

# ストレステストを活用したコンテナターミナルの 浸水脆弱性・対策効果評価手法の提案

宮田正史<sup>1)</sup>・竹信正寛<sup>2)</sup>・大鳥靖樹<sup>3)</sup>・小野憲司<sup>4)</sup>  
吉田郁政<sup>5)</sup>・赤間康一<sup>6)</sup>・神野竜之介<sup>7)</sup>・富田孝史<sup>8)</sup>  
芝崎康介<sup>9)</sup>・上杉主悦<sup>10)</sup>・海野吉輝<sup>11)</sup>

## 要 旨

我が国の物流を支えるコンテナターミナルでは、高潮・波浪による浸水被害と機能停止が近年多発している。気候変動の影響により、そのリスクはさらに高まる。これを回避するためには、ハード・ソフトに跨がる各種対策の検討と関係者の合意が必要となるが、コンテナターミナルは多様な施設から構成されており、各施設の対策がコンテナターミナル全体として提供するサービスの継続性や強靱性向上に対してどの程度寄与するかを定量的に明示できないことが、抜本的な対策に繋がらない一要因となっている。

本研究では上記問題の解決に向けた検討フレームと、その実現に向けた端緒としてストレステストを活用した、コンテナターミナル全体としての浸水脆弱性と浸水対策効果を定量的に評価できる実務的な手法を提案する。その上で、モデルコンテナターミナルを対象とした浸水脆弱性の評価と改善検討の事例を示す。

**キーワード：**コンテナターミナル，浸水脆弱性，評価，ストレステスト，対策

- 
- 1) 研究総務官
  - 2) 港湾・沿岸海洋研究部 港湾施設研究室長
  - 3) 東京都市大学 理工学部 原子力安全工学科 教授
  - 4) 京都大学 経営管理大学院 客員教授
  - 5) 東京都市大学 都市工学科 名誉教授
  - 6) 国土交通省 鉄道局 安全監理官（元国土技術政策研究所 港湾研究部 主任研究官）
  - 7) パシフィックコンサルタンツ株式会社 港湾部 港湾計画室 チーフプロジェクトマネージャー
  - 8) 名古屋大学 減災連携研究センター 教授
  - 9) 横浜港埠頭株式会社
  - 10) 阪神国際港湾株式会社 神戸事業部 設計担当課長
  - 11) 鈴与株式会社

〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 国土交通省国土技術政策総合研究所  
電話：046-844-5019 Fax：046-844-9265 e-mail: ysk.nil-46pr@gxb.mlit.go.jp

## 目 次

1. はじめに	1
1.1 本研究の位置づけ	1
1.2 ストレストテスト (ST) の概要	1
2. 検討フレームとストレストテスト	1
2.1 検討フレームの全体像	1
2.2 ST実施に必要となる準備	2
2.3 STによる浸水脆弱性の評価と対策シナリオの検討	5
3. モデルコンテナターミナルへの適用事例	6
3.1 はじめに	6
3.2 STによる浸水脆弱性の評価 (無対策の場合)	6
3.3 STによる浸水脆弱性の評価 (対策有りの場合)	7
3.4 STの実適用にあたっての留意点	9
4. おわりに	10
謝辞	10
参考文献	10
付録A 台風によるコンテナターミナルの代表的な被害事例	12
付録B コンテナターミナル諸施設・設備における浸水深・被害関係の整理事例	21
付録C コンテナターミナル諸施設・設備に対する対策メニューの整理事例	36
付録D モデルコンテナターミナルのストレストテストの入力条件と結果	68
付録E 「コンテナターミナルの高潮浸水リスク評価に係る勉強会」の開催概要	85



## 1. はじめに

### 1.1 本研究の位置づけ

我が国の物流を支えるコンテナターミナル（以下、CTと称する。）では、高潮・波浪による浸水被害と機能停止が近年多発している<sup>1),2)</sup>。気候変動の影響による高潮・波浪作用の増大<sup>3)</sup>および海面上昇<sup>4)</sup>により、そのリスクはさらに高まる。これを回避するためにはハード・ソフトに跨がる各種対策の検討と関係者の合意が必要<sup>5),6),7),8)</sup>となるが、CTは多様な施設から構成されており（図-1）、各施設の対策がCT全体として提供するサービスの継続性や強靱性向上に対してどの程度寄与するかを定量的に明示できないため、抜本的な対策の実現は難しいのが現状である。

本研究では上記課題に対応した検討フレームを提案し、その実現に向けた端緒としてストレステスト（以下、STと称する。）を活用した、CT全体としての浸水脆弱性と浸水対策効果を簡易的に評価できる実務的な手法を提案する。さらに、モデルCTを対象としたSTによる浸水脆弱性の評価と改善検討の事例を紹介する。なお、本研究では、目標性能をあらかじめ固定的に設定するのではなく、ストレステストにより脆弱性構造および機能停止の支配要因を可視化し、その結果を基礎として関係者間で合意形成を図りながら段階的に目標性能を設定する方法論を提案する。

本資料は、著者らによる既発表論文<sup>9)</sup>の内容に加筆をして、まとめたものである。既発表論文では紙面の都合のために掲載できなかったストレステスト実施に必要な詳細情報を付録資料として新たに追加している。また、本提案手法の実務への適用にあたっての留意点等についても付記している（3.4）。

### 1.2 ストレステスト（ST）の概要

STは、金融分野では、例外的だが蓋然性のあるイベントが発生した場合に、金融機関が被る潜在的な損失を検証する手法と定義されている<sup>10)</sup>。原子力分野では、発電所が想定を超える地震や津波等に襲われ、その作用が徐々に増大したときに、安全上重要な施設や機器がどの程度まで耐えられるのかを調べた上で、総合的に安全裕度を評価するものと定義されている<sup>11),12),13)</sup>。また、オランダでは、気候変動への適応方策の検討のためにSTが適用されている<sup>14)</sup>。

従って、STは、ある対象やシステムに対して想定を超える負荷（ストレス）が作用した場合に、どの程度の安全性や耐久性等の余裕があるかを評価する試験である。

## 2. 検討フレームとストレステスト

### 2.1 検討フレームの全体像

検討フレームの全体像を図-2に示す。本検討フレームでは、初めにCT全体（システム）として求められる提供機能と機能を維持するための必要施設を特定する。次に、浸水被害に対するCT全体としての目標性能を設定する。目標は想定される浸水事象発生からCT全体の機能再開までの復旧期間などとする。

次に、STの準備として、全施設の浸水深と復旧期間・復旧費用の関係と、対策方法を網羅的に整理する。そして、これらの情報を統合し、対象CTに対して岸壁上浸水深（岸壁の海側法線の天端面を基準とした浸水深）を徐々に増大させた際の、CT全体での浸水被害（復旧期間・工費）の応答状況を把握し（STの実施）、弱点となる施設や被害事象、クリフエッジ（被害が急拡大するポイント）の特定やその改善検討を行う。最終的には、STの結果を参考としつつ、対策に係る関係者にて対策計画について合意し、実際の対策事業に移行する。

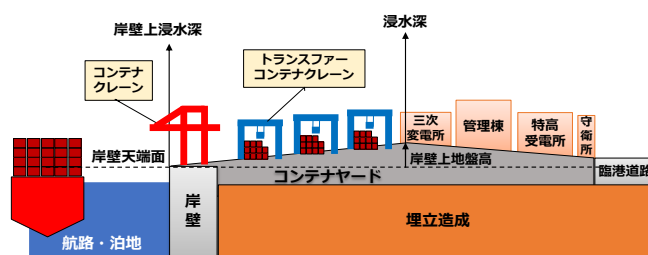


図-1 コンテナターミナルの施設配置イメージ

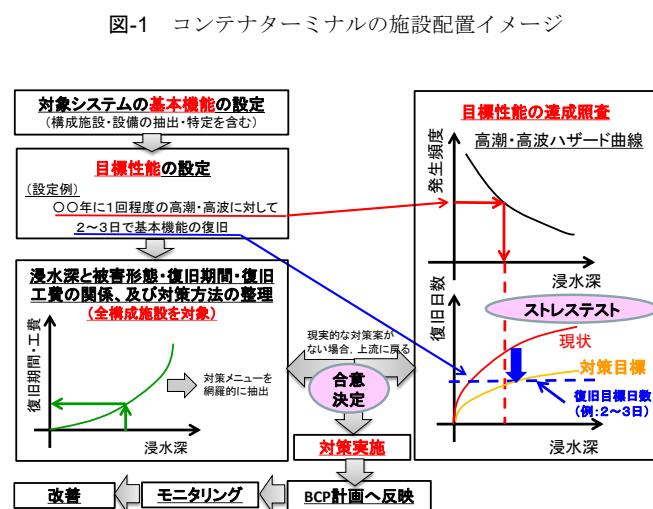


図-2 検討フレームの全体像とストレステストの位置づけ

対策実施後は、その内容を CT 関係者による事業継続計画や港湾全体の事業継続計画<sup>12),13)</sup>などに反映し、施設状況のモニタリングやメンテナンスを継続し、必要に応じて対策内容のさらなる改善や見直しを図る。これら一連のプロセスが提案する検討フレームである。なお、本フレームはどのような規模のCTにも適用可能である。

## 2.2 ST 実施に必要となる準備

### (1)CT 全体としての提供機能の整理と対象施設の抽出

CT の提供機能に関する整理結果を図-3 および表-1 に示す。本表より、CT 全体として機能するためには、CT へのコンテナの受入・蔵置やCT外へのコンテナの搬出に係る7つの基本機能が、同時かつ継続的に提供されている必要があることがわかる。その他機能は、夜間の荷役作業やリーファコンテナ（冷蔵・冷凍コンテナ）の蔵置が必要な場合など、対象CTの特徴に応じて必要となる機能である。

次に、これらの提供機能を維持するための施設（浸水被害軽減検討の対象となり得る施設）の抽出結果の事例を表-2 に示す。CT 内の対策で対応することができるのは、基本機能の③～⑦に関係する施設であり、CTの浸水被害対策を検討する際には、基本機能の維持や早期回復に係る施設を優先し、具体的な対策を講じることになる。なお、同表から、CT内の多くの施設は電気供給が必要であり、3章であらためて示すが、CTの浸水対策にとって電気系統の防護が重要であることが示唆される。

### (2)CT 全体としての目標性能の設定

CTの浸水被害軽減検討を行うためには、CT全体としての目標性能を設定する。例えば、目標性能は、想定される浸水深に対する、対象コンテナターミナルの被災発生から提供機能の再開までの期間（目標復旧期間）や復旧費用などとする事ができる。

想定する浸水事象は、浸水深（対象地点での地盤面からの浸水深）のハザード曲線（高潮・波浪の重畳作用による浸水深とその発生確率との関係）から設定することが望ましいが、データがない場合が多い。このため、現時点では、想定浸水深は過去の浸水被害事例や、文献5)に示されている「①堤外地（海岸保全施設より海側の埋立地など）で浸水被害が発生するものの堤内地で浸水していない状況（中・小規模の高潮）」などを参考として設定する。

