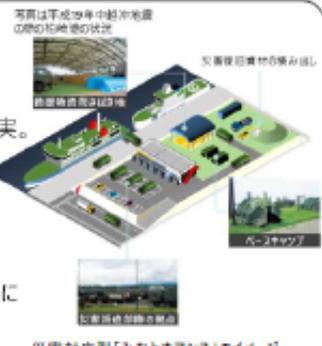
- ・フェリー・RORO船等の就航環境の整備による物流網のリダンダンシー確保、ネットワークを意識した岸壁・臨港道路等の耐震化。
- ・老朽化した耐震強化岸壁の性能を照査し、必要に応じ、埠頭再編等と併せて船舶の大型化も考慮した再配置を実施。
- ・船舶の沖合退避等を考慮した港湾BCP等を検討。
- ・地域の重要港湾に整備された耐震強化岸壁を核に、域内の地方港湾等への二次輸送体制の構築を検討。



フェリー・RORO船等による代替輸送のイメージ

4. 臨海部の安全性と災害対応力の更なる向上

- ・防波堤の粘り強い構造化や避難対策など、ハード・ソフト一体となった総合的な津波対策の更なる加速。
- ・ライブカメラ、ドローン等を活用した迅速な情報収集。
- ・被災した港湾管理者に対する国の業務支援の更なる充実。
- ・港湾BCPの実効性を確保するため、その策定を担う官民の協議会を法的な枠組みに位置づけることなどを検討。
- ・災害対応型「みなとオアシス」をネットワーク化し、港湾の防災機能を更に向上。
- ・緊急物資輸送や生活支援に対応した港湾BCP策定。
- ・複合災害・巨大災害も視野に入れ、広域的な港湾BCPに基づく訓練等で対応能力を向上。
- ・感染症発生下でも災害に対応可能な対策を講じる。