なお、対象コンテナターミナルに係る幅広い関係者での浸水被害軽減対策を検討する際には、当該ターミナルの機能維持や浸水被害程度に影響を及ぼすと考えら

表-1 CT 全体として求められる提供機能の整理結果

機能の分類	機能の概要
①コンテナ船の入出港の機能	コンテナ船が対象とする係留施設近くまで入港・出港できる機能
②コンテナ船の着岸・係留・離岸の機能	所定の係留施設に対してコンテナ船が接岸・係留・離岸できる機能
③船内荷役の機能	係留中のコンテナ船に対して、コンテナクレーン等によりコンテナの積み下ろしができる機能
④沿岸荷役の機能	コンテナクレーンとコンテナ蔵置位置との間で、構内トレーラ等によりコンテナを移動させることができる機能
⑤コンテナの蔵置機能	コンテナ（実入り、空）を積み上げる等して蔵置できる機能
⑥コンテナの引渡し・引取り機能	構外から入構してきたトレーラに対して、蔵置コンテナを積み下ろしができる機能
⑦ゲートチェックアウト/イン	構外から入構するトレーラの出入り管理を行う機能
a) リーフアコンテナ（冷蔵・冷凍コンテナ）の蔵置機能	電源施設等の提供によるリーファコンテナを蔵置する機能
b) 夜間作業の機能	夜間に各種の荷役作業等ができる機能
c) 国際港湾施設の保安機能	国際船舶・港湾保安法に基づく国際港湾施設としての保安の確保等の機能
d) 通関・検疫機能	通関・検疫ができる機能

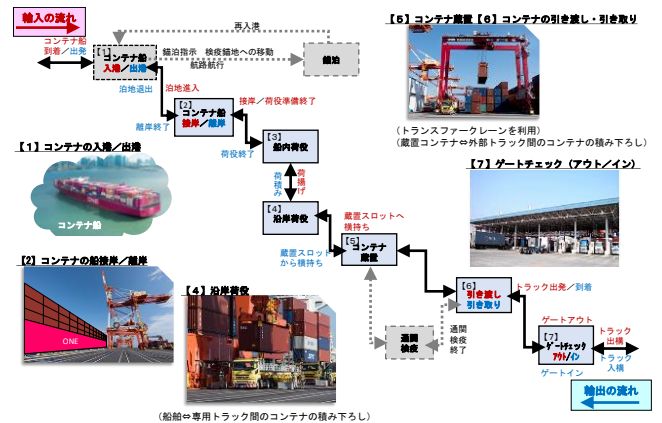


図-3 CT 全体として最低限求められる基本機能（提供機能）

表-2 浸水被害軽減対策の対象施設の抽出事例

対象施設	名称	仕様等	CTの提供機能		モデルCT	
			基本機能	その他機能	箇所・基数等	岸壁土地盤高(m)
特高受変電所*		22000 V	○	—	1箇所	1.5
現場変電所(RTG用)*		6600 V	○	—	1箇所	1.3
現場変電所(リーファ用)*		6600 V	○	—	1箇所	2.8
コンテナクレーン*		6600 V	○	—	3基	0.0
トランスファークレーン(RTG)**		6600 V	○	—	4基	1.0~2.7
トラクターヘッド		軽油	○	—	8台	0.5
シャシー		—	○	—	8台	0.5
トップリフター		軽油	○	—	1台	0.5
フォークリフト		軽油	○	—	1台	0.5
管理棟(オペレーションシステム含む)*		400 V以下	○	—	1箇所	1.8
ゲート(ゲートハウス)*		400 V以下	○	—	1箇所	1.3
照明塔*		400 V以下	—	夜間作業	6基	1.0~2.7
給油所*		400 V以下	—	—	1箇所	1.4
守衛室*		400 V以下	—	—	1箇所	1.3
監視カメラ*		400 V以下	—	保安	1台	1.0
フェンス(センサー)		400 V以下	—	保安	1台	0.0
メンテナンスショップ*		400 V以下	—	—	—	—
危険物貯蔵庫*		400 V以下	—	—	—	—
洗浄施設*		400 V以下	—	—	—	—
蔵置コンテナ(実入り)		—	—	—	—	—
蔵置コンテナ(空)		—	—	—	—	—
蔵置リーファコンテナ*		400 V以下	—	リーファコンテナ蔵置	—	—
リーファ電源*		400 V以下	—	リーファコンテナ蔵置	1列	2.8
コンテナヤード		—	○	—	—	—
構内道路		—	○	—	—	—

\*: 電気供給が必要な施設(コンテナターミナル敷地内)

\*\* : ディーゼルエンジンでの発電により電気を供給する機種もあるが、モデルとして多様な設備を考慮する観点で電動化設備を想定。

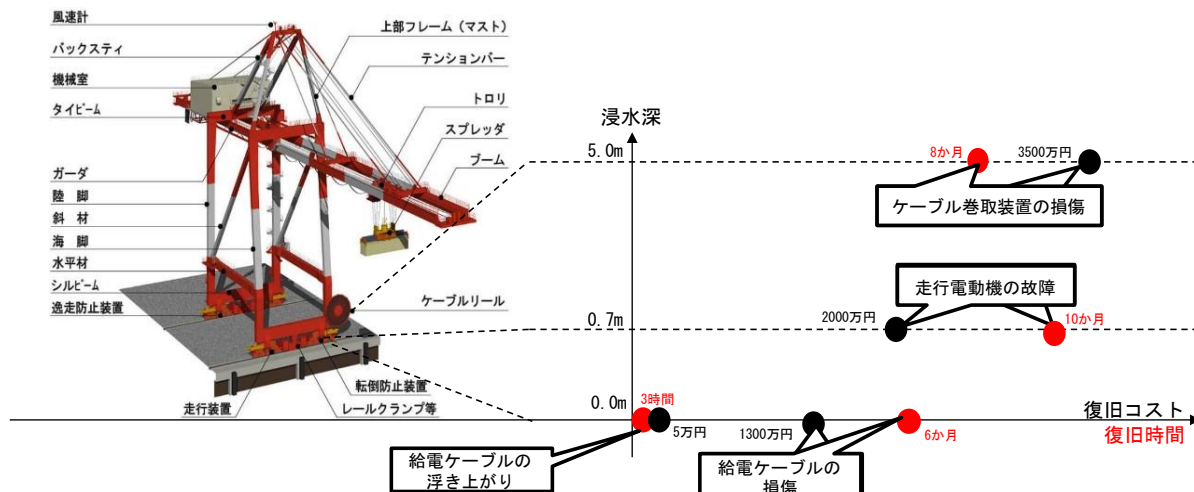


図-4 コンテナクレーンの浸水深と復旧期間・復旧費用との関係（メーカー等へのヒアリングの結果）

れる周辺施設（防波堤、泊地、航路、係留施設、護岸、臨港道路など）についても対象とし、検討範囲を拡大した上で目標性能を定める必要がある。付録A「台風によるコンテナターミナルの代表的な被害事例」に示すとおり、コンテナターミナル等の荷役機能を停止させる要因は様々であり、本来はターミナル外の施設・設備も対象としてSTを実施すべきであるが、今後の検討課題とする。

(3) 各施設の浸水深と復旧期間・復旧費用の関係整理

STの準備として、全施設の浸水深と復旧期間・復旧費用の関係、および対策方法を網羅的に整理する。

例示として、コンテナクレーンにおける浸水深と復旧期間・復旧費用（以下、浸水深・被害関係と呼称する。）の整理結果を図-4に示す。本図にて浸水深0mでも被害が発生しているが、これは潮位は壁天端を上回らないものの、遡上してくる波浪の影響で給電ケーブルが浮き上がり、損傷した事例があったことを反映している。ケーブルの再調達には、メーカー側の調達状況によっては、最大で6か月を要する可能性がある。さらに、浸水深が増大すると走行電動機が損傷し、さらに大きな復旧期間・費用が必要になる。なお、付録BにCT内の主要な施設・設備における浸水深・被害関係の整理結果の事例を示す。

次に、図-5に各施設の浸水深・被害関係の整理事例（メーカー等へのヒアリング結果）を示す。本図を俯瞰すると、コンテナクレーン、特高受変電所（発電所から送電線で送られる2万Vの特別高圧電力を6600Vの高圧電力に変圧）および現場変電所（6600Vから400V以下へ変圧）などの高圧電力に関する施設にて浸水被害が発生すると、復旧期間・費用ともに大きくなる。こ

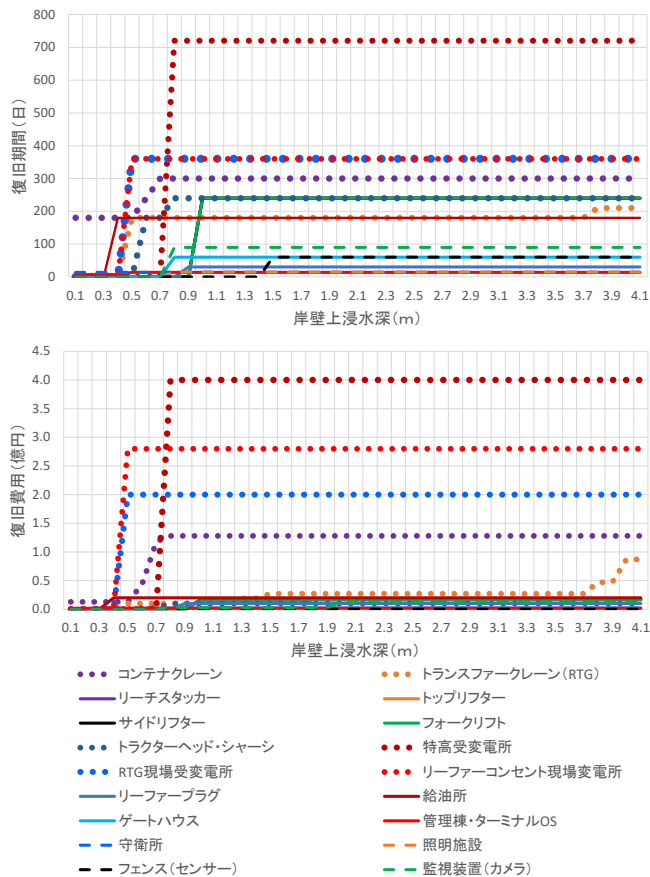


図-5 各施設の浸水深・被害関係の整理事例

これらの結果は、浸水対策を優先すべき施設の特定に活用できる。

(4) 各施設の浸水被害対策の包括的整理

各施設に対する浸水被害対策は、多種多様な方法が存在するが、フェーズドアプローチ<sup>17),18)</sup>(以下、FAと呼称する。)の考え方を参考とすると、関係者において「包括的な対策案の抽出・整理」が可能となる。図-6に、FAの考え方をCTの浸水被害対策に適用した場合の対策分類の考え方を示す。なお、FAは原子力施設の安全対策の検討に適用されている考え方であり、深層防護(多段階の安全対策)の考え方<sup>19),20),21)</sup>を対策実施の時系列に沿って段階的に整理し、各フェーズに応じた適切な安全対策を講じるための手法である。これにより、設計・運用・緊急時対応の各段階でのリスク低減が可能となる。

図-6に沿って、この考え方を説明する。図の上部には、通常時から台風の来襲前・来襲中・来襲後までの時間変化とCTの運用上の主要イベントを示している。台風に対するCTの機能維持のための対策としては、図中に示す5つの対策が考えられる。①恒久施設による対応は、代替

の利かない耐用年数が長い施設による対策である。例えば、岸壁や地盤の嵩上げなど、公共性の高い土木施設を活用した浸水対策が該当する。また、浸水リスクの低い場所や高さに建築施設を整備する対策などが該当する。次に、②恒久設備による対応は、耐用年数が数十年程度と比較的長い設備による対策である。対象設備は、コンテナクレーンや受電配電設備などである。例えば、耐浸水性の高いコンテナクレーンへの更新、受電・配電設備の更新時における嵩上げなどが該当する。これらの恒久施設・設備を活用した浸水対策は、施設・設備を新規に整備する段階や更新・大規模修繕を行う際に実施することが効果的である。しかしながら、これらの対策で完全に浸水被害を抑止できれば理想的ではあるが、実際には整備コストや更新時期が合わなかったり、更新工事に伴う供用停止が許されないなどの問題により、実現できないことも多い。