災害対応型「みなとオアシス」のイメージ

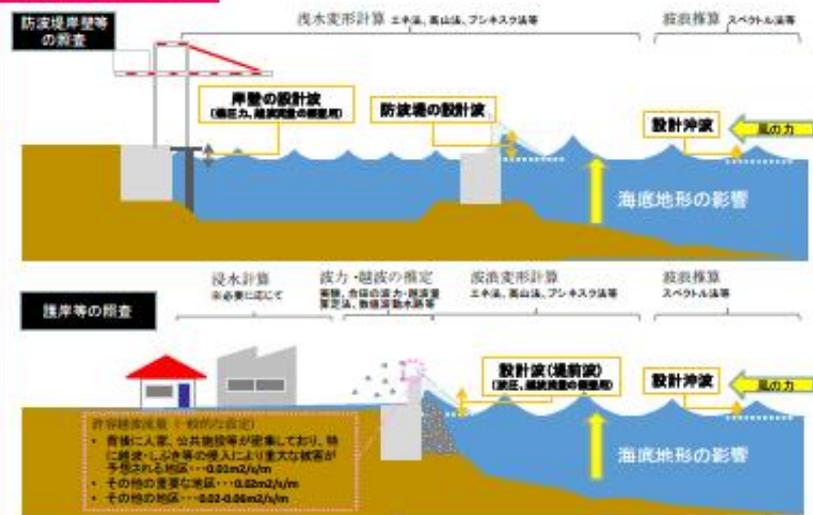
III. 港湾における防災・減災対策の施策方針

1. 頻発化・激甚化する台風による被害への対応

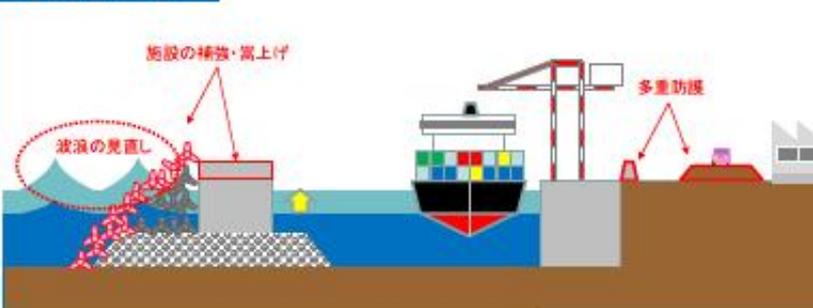
波浪等に対する施設の安全性確保

- ◆ 最新の知見で更新した設計波浪等で耐波性能等を照査し、重要かつ緊急性の高い施設の嵩上げや補強を実施。

照査イメージ



対策イメージ



走錨対策

- ◆ 船舶の衝突が発生した場合でも、被害を軽減するため、防衝設備を設置。



コンテナの飛散防止対策

- ◆ コンテナ飛散防止対策について、技術検討の継続や優良事例の共有。



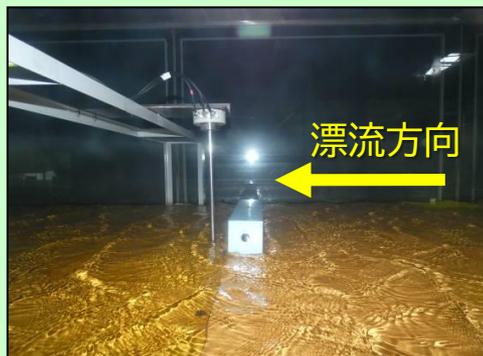
コンテナの漂流実験・耐風実験

コンテナの漂流実験・耐風実験

- 2018年台風21号、2019年台風15号・19号では、コンテナの倒壊被害・漂流被害が発生。
- 台風時のコンテナの耐風対策および漂流対策について、定量的な評価が必要。
- コンテナ模型を用いた実験を実施し、台風等の強風時を対象としたコンテナの漂流防止柵の設計手法、コンテナの固縛方法などを検討。

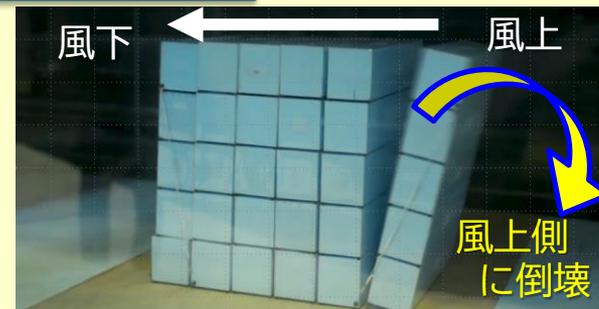


(捕捉実験)

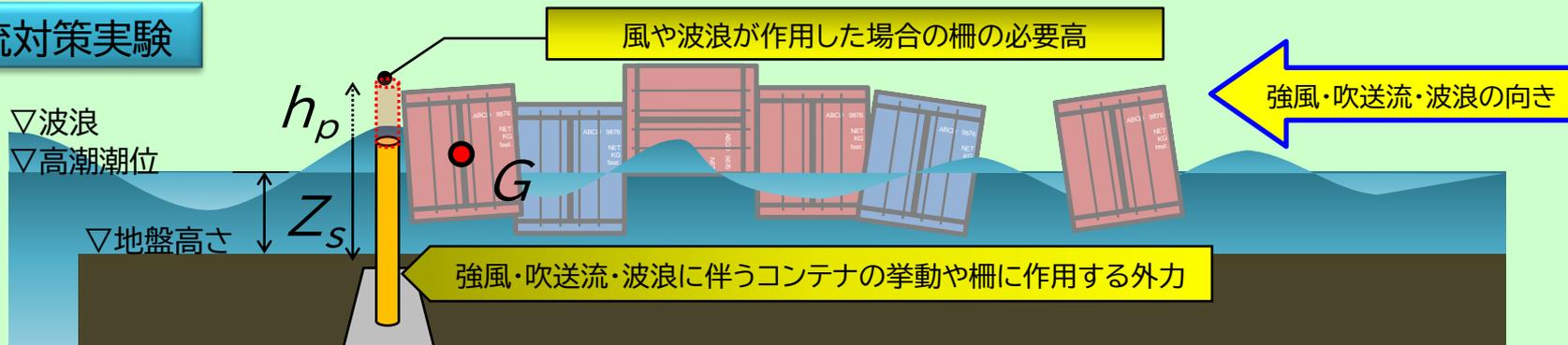


(衝突実験)