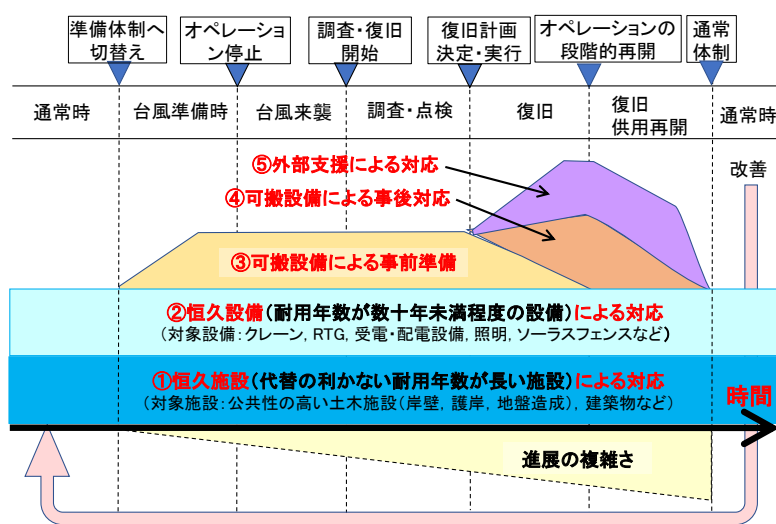


図-6 台風に対するコンテナターミナルにおける対策メニューの分類の考え方(概念図)

表-3 コンテナクレーンにおける浸水被害対策メニューの抽出事例

損傷部材	設置高(m)	対策メニュー	恒久対策	可搬設備による対応		外部支援による対応	実現性・備考	実施工期	実施コスト(万円)
				事前対応	事後対応				
クレーン本体	-	外部からの既設クレーンの運搬・設置	-	-	-	○	無 4日以上かかる。	要確認	要確認
	-	連続バース内で、複数基整備し、供用可能なものを融通	○	○	-	○	有 協定の締結が必要。 クレーンの重量により、岸壁が持たない場合がある。 クレーンの軌道を連続バース内で連結させる必要がある。	要確認	要確認
給電ケーブル	0.0	流出防止用の土嚢・鉄板の仮設	-	○	-	-	有 -	1日	5
		予備品の購入・保管(650m/1巻)	-	○	○	-	有 -	要確認	1500
走行電動機	0.7	高位置への設置	○	-	-	-	有 走行ユニット(走行電動機、リンク部、減速機)全体への対策が必要。	要確認	要確認

このため、次に検討すべきは、③可搬設備による事前準備となる。この対応は、台風等の来襲前に、土のうや止水版などの可搬設備を設置し、台風来襲期間だけ浸水被害に対する防護レベルを向上させる対策である。空コンテナを台風前に固縛し、コンテナの倒壊・飛散を防ぐ対策も該当する。また、構内トラックなど移動可能な設備を、浸水被害が発生しづらい高台へ一時的に移動させ、浸水被害低減を図る対策も含まれる。③可搬設備による事前対策は、恒久的な対策に比較すると浸水被害低減効果は小さいが、比較的 low コストで実施できるものが多く、既存 CT の浸水対策への適用性が高い。

ここまで対策を実施しても、実際に台風が来襲した場合は何らかの設備の稼働停止が発生する可能性がある。次の対策としては、④可搬設備による事後対応となる。事前準備をしておいた可搬設備を応急的に投入することで、長期間の機能停止を回避する対策である。電気供給の停止に備えた臨時発電機の準備などが該当する。

それでも対応が困難な場合への備えとして、⑤外部支援による対応がある。台風等の来襲時に何らかの設備の稼働停止が発生した場合に、隣接する港湾や関係機関が保有している可搬設備や供用可能な部品等を応急的に投入することで、長期間の機能停止を回避する対策である。災害対応に資する可搬設備を平時から備えておくためには初期投資や維持管理費が生じるが、あらかじめ災害時の連携協定などを締結し、複数の関係機関で設備を共同保有することでコストを平準化するなどの工夫は可能であり、合理的な対策となり得る。

以上に示した対策の考え方にに基づき、コンテナクレーンの浸水対策メニューを整理した事例を表-3に示す。コンテナクレーンでは、ケーブルの浮き上がりに対しては、

ケーブル溝上への土嚢等の設置、仮設蓋の設置などを講じることが考えられる。給電ケーブルの損傷に対しては、自社で予備品を保有する、あるいは数社で共同保有する方策も取りうる。ただし、給電ケーブルの保管期間や保管方法によっては、給電ケーブルが劣化し、使用不可能となることに留意が必要である。走行電動機の浸水損傷については、クレーン更新時に設計段階で与条件として考慮しておけば十分に対応可能である。こうした対策を関係者で俯瞰し、有効な対策や対策の組合せを選定していくことになる。なお、付録CにCT内の主要な施設・設備における浸水対策メニューの整理結果の事例を示す。

### 2.3 ST による浸水脆弱性の評価と対策シナリオの検討

2.2(3)で整理した全施設の浸水深・被害関係の情報を、各施設の岸壁上の設置高さ（地盤高）を考慮した上で統合する。その上で、対象 CT に対して岸壁上浸水深を徐々に増大させ、各対象施設において浸水により損傷を受ける水深に達した場合に被害が発生するものと判定し、その浸水深に至るまでの全被害施設の復旧費用の合計値（累積復旧費用）を算出する。復旧期間については、全被害施設の中で最も復旧期間が長いものを、CT 全体としての復旧期間とする。

この検討（ST の実施）を通じて、CT の浸水脆弱性を復旧費用の大きさや復旧期間の長さで評価することができる。具体的には、ターミナル上の浸水深が増大すると、各施設・設備においてどのような損傷がいつ発生し、その損傷によりターミナル機能がどの程度低下し、その復旧に要する費用や期間がどのように増大するかを把握することができる。また、復旧費用や復旧期間を急増させる弱点となる損傷部位や損傷形態なども特定することが

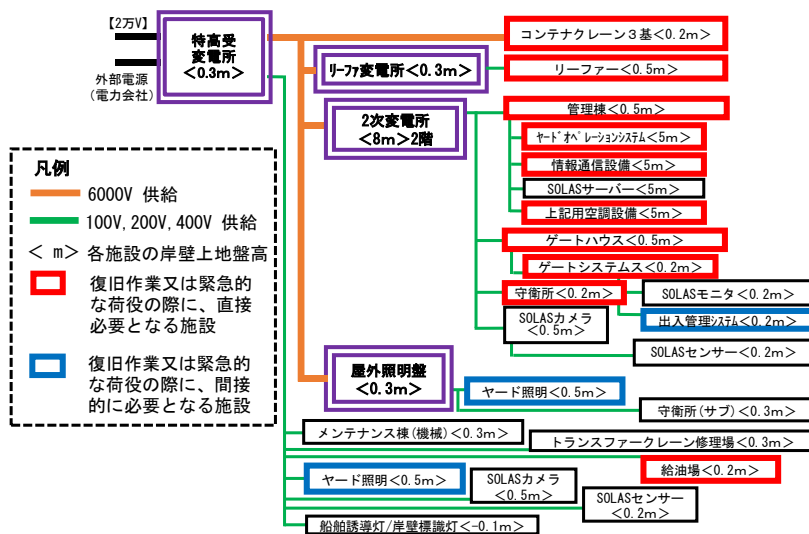


図-7 電気系統図と各施設の岸壁上地盤高

できる。そして、弱点に対して適切な対策を図ることで、CT全体としての浸水脆弱性の改善につながる。

なお、先述のとおり、CTを構成する施設・設備の多くは電気により作動するため、電気系統が寸断されるとCTの機能は停止に至る。このため、CT内の電気系統図を活用すると、機能停止要因の考察を容易に行うことができる。図-7に、既存のCTの電気系統図に各施設の岸壁天端面からの高さの情報を付した図を示す。本図より、特高受変電所が被害を受けるとCTの機能は全て停止することが分かる。また、現場変電所が被害を受けると、ほとんどの施設・設備が稼働停止に至ることが分かる。このため、CTの機能を維持するためには、特高受変電所および現場変電所の防護が最も重要であることが分かる。

### 3. モデルコンテナターミナルへの適用事例

#### 3.1 はじめに

本章では、既存のCTを参考としてモデルCTを設定し、2章で提案した手法を適用した結果の概要を示す。なお、詳細なデータについては付録Dを参照されたい。

#### 3.2 STによる浸水脆弱性の評価（無対策の場合）

既存のCTを参考としてモデルCTを設定した。対象施設と、その基数や地盤高は表-2に示すとおりである。

##### (1) STの結果

図-8に、岸壁上浸水深を徐々に増大させた際のSTの結果を示す。無対策の場合（図中：水色線）、浸水深が0.1mでもコンテナクレーンの電源ケーブルが損傷するため（図-4）、その復旧に180日も要することになる。そ

表-4 モデルCTを対象としたストレステストのケース一覧

ケース	基本戦略	対策時期と対策規模	試算における対策内容
無対策	—	—	—
ケースA	可搬設備のみで比較的小規模な高潮に対応	短期的な取組み	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気設備を脱着式止水版（0.6m）で防護</li> <li>GC電源ケーブルを台風前に土嚢で防護</li> </ul>
ケースB	浸水が発生しても、重要施設の被災を防いで早期復旧	中期的な取組み （重要施設の更新時など）	<ul style="list-style-type: none"> <li>全ての受変電所・分電盤を2階（3.0m）に嵩上げ、</li> <li>GCの足元の電動機を1.0mまで嵩上げ</li> <li>GC電源ケーブルを台風前に土嚢で防護</li> </ul>
ケースC	ふ頭用地を防護することにより浸水を防ぐ	長期的な取組み （CTの新設・大規模更新時など）	<ul style="list-style-type: none"> <li>GCの海側に防潮壁（高さ0.5m）を設置</li> </ul>

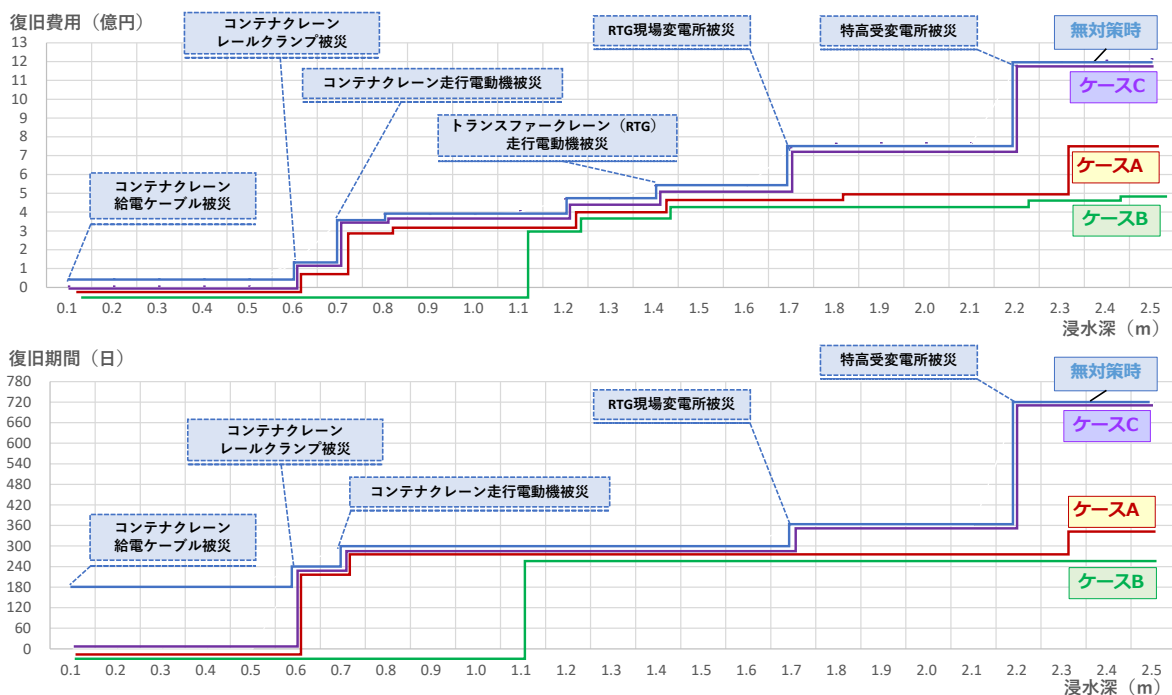


図-8 ストレステストの結果（岸壁上浸水深とCTの復旧期間・復旧費用との関係）

して、コンテナクレーンの損傷は浸水深 0.6 m でレールクランプに、0.7 m で走行電動機にて発生し、復旧期間・復旧費用はさらに増大する。その後、浸水深 1.6 m まではトップリフター等の小型の荷役機械のエンジン部の損傷等により復旧費用は漸増する。その一方で、コンテナクレーンの走行電動機の復旧に 300 日を要するため、浸水深 1.6 m までは復旧期間は増大しない。

浸水深 1.6 m 以降は、高潮・波浪による浸水というよりは、津波による浸水と捉えるべきであるかも知れないが、浸水深 1.7 m に至ると電動のトランスファークレーン (RTG) を導入している場合には RTG 用の現場変電所が被災し、2.2 m に至ると特高受変電所が被災し、復旧期間・費用はさらに増大する。特高受変電所が被災すると、復旧に 2 年間程度を要する場合もあり、容易に浸水させてはならない施設であることが分かる。

#### (2) STの空間的可視化

図-9 はモデル化した CT (無対策のケース) の代表的な側線での横断面を模式的に示したものであり、各施設的位置・設置高 (岸壁天端面を基準) と各施設の岸壁上浸水深に対する被害事象を盛り込んだものである。本図から、想定される岸壁上浸水深に対して、浸水による被災リスクが高い施設・設備を容易に特定することができる。また、対策を実施した場合の効果の範囲を視覚的に把握することができるため、対策方針の検討にも有用である。

例えば、管理棟や特高受変電所などの重要施設や各建物内部の電気施設等をそれぞれどの程度嵩上げすれば、CTの主要な電気系統の浸水被害から防護できるのかなどの検討を、本図を用いて視覚的に実施することができる。

また、別の例としては、ターミナルの周辺 (海側、陸側、およびターミナルの側方) からの浸水に対して、ターミナル囲む防潮壁を設置する場合を想定すると、本図を用いれば防潮壁の設置により防護される範囲を空間的・視覚的に容易に把握することができる。本ケースの場合、浸水深 2 m に対応する高さの防潮壁を設置すると、特高受変電所などの重要な電気施設を防護することができる。もちろん高さ 2 m の防潮壁の設置はターミナルの利用上の観点から現実的ではないので、実際には防潮壁の高さを徐々に下げていき、最適となる壁高を探索することになる。なお、係留施設とその背後施設の浸水の対策手法として、嵩上げと防潮壁を設置した事例が文献22)にまとめられており、参考とすることができる。

以上に示したとおり、STの空間的に可視化できるような図面は、効果的な浸水対策の方針を検討するために活用することができる。

### 3.3 STによる浸水脆弱性の評価 (対策有りの場合)

無対策の結果を踏まえ、本研究では表-4 に示す 3 ケースの対策を立案し、試行的に ST を実施した。以下、各ケースの対策の基本的考え方と、ST の結果を示す。なお、本節で示す対策費用はヒアリングの結果から設定したものである。

#### (1) ケース A

ケース A は、「可搬設備のみで比較的小規模な高潮に対応」を基本的な戦略とし、対応コストを抑えた短期的 (1 年程度を想定) な対策を目指している。具体的な対策は、電気設備の着脱式止水版 (0.6 m) での防護、コンテナクレーンの電源ケーブルの土嚢での防護であり、対策費用は 500 万円程度である。図-8 より、本ケースは、無対策に比べて浸水深が小さい範囲 (0.5 m 未満) では大幅な復旧期間の短縮を図ることができ、それ以降浸水深が増大しても復旧期間は増加せず、有効な対策であると言える。なお、可搬設備による対策費用は、人件費は含まれていない費用である。

#### (2) ケース B

ケース B は、「浸水が発生しても、重要施設の被災を防いで早期復旧を目指す」を基本的な戦略とし、重要設備 (変電所や分電盤など) の更新時に合わせて中期的 (数十年程度を想定) に対策を実施することを目指している。具体的な対策は、全ての受変電所・分電盤を 2 階 (3.0 m) に設置、コンテナクレーンの足元の電動機の嵩上げ (1.0 m) である。これらの対策を既存設備の改良として実施すると 12 億円程度要するが、設備更新時であれば通常の更新費用に多少のコスト増で対応できる。図-8 より、本ケースは無対策に比べて浸水深が小さい範囲 (0.5 m 未満) では大幅な復旧期間の短縮を図ることができ、それ以降浸水深が増大しても復旧期間は増加せず、有効な対策である。

#### (3) ケース C

ケース C は、「ふ頭用地を防護することにより浸水を防ぐ」を基本的な戦略とし、CTの新設や既存CTの大規模更新時などに合わせて対策を行う、長期的 (数十年程度以上) な取組みを想定している。本ケースの具体的な対策は、既存CTを対象とし、コンテナクレーンの海側とその他CTを囲む3面全てに防潮壁 (高さ 0.5 m) を設置する対策とした (6 億円程度)。図-8 より、本ケースの場合、防潮壁の壁高 0.5 m に至るまでは被害は発生しないが、壁高を超えると被害が一気に甚大化し (浸水深 0.6

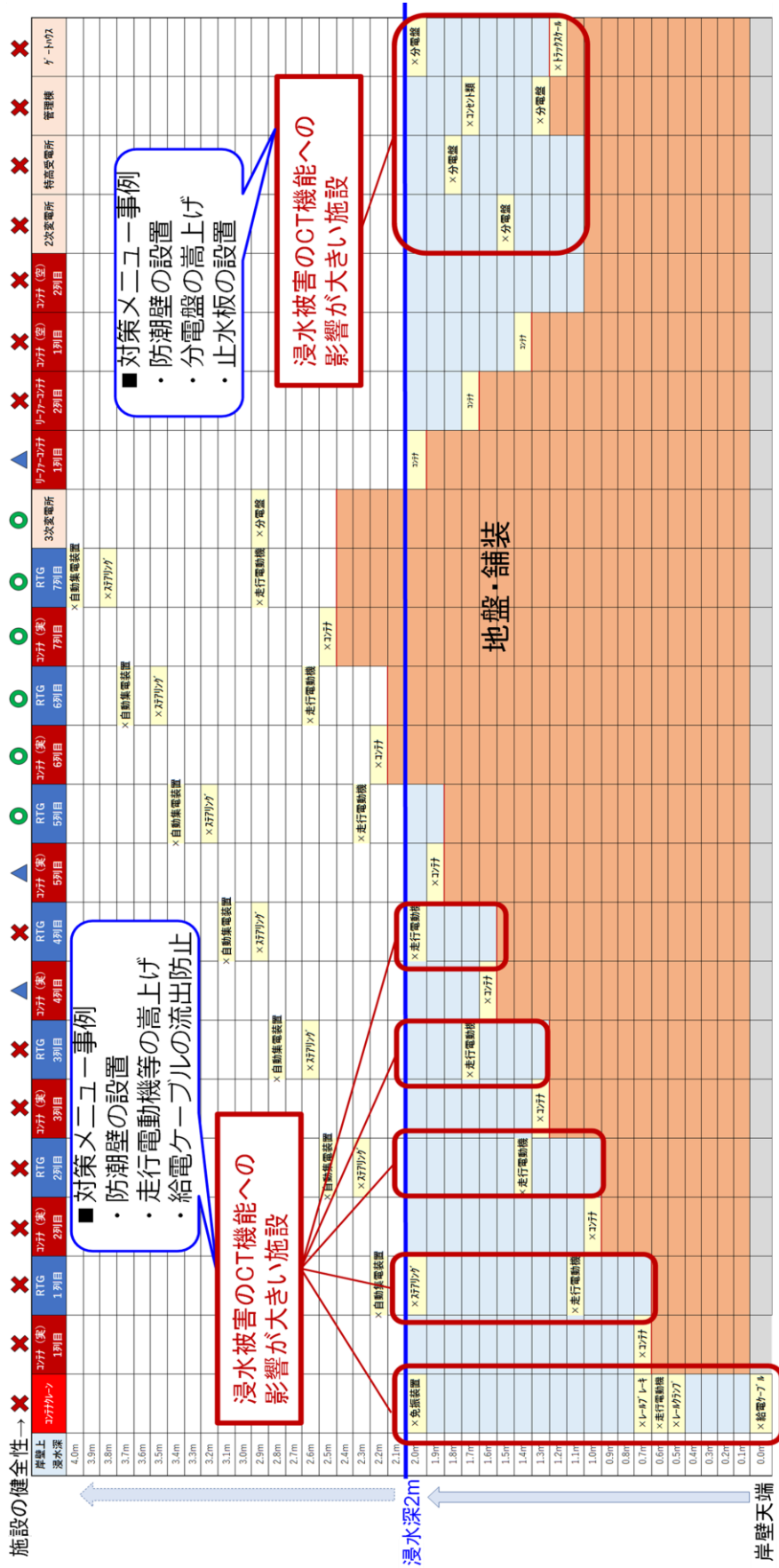


図-9 コンテナターミナル内の各施設の配置状況及び岸壁上浸水深に対応した浸水被害状況

m 以降は無対策と同じ被害を受けるため)、復旧期間も増大する結果となった。本対策ケースは、工費を要する防潮壁を設置したものの、結果的には冗長性のない対策内容であったと言える。この結果は、防潮壁の効果を高めるためには、背後の電気施設に可搬型止水板を設置するなど、システム全体としての防護効果が高くなる良好な対策の組合せを十分に考慮する必要性を示唆するものであった。

#### (4) 今後に向けた課題

本研究では、様々な対策の組み合わせがある中で、3ケースのみに限定して ST を実施し、各々の対策効果を評価したが、実務で活用するためには十分ではないと考えられる。実際には、対策に係る制約条件(予算、工期等)のもとで目標性能を満足する最適な対策組合せを探索する必要があるが、本テーマは今後の課題とする。

### 3.4 ST の実適用にあたっての留意点

本研究で提案する ST を実際に適用するにあたっては、以下の留意点および限界を十分に認識する必要がある。

#### (1) 浸水に対する CT の防護水準の設定に関する留意点

CT の浸水被害軽減検討を実際に行うためには、本来、「対象とする浸水深とその発生頻度(再現期間)」と、「CT 全体としての目標とする性能(目標性能)」の両者を具体的に設定する必要がある。しかしながら、前者、すなわち岸壁上浸水深に関する体系的なハザード情報は十分に検討されていない。後者については、そもそも岸壁や CT の計画・設計時点で、どの程度の再現期間の潮位・波浪に対して、どの程度の浸水深に抑えるべきかという目標がなく、実務では検討が十分になされていない現状にある。それゆえに、CT の浸水に対する防護の水準(防護水準)も明確ではない状況にある。

このため、本研究では CT 全体の浸水被害に対する目標性能の考え方の提示には踏み込んでいない。一方、現時点では浸水に対して具備する CT の性能(機能停止する想定期間など)を把握する効果的な手法は、著者らの知り得る限り存在しない。このため、ST の活用により、その性能を把握できるようにし、関係者が浸水に対する CT への対策目標や対策内容を決定しやすい方法論を提示することに力点を置いた。