耐風対策実験



漂流対策実験

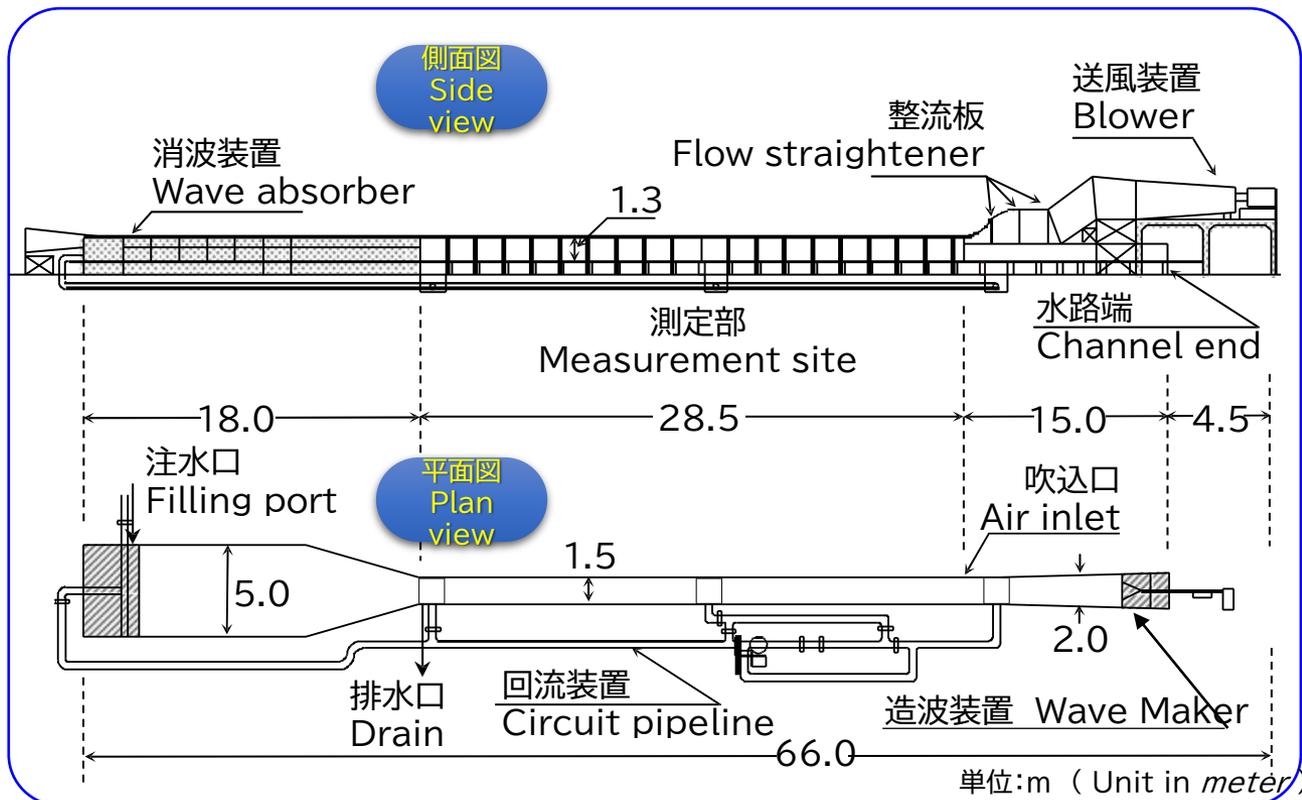


(参考) 台風防災実験水路

施設の概要

- 風・流れ・波浪を発生させる送風装置、回流装置および造波装置により、台風などによって引き起こされる強風・高潮・高波を同時に再現できる風洞水槽として国内最大級の施設。
- 風洞水槽内に風・流れ・波浪を発生させ、高潮の要因の一つである風に伴って発達する吹送流や風波の発達メカニズムの解明、コンテナの漂流対策・耐風対策の検討などを実施。

規模	【全長】66m 【測定部】 長さ 28.5m × 高さ 1.3m (高さ2.0mに改造予定) × 幅 1.5m
送風装置	最大風速 30m/s
回流装置	出力 30kW 最大流量 0.2m ³ /s
造波装置	ピストンタイプ 出力 1.8kW 最大波高 0.04~0.23m 周期 0.5~4.0s (水深 0.4m 時)



東日本大震災の教訓を踏まえ、港湾の物流機能の維持や安全性確保の観点から、必要な地震・津波対策を講じてきたが、近年、台風被害が頻発化・激甚化するとともに、気候変動に起因する将来の災害リスクの増大が懸念されることから、港湾の防災・減災対策の施策の基本的な方向性をとりまとめ。

⇒ハード・ソフト一体となった施策を講じ、これまで以上に臨海部の安全性向上や基幹の海上交通ネットワークの維持を図るなど、社会経済への影響を極力抑制することを目指す。

I. 港湾における防災・減災対策の現状と課題

1. 近年の災害の教訓を踏まえた課題

- ・災害派遣で使用される大型船舶に対し、延長や水深が不足する耐震強化岸壁が存在。
- ・房総半島台風等では、設計波を大きく上回る高波で、施設の損壊等が発生。



高波による護岸倒壊事例(令和元年房総半島台風) [横浜港]

2. 将来想定される切迫性のあるリスク

- ・今後30年で70～80%の確率で発生が予想される南海トラフ地震等で三大湾の主要な港湾が被災すれば、我が国全体の産業・物流活動に甚大な影響。
- ・IPCC特別報告書(令和元年9月公表)では、2100年の世界平均海面水位は最大1.1m上昇すると予測。

シナリオ	1986～2005年に対する2100年における平均海面水位の予測上昇量範囲(m)	
	第5次評価報告書	SROCC*
RCP2.6	0.26-0.55	0.29-0.59
RCP8.5	0.45-0.82	0.61-1.10

*気候変動に関する政府間パネル(IPCC)
[変化する気候下での海洋・雪氷圏に関するIPCC特別報告書]

II. 災害に対して強靱な港湾機能の形成に向けた基本的考え方

人命防護、資産被害最小化は当然として、災害発生時の復旧・復興拠点としての機能強化、複合災害等が発生した場合の基幹の海上交通ネットワークの維持やサプライチェーンへの影響を最低限に抑制する取り組みを推進すべき。

1. 近年の地震・津波・高潮・高波・暴風への対応に関する基本認識

- ・大規模地震・津波に対しては、国際的・全国的な視点から日本全体を俯瞰し、代替輸送ルートの設定やバックアップ体制の確立を通じて、災害に強い海上交通ネットワークの構築が必要。
- ・高潮・高波・暴風に対しては、被害が頻発化・激甚化している状況に鑑み、再度災害防止の観点から早急に対策を講じるべき。

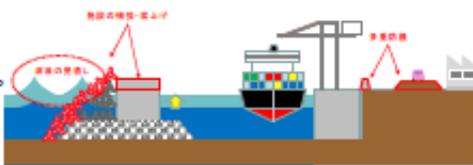
2. 将来の気候変動の影響への対応に関する基本認識

- ・ハード対策は一朝一夕に完成するものではなく、ソフト面でとり得る対策を十分に講じつつ、計画的な対応を早期に着手すべき。

III. 港湾における防災・減災対策の施策方針

1. 頻発化・激甚化する台風による被害への対応

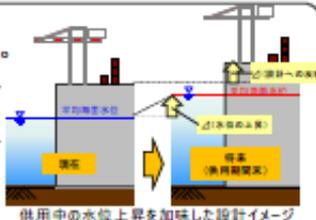
- ・最新の知見で更新した設計沖波等で耐波性能等を照査し、重要かつ緊急性の高い施設の高上げや補強を実施。
- ・胸壁設置、臨港道路の高上げ等の多重防護の導入による被害軽減。
- ・港湾計画等への地盤高さの表記を検討。
- ・走錯対策として避難水域の確保や橋梁への防衛設備の設置。
- ・コンテナ飛散防止対策について、技術検討の継続や優良事例の共有。