ST を実際に CT へ適用する際には、浸水深に関するハザード情報が欠落していたり、明確な防護目標がなかったりする場合がほとんどであると考えられるが、そのような条件下でも ST を実施し、関係者における浸水被害対

策の方向性の一致を得られるように、ST の結果が効果的に活用されることが期待される。

#### (2) 被害メカニズムの単純化

本手法では、静水面を保ちつつ増大すると仮定した浸水深を主要な評価指標としているが、実際の被害発生には、流速、流向、漂流物の衝突、浮力作用等が影響する可能性がある。また、実際の作用水位は、天文潮位、高潮偏差に加え、波浪による打上げの影響により一時的に増大する可能性があるが、これらの効果は明示的には考慮していない。

本手法では、こうした影響は評価対象外としており、実際の被害規模を過小評価する可能性がある点に留意する必要がある。

#### (3) 復旧期間・復旧費用の単純化

浸水による復旧期間および復旧費用については、過去の被害事例や関係者ヒアリングに基づく代表的な値を用いて整理している。このため、対象とする施設・設備や、その仕様が異なれば復旧期間・復旧費用は大きく変動する可能性がある。

これらに加えて、同時多発的な被害発生時における人員・資機材の不足、外部電力や通信・データインフラの復旧遅延等の社会的要因については、十分に反映できていない。特に、近年はローカル 5G やクラウドサーバなどの通信・データインフラを活用した CT の運用が進みつつあるが、通信キャリアやデータサーバーのサービス停止によるターミナル作業への影響については別途検討する必要がある。

#### (4) 施設・設備条件の一様化

本手法では、設備の設置高さ、耐水仕様、更新年代等の違いを一定程度簡略化して扱っている。このため、個別ターミナル固有の設備配置や仕様を詳細に反映する場合には、評価条件の調整や補足的検討が必要となる。

#### (5) 漂流物・二次被害の未考慮

台風時には、空コンテナが漂流・移動することで、クレーン脚部、受電・変電設備、建屋外壁等に衝突し、二次的な損傷が発生する可能性がある。本手法では、こうした漂流物に起因する二次被害については評価対象外としており、実際の被害規模を過小評価する可能性がある点に留意する必要がある。

#### (6) 危険物に起因する被害の未考慮

危険物（可燃物、爆発物等）を積載したコンテナが損傷した場合、漏洩や爆発等により、周辺設備の損壊や長期間の作業停止、安全確認・規制対応の長期化といった二次・三次被害が生じる可能性がある。本手法では、こうした危険物コンテナに起因する被害については評価対象としていない。

#### (7) 運用・マネジメント要因の未考慮

台風接近時の事前対応（荷役停止判断、設備退避、係留強化等）や、オペレーターおよび港湾管理者のBCP運用レベルの違いは、被害の程度や復旧期間に大きく影響する。本手法では、こうした運用・マネジメント要因を考慮していない。

#### (8) 対象ハザードの限定

本手法は、高潮による浸水被害を主たる対象としており、強風に起因するコンテナクレーンの倒壊・損傷、コンテナの飛散等の被害は評価対象外としている。また、雷・落雷に伴う停電や電気設備の故障についても、本手法の評価範囲には含めていない。このため、強風被害や電力障害が支配的となる事例については、本手法による被害全体の把握はできない。

#### (9) 周辺インフラの未考慮

本手法では、CTの施設自体の浸水被害に着目しており、臨港道路、橋梁、トンネル等のアクセスインフラや、防波堤、護岸、航路等の港湾施設の損傷・機能低下は直接的な評価対象としていない。また、ターミナル自体の被害が軽微であっても周辺インフラや周辺ターミナル（ROROターミナル、フェリーターミナル、バルクターミナルなど）の被災により物流機能が停止・制限されるようなケースについては、十分に反映できない点に注意が必要である。

#### (10) 評価結果の解釈

本手法による評価結果は、ターミナル間の相対比較や弱点抽出を目的とするものであり、被害発生確率や絶対的な安全性を示すものではない。台風による被害リスクを総合的に評価するためには、強風被害、周辺インフラ被害、さらには地震・津波等の他ハザードを含めた多角的な検討が必要である。

## 4. おわりに

本研究では、CTの浸水対策を合理的に進めるための検討フレームと、ストレステストを活用することによりCT全体としての浸水脆弱性と浸水対策効果を定量的に評価できる実務的な手法を提案した。さらに、提案手法をモデルCTに適用し、浸水脆弱性の評価と改善検討を行い、同手法の有用性を示した。また、CTの機能維持には特高受変電所や現場変電所の防護が有効であることも示した。

今後は、提案手法を発展させ、CTの浸水被害対策の最適な組合せを探索し、CT以外のターミナル（ROROターミナル、フェリーターミナル、バルクターミナルなど）や堤外地にも適用できるよう改良することが求められる。これにより、港湾全体（大規模で複雑なシステム）の浸水脆弱性を評価し、改善策を検討する実務への応用が可能になる。

(2026年2月12日受付)

## 謝辞

本研究の実施にあたっては、「コンテナターミナルの高潮浸水リスク評価に係る勉強会」（令和2～3年度）の参加者および関係者より多大な協力を頂きました。勉強会の開催概要を付録Eに示すとともに、参加者・関係者の皆様に深く感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 森信人, 中條壯大, 安田誠宏, 片岡智哉, 鈴木高二朗, 有川太郎: 2018年台風第21号による高潮・高波災害の概要, 日本風工学会誌, 44(3), pp.288-293, 2019.
- 2) 小野憲司: 近年の台風災害の教訓を踏まえた港湾BCPの深化. *IATSS Review* (国際交通安全学会誌), 45(2), pp.134-142, 2020.
- 3) 本多和彦, 成田裕也, 平山克也, 高川智博, 森信人, 千田優: 日本沿岸の主要港湾における高潮・波浪への気候変動の影響評価, 国土技術政策総合研究所資料 No. 1302, 2025.
- 4) 文部科学省・気象庁: 日本の気候変動2025—大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書—(本編), pp.60-63. ([https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/2025/pdf/cc2025\\_honpen.pdf](https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/2025/pdf/cc2025_honpen.pdf)), 最終閲覧日 2025.4.1.
- 5) 国土交通省港湾局: 「港湾の堤外地等における高潮リスク低減方策ガイドライン(改訂版)」(平成31年3月), (<https://www.mlit.go.jp/common/001282935.pdf>), 最終閲覧日 2025.4.1.
- 6) 港湾における気候変動適応策の実装に向けた技術検討委員会(国土交通省港湾局): 「港湾における気候変動適応策の実装方針」(<https://www.mlit.go.jp/kowan/content/001->

- 730505.pdf), 最終閲覧日 2025.4.1.
- 7) 国土交通省港湾局:「協働防護計画作成ガイドライン (Ver.1.0)」(令和7年6月)  
(<https://www.mlit.go.jp/kowan/content/001892407.pdf>), 最終閲覧日 2026.1.8.
  - 8) 国土交通省港湾局:「港湾立地企業における気候変動リスク評価手法ガイドライン」(令和7年6月)  
(<https://www.mlit.go.jp/kowan/content/001892409.pdf>), 最終閲覧日 2026.1.8.
  - 9) 宮田正史, 竹信正寛, 大鳥靖樹, 小野憲司, 吉田郁政, 赤間康一, 神野竜之介, 富田孝史: ストレステストを活用したコンテナターミナルの浸水脆弱性・対策効果評価手法の提案, *土木学会論文集*, 81(18), 25-18048, 2025.
  - 10) 日本銀行金融機構局, 金融庁総合政策局・監督局: 共通シナリオに基づく一斉ストレステスト, *日銀レビュー* ([https://www.boj.or.jp/research/wps\\_rev/rev\\_2020/data/rev20j13.pdf](https://www.boj.or.jp/research/wps_rev/rev_2020/data/rev20j13.pdf)), 最終閲覧日 2025.4.1.
  - 11) 欧州連合における原子力発電所の包括的リスク・安全評価(「ストレステスト」とその関連活動に関する欧州委員会から欧州理事会と欧州議会への通達(日本原子力産業協会訳) ([https://www.jaif.or.jp/ja/joho/eu\\_stresstest-notice1210-04.pdf](https://www.jaif.or.jp/ja/joho/eu_stresstest-notice1210-04.pdf)), 最終閲覧日 2025.4.1.
  - 12) 東京電力株式会社: ストレステストの概要  
([https://www.tepco.co.jp/niiigata\\_hq/data/publication/backnumber/pdf/2011/23090802.pdf](https://www.tepco.co.jp/niiigata_hq/data/publication/backnumber/pdf/2011/23090802.pdf)), 最終閲覧日 2025.4.1.
  - 13) 東京電力株式会社: 福島第一原子力発電所における事故を踏まえた既設の発電用原子炉施設の安全性に関する総合的評価に関する評価手法及び実施計画 (<https://dl.ndl.go.jp/view/prepareDownload?itemId=info%3Andljp%2Fpid%2F6011712&contentNo=1>) 最終閲覧日 2025.4.1.
  - 14) de Klerk, I., van Koppen, K., and van Staveren, M.: Climate stress tests as a climate adaptation information tool in Dutch municipalities. *Climate risk management*, 33, 100318, 2021.
  - 15) 国土交通省港湾局:「港湾の事業継続計画策定ガイドライン(改訂版)」(令和2年5月)  
(<https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001345833.pdf>), 最終閲覧日 2025.4.1.
  - 16) 小野憲司 編著; 赤倉康寛, 角 浩美 著: 大規模災害時の港湾機能継続マネジメント: BCP 作成の理論と実践, 日本港湾協会, 2016.
  - 17) 川村慎一, 奈良林直: 東日本大震災における福島第二原子力発電所の緊急時対応の教訓を反映した原子力緊急時マネジメントシステムの改善, *日本原子力学会和文論文誌*, 15(2), pp.84-96, 2016.
  - 18) 東京電力株式会社: 当社の原子力発電プラントの安全確保に関する考え方  
(<https://www.tepco.co.jp/cc/direct/images/130-125a.pdf>) 最終閲覧日 2025.4.1.
  - 19) International Atomic Energy Agency (IAEA): Defense in depth in nuclear safety (INSAG-10), A report by the International Nuclear Safety Advisory Group, 1996.  
(<https://www.mlit.go.jp/kowan/kyosin/eq.htm>), Retrieved 2025.4.1.
  - 20) United States Nuclear Regulatory Commission (U.S.NRC): Historical review and observations of Defense-in-Depth, Office of Nuclear Regulatory Research, 2016.  
(<https://www.nrc.gov/do-cs/ML1610/ML16104A071.pdf>), Retrieved 2025.4.1.
  - 21) 木下富雄: 深層防護とリスクコミュニケーションー大規模感染症に対する社会心理学からの貢献ー, *心理学研究* (日本心理学会), 92(5), pp.482-494, 2021.
  - 22) 安部智久・伊藤直樹: 港湾利用に配慮した気候変動適応策に関する基本的検討: 嵩上げと防潮壁設置を中心に, 国総研資料No.1264, 2024.