施設等の高上げ・補強と多重防護

2. 気候変動に起因する外力強大化への対応

- ・将来の海面水位の上昇等を考慮した港湾計画等を策定。
- ・施設の更新時期までに予測される平均海面水位の上昇量を加えて設計等を行うことを基本とし、技術基準等の整備を検討。潮位偏差・波浪の極値増加等は、技術的な知見が一定程度得られた時点で設計への反映を検討。
- ・国がモニタリング結果に基づき、高潮・高波の影響を予測し、港湾管理者等に情報を提供。



供用中の水位上昇を加味した設計イメージ

3. 災害に強い海上交通ネットワーク機能の構築

- ・フェリー・RORO船等の就航環境の整備による物流網のリダンダンシー確保、ネットワークを意識した岸壁・臨港道路等の耐震化。
- ・老朽化した耐震強化岸壁の性能を照査し、必要に応じ、埠頭再編等と併せて船舶の大型化も考慮した再配置を実施。
- ・船舶の沖合退避等を考慮した港湾BCP等を検討。
- ・地域の重要港湾に整備された耐震強化岸壁を核に、域内の地方港湾等への二次輸送体制の構築を検討。



フェリー・RORO船等による代替輸送のイメージ

4. 臨海部の安全性と災害対応力の更なる向上

- ・防波堤の粘り強い構造化や避難対策など、ハード・ソフト一体となった総合的な津波対策の更なる加速。
- ・ライブカメラ、ドローン等を活用した迅速な情報収集。
- ・被災した港湾管理者に対する国の業務支援の更なる充実。
- ・港湾BCPの実効性を確保するため、その策定を担う官民の協議会を法的な枠組みに位置づけることなどを検討。
- ・災害対応型「みなとオアシス」をネットワーク化し、港湾の防災機能を更に向上。
- ・緊急物資輸送や生活支援に対応した港湾BCP策定。
- ・複合災害・巨大災害も視野に入れ、広域的な港湾BCPに基づく訓練等で対応能力を向上。
- ・感染症発生下でも災害に対応可能な対策を講じる。

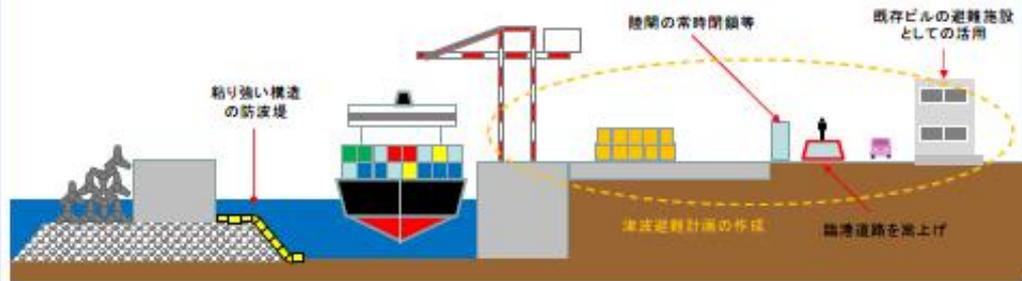


災害対応型「みなとオアシス」のイメージ

臨海部の安全性と災害対応力の更なる向上

ハード・ソフト一体となった総合的な津波対策

- ◆ 防波堤の粘り強い構造化や避難対策など、ハード・ソフト一体となった総合的な津波対策の更なる加速。



IoTを活用した情報収集

- ◆ ライブカメラ、ドローン等を活用した迅速な情報収集。



災害対応型「みなとオアシス」

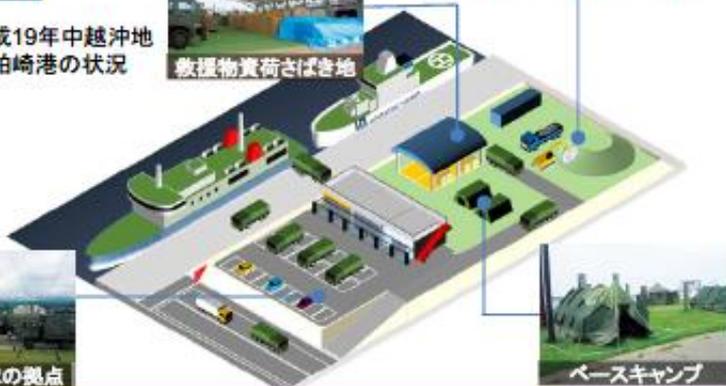
- ◆ 災害対応型「みなとオアシス」をネットワーク化し、港湾の防災機能を更に向上。

災害時

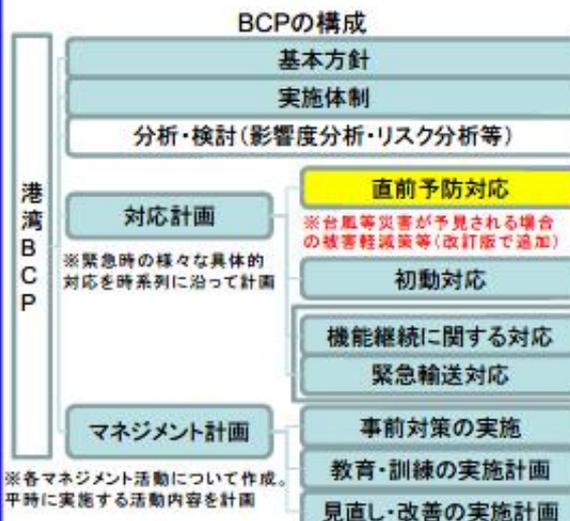
写真は平成19年中越沖地震の際の柏崎港の状況



災害復旧資材の積み出し



港湾BCPの実効性確保



『みなとオアシス』とは

「みなとオアシス」の概要

○みなとオアシスとは

- ・地域住民の交流や観光の振興を通じた地域の活性化に資する「みなと」を核としたまちづくりを促進するため、平成15年に制度を設立
- ・国土交通省港湾局長が住民参加による地域振興の取り組みが継続的に行われる施設を登録するもの

○みなとオアシスの担う役割

- ・地域住民、観光客、クルーズ旅客等の交流及び休憩
- ・地域の観光及び交通に関する情報提供
- ・その他（災害時の支援、商業機能 など）

○みなとオアシスの構成施設

- ・旅客施設、展望施設、多目的ホール
- ・観光案内施設
- ・駐車場、トイレ、津波避難タワー
- ・産地直売施設、レストラン など



標章
(シンボルマーク)