## 付録A 台風によるコンテナターミナルの代表的な被害事例

### 1. はじめに

本付録では、国内外のコンテナターミナルにおける台風による代表的な被害事例を対象に、コンテナターミナルの施設・設備にどのような損傷が発生したかを中心に被害の種類（浸水、漂流、設備損傷等）に着目し、簡潔に紹介する。対象とした被害事例は、表-A.1 に示すとおりである。

表-A.1 対象とした台風によるコンテナターミナルの被害事例

対象事例		掲載箇所
台風	港湾（主な被災したコンテナターミナル）	
2009年（平成21年）台風18号	○三河港（神野ふ頭：第7号岸壁，第8号岸壁）	2.1
2018年（平成30年）台風21号	○神戸港（六甲アイランド，ポートアイランドに所在するコンテナターミナル） ○大阪港（夢洲・咲洲コンテナターミナル）	2.2
2019年（令和元年）台風15号	○横浜港（大黒ふ頭，本牧ふ頭，南本牧ふ頭に所在するコンテナターミナル） ○川崎港（川崎コンテナふ頭） ○東京港（大井コンテナふ頭，品川コンテナふ頭，青海コンテナふ頭，中央防波堤外側外貿コンテナふ頭）	2.3
2019年（令和元年）台風19号	○横浜港（大黒ふ頭，南本牧ふ頭に所在するコンテナターミナル） ○川崎港（川崎コンテナふ頭） ○東京港（大井コンテナふ頭，芝浦コンテナふ頭，青海コンテナふ頭，中央防波堤外側外貿コンテナふ頭，中央防波堤外側外貿コンテナふ頭）	2.4
2012年ハリケーン・サンディー（米国）	ニューヨーク港／ニュージャージー港	2.5

## 2. 台風によるコンテナターミナルの被害事例

### 2.1 2009年（平成21年）台風18号によるコンテナターミナル（三河港）の被害状況

#### (1) 概要

平成21年10月8日（木）6時頃，愛知県三河港（重要港湾）神野ふ頭7号及び8号岸壁背後に蔵置されていた空コンテナ136個が，台風18号の影響により，横転または散乱する被害が発生した<sup>1)</sup>（写真-A.2.1）。

#### (2) 外力条件（高潮・潮位・浸水）

- ・国土技術政策総合研究所の現地調査によれば，最高潮位は D.L.+4.40m，潮位偏差は最大約 2.6m に達した<sup>2)</sup>。
- ・神野西ふ頭周辺の地盤高との関係から，静水位としての浸水深は概ね 0.1～0.4m，波浪・風による上乗せを考慮すると最大で 0.7～0.9m 程度の浸水痕跡が確認されている<sup>1),2),3)</sup>（図-A.2.1）。



写真-A.2.1 被災状況写真<sup>1)</sup>  
（三河港神野ふ頭7号及び8号岸壁）

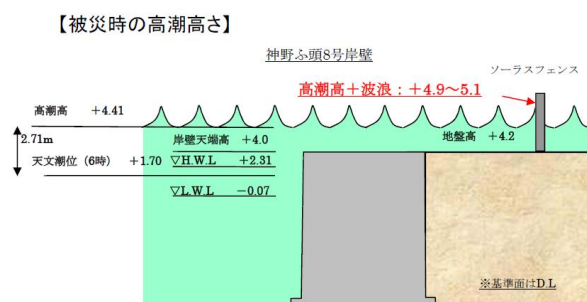


図-A.2.1 被災時の高潮高さ<sup>1)</sup>

#### (3) コンテナターミナルの被害<sup>2)</sup>

##### ①コンテナヤードの浸水

- ・神野西ふ頭のコンテナヤード全体が浸水し，ヤード面が一時的に使用不能となった。

##### ②空コンテナの浮遊・移動・散乱<sup>3)</sup>

- ・港湾を管理する愛知県の三河港務所によれば，ふ頭の蔵置コンテナ（空コンテナ）887個のうち136個が大きく移動した。移動距離は直線で最大約250m，多くはふ頭を囲む金属製フェンスまたはネットでせき止められていた。

##### ③フェンスの損傷

- ・コンテナの衝突でふ頭を囲む金属製フェンスの支柱が変形した<sup>3)</sup>（写真-A.2.2）。例えば直径6cmの支柱は地盤から高さ0.5m，0.9mの2点で変形していた。フェンス全体が倒れるような被害は発生していなかった。

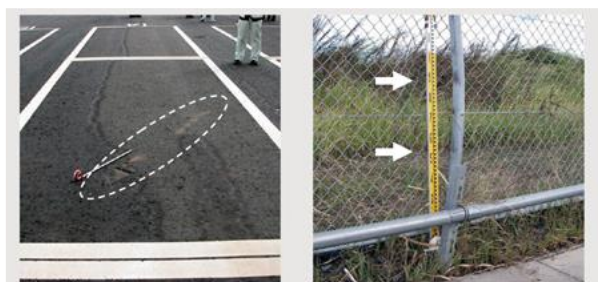


写真-A.2.2 被災状況写真（左：引き摺り痕，右：フェンスの支柱<sup>3)</sup>（三河港神野ふ頭）

#### （参考文献）

- 1) 国土交通省：過去の高潮等の被害とその対応の事例  
(<https://www.mlit.go.jp/common/000995155.pdf>)
- 2) 国土技術政策総合研究所：三河港における平成21年台風第18号高潮によるコンテナ漂流被害調査報告  
(<https://www.nilim.go.jp/lab/bbg/saigai/h21mikawa/h21mikawa.pdf>)
- 3) 熊谷兼太郎：三河港における台風18号高潮によるコンテナ漂流被害調査，国総研レポート2010（国土技術政策総合研究所）  
(<https://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryuu/2010report/2010nilim47.pdf>)

## 2.2 2018年（平成30年）台風21号によるコンテナターミナル等（神戸港・大阪港等）の被害状況

### (1) 概要<sup>4)</sup>

平成30年9月4日に近畿地方を襲った台風第21号は、昭和36年の第二室戸台風の進路と同様のコースを通過し、大阪湾等の港湾や沿岸部においては、既往最高の潮位、風速、波浪を記録したところもあり、港湾等に大きな被害をもたらした。神戸港および大阪港のコンテナターミナルでは、高潮および暴風により、荷役機械及び電源設備の機能喪失、蔵置されていた空コンテナの海上流出、コンテナ貨物の浸水と浸水による火災などの被害も発生した。

### (2) 外力条件（高潮・波浪・風）<sup>4)</sup>

- ・台風第21号は、四国に上陸後も非常に強い勢力を維持したまま、9月4日14時頃に神戸市付近に再上陸した（上陸時の中心気圧：955hPa、最大風速：45m/s）。その経路は大阪湾の湾奥に向かって強い風を吹かせるものであり、既往最高潮位を記録した第二室戸台風とほぼ同じであった。神戸市の再上陸時点で、台風の強さは「非常に強い（最大風速44m/s～54m/s未満）」であった。
- ・土木学会海岸工学委員会・関西支部、国総研、港空研による現地調査結果は、浸水高、遡上高、越波による浸水高等に分類され、土木学会のHP上に公表された。調査結果を整理すると、神戸港では最大で1.8m程度、尼崎西宮芦屋港では最大で1m程度、大阪港では最大で2m程度の浸水深であったことが明らかになった。

### (3) コンテナターミナル等の被害<sup>5)</sup>

以下、文献5)のとりまとめ結果をそのまま引用しつつ、コンテナターミナル内の施設・設備が直接被害を受けた、または受ける可能性があると考えられる事象について、下線にて示すことにより、被害概要を紹介する。なお、代表的なコンテナターミナルの施設・設備での被害写真を写真-A.2.3～写真-A.2.5に示す。

#### ○神戸港

- ・護岸胸壁損壊、ソーラスフェンスなどが倒壊した。
- ・大阪湾フェニックスセンター神戸沖埋立処分場で消波工、上部工が損壊、越波により浸水した。
- ・港島トンネルで排水設備が損壊、水没し通行止めとなった。その他の地区でも幹線道路等が冠水により一時通行止めとなった。
- ・ポートアイランド、六甲アイランド、兵庫埠頭、新港突堤、摩耶埠頭、東川崎地区、東部工区、西部工区、神戸空港島の一部地域で冠水が発生し、上屋や車両に浸水が発生した。
- ・ターミナル及びヤードに積み重ね蔵置したコンテナが暴風により倒壊した。
- ・固縛が十分でないクレーン等の荷役機械等の施設にも倒壊等が発生した。
- ・ヤードが浸水し、岸壁上の空コンテナが浮き上がり散乱し、その一部が海上に流出し、周辺に沈下、漂着した。
- ・一部のコンテナターミナルでは、ガントリークレーン等の荷役機械の電源部分や、その背後に設置された電源設備が浸水し、設備の修理を行うまで電源が喪失した。
- ・ヤードに存置のコンテナが浸水し積載物のマグネシウムが化学反応し火災が発生した。またヤードに存置の中古車の浸水による火災が発生した。
- ・倉庫、上屋及び、その他の民間施設約150箇所で大小の損壊等が発生した。

#### ○尼崎西宮芦屋港

- ・護岸、防護柵、ソーラスフェンス、防波堤の上部工、陸閘及び、防潮堤が損壊した。
- ・船舶が防波堤、橋桁等へ乗揚げ施設の損壊が発生した。
- ・ヤードに置かれていた新車、中古車の浸水被害、また浸水による中古車の火災が発生した。
- ・西宮浜、甲子園浜、鳴尾浜及び丸島地区等で越波等による浸水が発生し、複数の下水浄化センター及び上屋等の施設に損壊が発生するとともに、南芦屋浜地区では越波により住宅地が浸水した。
- ・高橋川（神戸市東灘区）、宮川（芦屋市）において、高潮や高波で上昇した河川水位に対し、堤防の高さ及び橋梁の高さが不足していたことにより住宅地が浸水した。
- ・荷役使用していないガントリークレーンが倒壊するなど民間施設約5箇所被害が発生した。

#### ○大阪港

- ・暴風による波浪により防波堤上部工、護岸ブロック及び緑地のボードウォークの損壊、岸壁舗装陥没などが発生した。また港内の台船・小型船が防潮堤等に乗揚げる被害が発生した。
- ・埋立地の水際線沿いの地盤の低いところを中心として、主にJ岸壁背後、ライナー埠頭背後、南港大橋北側周辺、夢洲G護岸・H護岸等で高潮や高波による浸水が発生した。
- ・夢洲・咲洲コンテナターミナル及び、国際フェリーターミナルにおいて、蔵置したコンテナが倒壊するなどの被害が発生した。
- ・一部のターミナルでは高潮の流入により、空コンテナが海上に流出した。

- ・固定が十分でなかった荷役機械，トランステナーが倒壊した。
- ・南港フェリーターミナルのボーディング・ブリッジが倒壊した。
- ・ソーラスフェンスの損壊が発生した。
- ・ガントリークレーンの損壊，倉庫，上屋及び，その他の民間施設約 100 箇所で大規模の損壊が発生した。

○堺泉北港

- ・堺 7 区防波護岸上部工が損壊，泉大津大橋高欄，ソーラスフェンスの損壊が発生した。
- ・大浜及び塩浜地区埠頭や臨港道路で一部冠水が発生した。
- ・堺旧港で小型船が護岸へ打ち上げられた。
- ・助松コンテナターミナルでは，暴風で空コンテナが倒壊した。
- ・倉庫，上屋及びその他の民間施設約 30 箇所で大規模の被害が発生した。

○和歌山下津港

- ・防波堤の滑動，護岸の上部工が倒壊して，越波が発生し，工業用地の民間施設等が浸水した。
- ・荷役機械のガントリークレーン及びソーラスフェンスの損壊が発生した。
- ・上屋やその他の民間施設約 14 箇所で大規模の損壊等が発生した。

○その他

- ・津名港（淡路島）で防波堤が滑動する被害が発生した。



写真-A. 2. 3 被災状況写真<sup>5)</sup> (神戸港・大阪港・和歌山下津港のコンテナターミナル)

写真-A. 2. 4 被災状況写真<sup>5)</sup> (尼崎西宮芦屋港の車両)



受電所の浸水(床上約30cm)