○みなとオアシスの設置者・運営者

- ・地方公共団体（港湾管理者含む）
- ・NPO団体、協議会 など

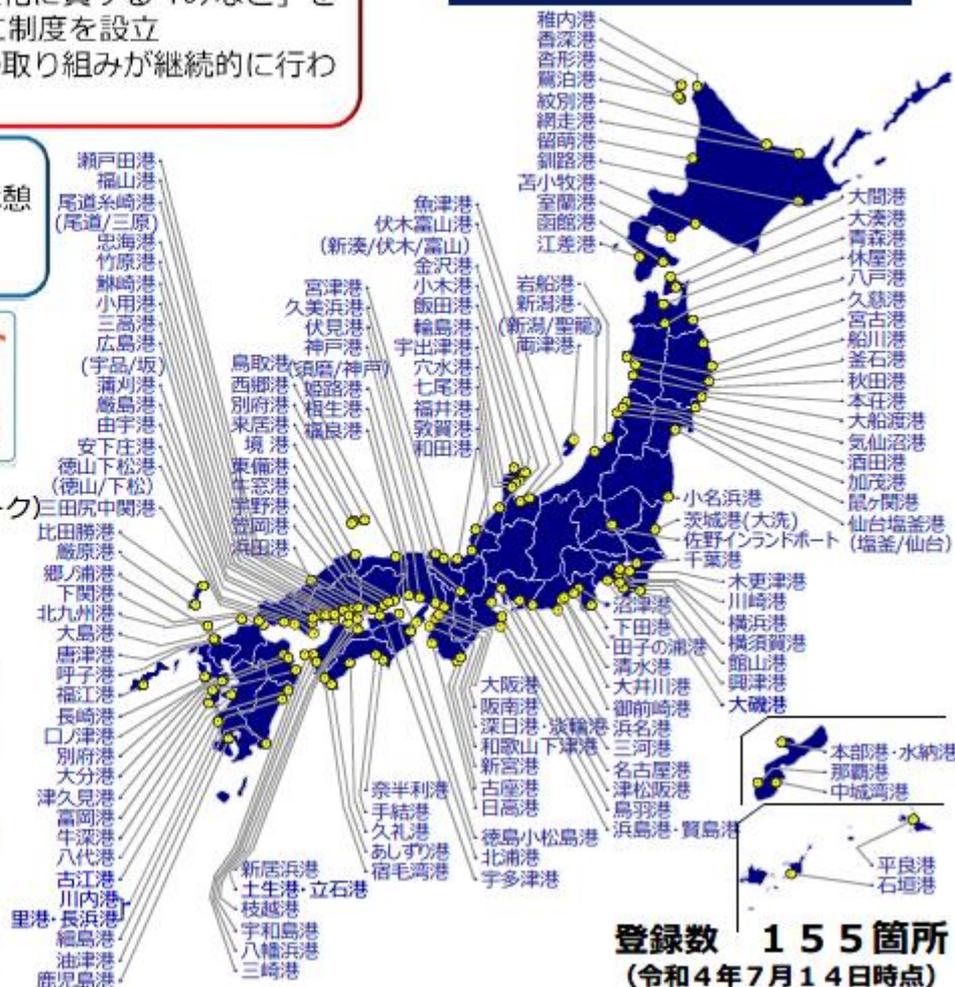


構成施設のイメージ



地域振興イベントの開催状況

みなとオアシス所在港湾の一覧



登録数 155箇所
(令和4年7月14日時点)

今後の『みなとオアシス』の展開について

【『みなとオアシス』の今後の新しい展開の可能性】

- 1 防災等多様な機能に対応するみなとオアシス
- 2 港湾協力団体への展開
- 3 社会関係資本、サードプレイスとしてのみなとオアシス
- 4 エリアマネジメントとしてのみなとオアシス
- 5 官民連携ツールとしてのみなとオアシス

国総研資料No.1201(令和4年3月)より

Topics

港の賑わい拠点「みなとオアシス浜名湖」を 防災拠点として活用した緊急物資輸送訓練について

国土交通省 中部地方整備局 清水港湾事務所

1. はじめに

静岡県は、東西に幅広く、多くの市町村が海に面していることもあり、地震・津波・高潮災害による被害が懸念されています。

また、近年では、豪雨による土砂災害や浸水などにより、道路が寸断する被害が静岡県内でも発生するなど、災害に対する備えがますます重要になってきています。

平成21年3月の東日本大震災の発生以降、静岡県内においては、防波堤や避難タワー、命山(いのちやま)などの整備が自治体を中心に進められており、住民の防災意識は以前に増して高まっています。

2. 大規模災害発生時の海からの支援体制強化の取り組み

清水港湾事務所では、港湾の防災機能の更なる向上を図ることを目的として、「災害発生時の海からの支援のあり方」を検証するため、令和2年度より、当事務所が所有する港湾業務艇を活用し、県内の港湾及び漁港において、入出港訓練や接岸訓練を実施してきました。

直轄事業を実施している港湾以外の地方港湾や漁港については、これまで港湾業務艇の入港がほとんどなかったため、入港準備として、まずは港内平面図を入手するところから始

り、船長への人出港可否の相談、接岸許可、他の港湾利用者との調整、危険箇所の確認など、入港するだけでも様々な事前準備や確認が必要です。現地調査では、航路や岸壁の水深や岸壁高の計測のほか、衛星誘導電磁波やナローマルチソナー、ドローンなどの観測機を使った被災状況調査報告の訓練も実施しました。

また、当事務所では、昨年度、船舶を活用した海上ネットワークによる支援の汎用性を図るため、官民で構成する「港湾・漁港を活用した防災ネットワーク推進連絡会議」を立ち上げました。