現場変電所の浸水被害

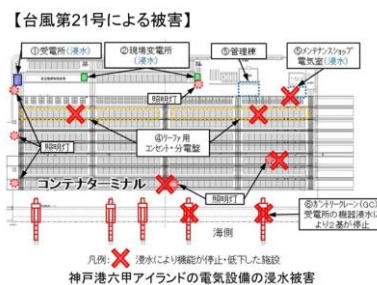


写真-A. 2. 5 被災状況写真<sup>6)</sup> (六甲アイランド) ※

※六甲コンテナターミナルの受電所において電気系統が浸水し，ガントリークレーンの機能が停止し，最終的にガントリークレーンが稼働を再開したのは被害発生後の4ヶ月後であった<sup>6)</sup>。

(参考文献)

- 1) 大阪湾港湾等における高潮対策検討委員会：最終とりまとめ (平成 31 年 4 月)  
(<https://www.pa.kkr.mlit.go.jp/file/pdf/takasiotaisaku/20190426saisyu/2.pdf>)
- 2) 大阪湾港湾等における高潮対策検討委員会：最終とりまとめ 参考資料 (平成 31 年 4 月)  
(<https://www.pa.kkr.mlit.go.jp/file/pdf/takasiotaisaku/20190426saisyu/3.pdf>)
- 3) 国土交通省HP (<https://www.mlit.go.jp/common/001283265.pdf>)

## 2.3 2019年（令和元年）台風15号によるコンテナターミナル等（横浜港・川崎港・東京港）の被害状況

### (1) 概要<sup>7)</sup>

令和元年9月に東京湾を通過した令和元年房総半島台風（台風第15号）は、横浜港を中心に、想定外の高波による護岸の損壊や背後地の浸水、暴風で走錨した船舶の橋梁への衝突及びコンテナの飛散等の被害をもたらした。

### (2) 外力条件（高潮・波浪・風）

- ・台風の接近・通過に伴い、伊豆諸島や関東地方南部を中心に猛烈な風、猛烈な雨となった<sup>8)</sup>。特に、千葉市で最大風速35.9m、最大瞬間風速57.5mを観測するなど、多くの地点で観測史上1位の最大風速や最大瞬間風速を観測する記録的な暴風となった<sup>8)</sup>。
- ・鈴木による報告<sup>9)</sup>によれば、台風通過時の各地の潮位偏差は、第二海堡・横浜・横須賀に関しては、2つのピークがみられ、台風接近時に約1mの偏差、さらに約4時間後に再度約1mの偏差が生じていた。また、各地の遡上高（陸上に浸入した海水が遡上した地盤の高さ）、及び浸水高（海水が浸入した際の水面までの高さ）の測量を図-A.2.2に示す。観測は東京から横須賀までの範囲で実施されており、遡上高、浸水高はTP1.3mから5.5mまでに分布（港湾管理用基準面D.L.に換算すると\*、0.3m～4.5m）していた<sup>9)</sup>。

\* 港湾管理用基準面（D.L.）=東京湾平均海面（T.P.）-1.00m

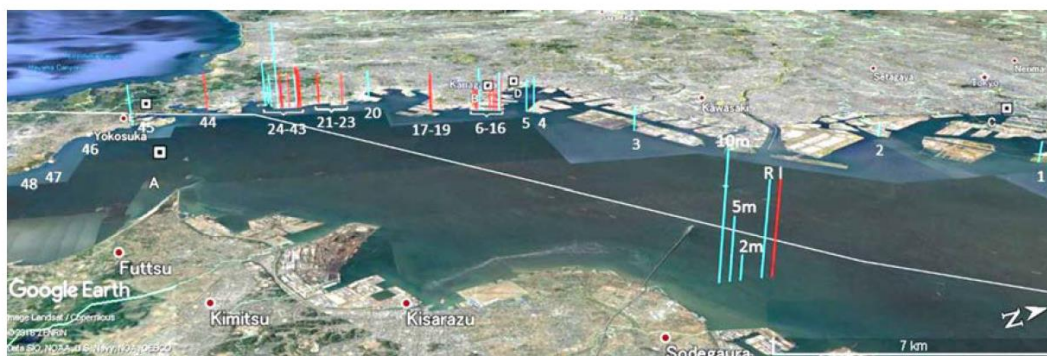


図-A.2.2 東京湾西岸における遡上高（R：水色）および浸水高（I：赤）（T.P.表示）（図面出典：文献9）

### (3) コンテナターミナルの被害<sup>8)</sup>

以下、文献8)のとりまとめ結果をそのまま引用しつつ、コンテナターミナル内の施設・設備が直接被害を受けた、または受ける可能性があると考えられる事象について、下線にて示すことにより、被害概要を紹介する。なお、代表的なコンテナターミナルの施設・設備での被害写真を写真-A.2.6～写真-A.2.10に示す。

#### ○横浜港

- ・本牧ふ頭BC突堤では、暴風等により岸壁背後のグレーチング全損、SOLASフェンス倒壊、ガントリークレーンの電源ケーブル逸脱等の被害が発生。
- ・本牧ふ頭D1バース、D4バースでは暴風等により空コンテナやフェンスが倒壊する被害が発生。本牧D1バースでは下部からの波力で、栈橋とエプロンを接続する渡板が盛り上がる被害が発生。
- ・本牧D突堤にある海釣り施設は年間約17万人が利用していたが、栈橋や管理棟が被災。また周辺の護岸も被災。
- ・南本牧はま道路は、平成29年3月4日に供用を開始した、南本牧コンテナターミナルと首都高湾岸線を直結する臨港道路だが、走錨した船舶が衝突し、現在通行止。
- ・9月9日、横浜港南本牧で広さ約20万m<sup>2</sup>のシャーシ置場が冠水（浸水深約0.5m以上）。9月12日、横浜市からの要請を受けて、関東地方整備局からTEC-FORCE（緊急災害対策派遣隊）2名を派遣。災害協定団体が排水ポンプを設置し、排水開始。9月14日、午前9時5分に排水作業が完了し、シャーシ置き場の冠水は解消。
- ・金沢区福浦地区は横浜市が造成した工業団地だが、護岸約600mが倒壊し、隣接する幸浦地区も含めて、国道357号の東側3.92km<sup>2</sup>エリアが浸水。被害事業者数は483事業所（9月24日時点）。

#### ○川崎港

- ・川崎港東扇島地区で、コンテナ倒壊・道路冠水。

#### ○東京港

- ・品川ふ頭で空コンテナが流出したため、約3日間船舶が接岸できない状況が発生。
- ・中央防波堤外側地区では暴風により空コンテナが倒壊し、道路閉塞が発生。



写真-A.2.6 被災状況写真<sup>7)</sup>  
(横浜港・本牧ふ頭 BC 突堤)



写真-A.2.7 被災状況写真<sup>7)</sup>  
(横浜港・本牧ふ頭 D1 バース・D4 バース)



写真-A.2.8 被災状況写真<sup>7)</sup>  
(横浜港南本牧シャーシ置場)



コンテナ倒壊・道路冠水



写真-A.2.9 被災状況写真<sup>7)</sup>  
(川崎港・東扇島地区)



写真-A.2.10 被災状況写真<sup>8)</sup> (東京港：中央防波堤外側地区・品川ふ頭)

(参考文献)

- 国土交通省：港湾等に来襲する想定を超えた高潮・高波・暴風対策検討委員会・最終とりまとめ (令和2年5月29日) (<https://www.mlit.go.jp/kowan/content/001345986.pdf>)
- 国土交通省：港湾等に来襲する想定を超えた高潮・高波・暴風対策検討委員会・ハード施策検討WG・ソフト施策検討WG 合同会合 (第1回) 資料 1-1 (<https://www.mlit.go.jp/common/001314447.pdf>)
- 鈴木崇之：2019年台風15号(Faxai)による沿岸災害の概要. 消防防災の科学, 2020, 140: 27-32. ([https://www.bousaihaku.com/pdf/dptopics/no140\\_-27p.pdf](https://www.bousaihaku.com/pdf/dptopics/no140_-27p.pdf))

## 2.4 2019年（令和元年）台風19号によるコンテナターミナル等（横浜港・川崎港・東京港）の被害状況

### (1) 概要<sup>10)</sup>

令和元年10月に、大型の令和元年東日本台風（台風第19号）が東日本を直撃し、猛烈な風雨により、広範囲に甚大な被害をもたらした。

### (2) 外力条件（高潮・波浪・風）

- ・横浜市では、これまでの10月1位の値を更新する最大瞬間風速43.8mを観測するなど、多くの地点で記録的な降水量や最大瞬間風速等を観測した台風となった<sup>10)</sup>。
- ・高潮にとってもキティ台風匹敵する潮位偏差（1.38m）が東京湾で記録されたが、台風が接近した時間帯が干潮時であったため、高潮による大きな被害は発生しなかった<sup>11)</sup>。

### (3) コンテナターミナル等の被害<sup>10)</sup>

以下、文献10)のとりまとめ結果をそのまま引用しつつ、コンテナターミナル内の施設・設備が直接被害を受ける可能性がある事象について、下線にて示すことにより、被害概要を紹介する。なお、代表的なコンテナターミナルの施設・設備での被害写真を写真-A.2.11～写真-A.2.12に示す。

#### ○横浜港

##### ◆横浜港大さん橋ふ頭

- ・ボーディングブリッジ2号と5号の固定ワイヤーが切れて2機が衝突  
⇒クルーズ船着岸に支障のないよう対応（14日予定どおり寄港済）

##### ◆大黒ふ頭

- ・T3～5 岸壁前面が一部損傷 ⇒ クルーズ船着岸に支障のないよう対応（14日寄港予定あり）
- ・全域で20cm～30cmの浸水が発生（13日8:30には解消）
- ・T1 SOLAS 監視小屋が倒壊
- ・T4～5 オイルコンテナがフェンスに衝突
- ・T8 横H岸壁 SOLAS フェンス倒壊，車同士が接触

##### ◆南本牧ふ頭

- ・越波による裏込め損傷
- ・中古車が波により移動
- ・MC1,2 ガントリークレーン6基のうち2基が動作不具合 ⇒ 1基は仮復旧済
- ・MC2 フェンス傾斜，空コンテナの落下
- ・MC3 空コンテナとフェンスの接触  
※ターミナルの運用に支障なし

#### ○川崎港

##### ◆川崎コンテナふ頭

- ・荷捌き地の床版が一部損傷（運用に支障なし）
- ・フェンス倒壊，資材散乱

##### ◆東扇島地区

- ・シャシー横転，フェンス倒壊，ガードレール横転
- ・荷捌き地の床版が一部損傷（運用に支障なし）
- ・フェンス倒壊，資材散乱

##### ◆川崎港東扇島沖にて、貨物船（1,925GT）沈没

- ⇒ 油流出。13日10:45に清掃兼油回収船（「べいくりん」出港し、活動中）

#### ○東京港

##### ◆大井コンテナふ頭，芝浦コンテナふ頭

- ・コンテナ崩れ

##### ◆青海ふ頭A0～A2岸壁

- ・ガントリークレーン6基のうち2基が電気系統損傷 ⇒ 復旧作業中

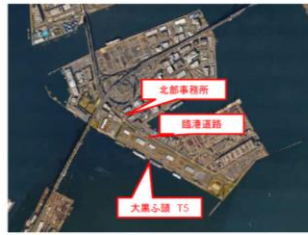
##### ◆中央防波堤内側コンテナふ頭

- ・シャシー横転

##### ◆中央防波堤外側コンテナふ頭

- ・ガントリークレーンのケーブル絡みあり ⇒ 復旧作業中

※ターミナル運用に支障なし



T-5岸壁一部損傷



コンテナターミナル荷崩き地板の破損



臨港道路 冠水状況



北部事務所 浸水状況



マリnhaus倉庫(川崎市)の破損

写真-A.2.11 被災状況写真<sup>10)</sup>  
(横浜港：大黒ふ頭)

写真-A.2.12 被災状況写真<sup>10)</sup>  
(川崎港：東扇島地区)

(参考文献)

- 10) 国土交通省港湾局：港湾等に来襲する想定を超えた高潮・高波・暴風対策検討委員会・ハード施策検討WG・ソフト施策検討WG 合同会合（第1回）資料 1-2 (<https://www.mlit.go.jp/common/001314447.pdf>)
- 11) 澁谷容子, 森信人, 中條壮大, 梅田尋慈：2019年台風19号の高潮再現および台風経路の再現期間と将来変化, *土木学会論文集 B2 (海岸工学)*, 76(2), I\_139-I\_144, 2020.