この組織を核としつつ、訓練等を通じて、地域や関係機関と連携した災害時の支援体制の構築に向けた取組を実施しているところです。



甲板と岸壁との高差差の計測(伊東港)

3. みなとオアシスを活用した訓練

(1) 計画・準備

港の賑わい拠点となる「みなとオアシス」(※1)を、災害時には防災の拠点として活用することを想定し、令和3年10月13日に「みなとオアシス浜名湖」を拠点とした緊急支援物資等の海上輸送訓練を、地方自治体や

民間団体と連携して実施しました。「みなとオアシス浜名湖」は、海水浴場や釣橋、プレジャーボート用の桟橋がある海浜館(かいこかん)を代表施設とし、緊急物資の輸送拠点となる浜名港岸壁等を構成施設とするみなとオアシスです。

訓練会場である浜名湖は、遠州灘に面しており、浜名湖南部に位置する浜名港(北方港湾)や海浜館は、静岡県第4次地震被害想定によれば、南風ラフ島震度想定において、震度7、最大浸水深3～5mという大きな津波が到来する可能性があります。

そのための訓練では、浸水により道路が寸断し、集落や避難所が孤立したと想定し、「海からの災害支援」として、港湾業務艇や渡船、プレジャーボートを活用し、浜名港岸壁や海浜館、公共マリナーや浜名湖サービスエリアにある電覧船の桟橋などを複数の係留施設を使った緊急支援物資の輸送訓練及び被災者の人員移送訓練を計画しました。

訓練での行動計画を策定するにあたり、訓練で使用する岸壁の高さ、渡船やプレジャーボートの大きさや船型、公共マリナーなどの係留施設の仕様のほか、周辺の避難タワーなどの避難施設までの距離など、「いま、ここで被災したら、自分はどういう支援をするのか、自分はどういう支援ができるのか」と被災者と支援者の両者の立場で考え、関係機関から提案を頂きながら計画を策定しました。

(2) 訓練の実施結果

訓練当日、短時間周回入見舞われたことから、安全を考慮し、公共マリナーや浜名湖サービスエリアでの訓練はycinく中止とし、港湾業務艇

を使った緊急支援物資輸送及び被災者の人員移送の訓練だけとなりましたが、訓練を実施したことで、岸壁の利用想定とは異なる船型のため、甲板と桟橋や岸壁との段差は生じるものの、(施設が健全であれば)ある程度の被災者の乗下船や物資の荷役は可能であることや、階段やはしご、クレーン付きトラックなどの資機材があれば、作業の安全性が向上することを実証することができました。また、計画段階での現地ヒアリングにおいて、浜名港岸壁が地域防災計画の緊急輸送岸壁に指定されていることや、公共マリナーにはストレッチャーが通行できる凸凹のない緊急用桟橋が整備



浜名湖サービスエリアの桟橋

されていること、浜名湖サービスエリアが災害時には災害支援活動の拠点になることなど、すでに様々な災害対応の備えが整備されていることを知り得ることができました。

4. おわりに

県内の港湾及び漁港での訓練や今回の「みなとオアシス浜名湖」を拠点とした緊急支援物資等の海上輸送訓練を通じて、「海からの災害支援」の有効性や地域からの期待を強く感じることができました。

当事務所では、災害発生時に復旧・復興の拠点として機能する「災害対応型のみなとオアシス」が広域的に連携する「みなとオアシス防災ネットワーク」の構築に向け、今年度も引き続き、みなとオアシスを活用した災害時の支援のあり方について検証のための訓練、課題の洗い出しを行う予定としております。



浜名港岸壁での緊急支援物資の荷揚げ



緊急用桟橋(入出マリナー(注))

『みなとオアシス』を防災拠点として活用した事例
波となぎさNo21
(令和4年8月)

(注1)「みなとオアシス」は、地域住民の交流や観光振興を目的とした地域の活性化に資する「みなと」を核としたまちづくりを推進するため、住民参加による地域振興の取り組みが継続的に行われる施設として、国土交通省港湾局長が登録したものをいいます。