## 2.5 2012年ハリケーン・サンディーによるコンテナターミナル(ニューヨーク港/ニュージャージー港)の被害状況

### (1) 概要<sup>12)</sup>

- ・2012年10月29日から30日にかけて、ハリケーン・サンディー(Hurricane Sandy)が米国東海岸に上陸し、ニューヨーク/ニュージャージー港湾域では記録的な高潮(storm surge)、高波、強風が発生した。
- ・ニュージャージー港周辺では、高潮高が概ね2.5~3.0m規模に達し、広範囲にわたり海水による浸水が発生した。加えて、強風および降雨が長時間継続したことにより、港湾施設および背後インフラに甚大な影響を及ぼした。
- ・本節で紹介する内容は、全て文献12)に記載されている内容であり、詳細については原典を参照されたい。

### (2) コンテナターミナル等の被害

以下、文献12)にて列挙されている被害の概要を示す。なお、代表的なコンテナターミナルの施設・設備での被害写真を写真-A.2.13~写真-A.2.16に示す。

#### ① コンテナターミナル全域の広範囲浸水

- ・高潮により、ニュージャージー港の主要コンテナターミナルでは、ヤード、岸壁背後地、ゲート区域、事務所が広範囲に浸水した。

#### ② 電源・受電設備の浸水(海水)による停電

- ・受電設備、変電設備、電気室が塩水により浸水し、ターミナル全体で長期間にわたる停電が発生した。

#### ③ ガントリークレーン・ヤード機器の停止

- ・電源喪失により、ガントリークレーン(GC)、RTG、ゲート関連機器が使用不能となり、本船荷役および搬出入が全面的に停止した。

#### ④ 保安・検査設備の機能停止

- ・放射線検知ゲート(RPM)や保安関連設備が機能停止し、連邦規制上、荷役再開が制限される状況となった。

#### ⑤ 航路の閉鎖

#### ⑥ 道路やターミナルへの瓦礫の散乱

#### ⑦ バースの損傷



写真-A.2.13 被災状況写真<sup>12)</sup> (New York Container Terminal)

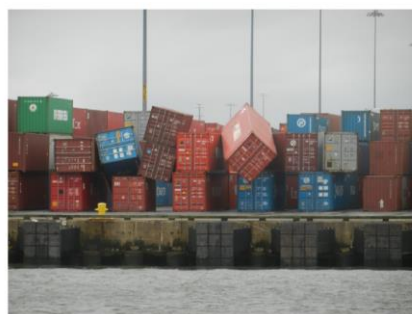


写真-A.2.14 被災状況写真<sup>12)</sup> (風で飛散した空コンテナ)



写真-A.2.15 被災状況写真<sup>12)</sup> (護岸の被災)

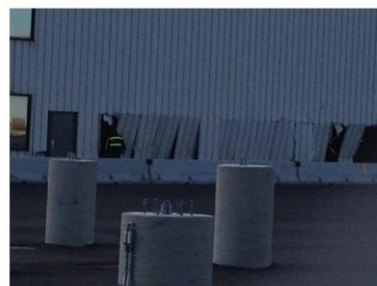


写真-A.2.16 被災状況写真<sup>12)</sup> (建物の壁の損傷)

### (参考文献)

- 12) WAKEMAN, Thomas H., et al. *Lessons from Hurricane Sandy for port resilience*. University Transportation Research Center, 2013.

## 付録B コンテナターミナル諸施設・設備における浸水深・被害関係の整理事例

### 1. はじめに

#### (1) 概要

本付録では、コンテナターミナルを構成する主要な施設・設備（表-B.1）における浸水深と復旧期間・復旧費用の関係（以下、浸水深・被害関係と呼称する。）を整理した事例を示す。本情報の活用により、対象とするコンテナターミナルのストレステストの実施や、各施設・設備に対する浸水対策の検討の促進に繋がることを期待している。

#### (2) 本情報の利用にあたっての注意点

本資料に掲載している情報は、令和元年度から令和3年度（2019年度～2021年度）にかけて、各施設の所有者やメーカー等への聞き取り調査をとりまとめたものである。本情報の利用にあたっては、情報の陳腐化、検討対象としている施設・設備への本情報の適用性について、十分注意する必要がある。適用性に関しては、コンテナターミナルが異なっても全国的に類似した仕様であると考えられる施設（自走式荷役機械、トラクターヘッド・シャーシなど）と、設置場所ごとに仕様が大きく異なる可能性のある施設（オーダーメイドの大型荷役機械（コンテナクレーン、トランスファークレーン（RTG））、建築施設（管理棟、特高受変電所等）など）があり、特に後者の施設への適用性については十分に確認する必要がある。適用が適切ではない場合は、対象施設に対する新たな浸水深・被害関係を別途構築する必要がある。

また、本整理は静的な浸水深を基準としており、波浪や流れによる影響は含まない。

表-B.1 本資料の対象施設・設備

施設・設備		掲載箇所
大分類	小分類	
荷役機械	コンテナクレーン	2. (1)
	トランスファークレーン（RTG）	2. (2)
	自走式荷役機械（トップリフター、サイドリフター、フォークリフト、リーフスタッカー）	2. (3)
	トラクターヘッド・シャーシ（構内シャーシ）	2. (4)
電気設備	特高受変電所	3. (1)
	二次・三次変電所	3. (2)
	照明施設	3. (3)
	監視カメラ	3. (4)
	フェンス（センサー）	3. (5)
	リーファー用給電施設	3. (6)
建築施設	管理棟	4. (1)
	ゲートハウス	4. (2)
	給油所	4. (3)
コンテナヤード	コンテナヤード（コンテナ）	5. (1)

## 2. 荷役機械

### (1) コンテナクレーン

#### a) 浸水時の主要な損傷箇所及び被災形態

表-B. 2.1 浸水時のコンテナクレーンの主要損傷箇所および被災形態の想定

主要な損傷箇所	設置高さ，浸水時の被災形態の想定
給電ケーブル	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地盤高から0 mmまたはそれ以下の高さに設置されている。</li> <li>・給電ケーブルが浸水すると，ケーブルの浮き上がりや損傷の可能性がある。</li> </ul>
走行電動機	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地盤高から700 mmの高さに搭載されている。</li> <li>・走行電動機が浸水すると，故障することが想定される。</li> </ul>
ケーブル巻取装置	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地盤高から5,000 mmの高さに搭載されている。</li> <li>・ケーブル巻取装置が浸水すると，故障することが想定される。</li> </ul>

#### b) 浸水深と復旧期間・復旧費用との関係

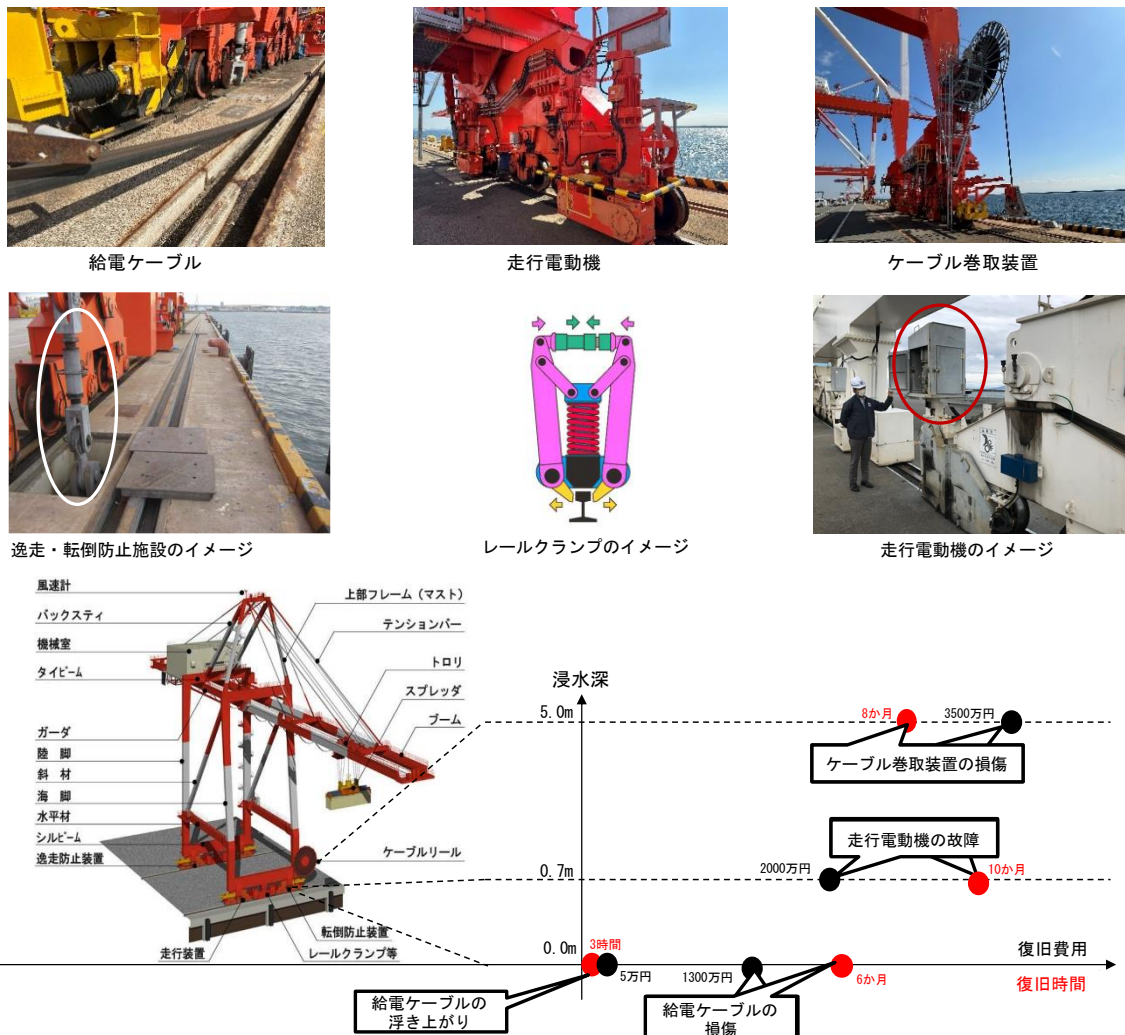


図-B. 2.1 コンテナクレーンの浸水深と復旧期間・復旧費用との関係<sup>1)</sup>

#### c) 設定方法の概要

- ・コンテナクレーンを対象とし，日本国内のコンテナクレーン製造事業者の技術者，およびコンテナターミナル事業の関係者へのヒアリング等を通じて，一般的な事例として上記 a)および b)の内容を設定した。

#### (参考文献)

- 1) 国土交通省：港湾荷役機械の構造形式の概要  
 (<https://www.mlit.go.jp/kowan/content/001734506.pdf>)

(2) トランスファークレーン (RTG)

a) 浸水時の主要な損傷箇所及び被災形態

表-B.2.2 浸水時のトランスファークレーンの主要損傷箇所および被災形態の想定

主要な損傷箇所	設置高さ, 浸水時の被災形態の想定
車輪軸	地盤高から30~70 cmの高さに搭載されている。
16輪RTG走行電動機	地盤高から 40~75 cm に搭載されている。(8輪 RTG の場合は, 約 220~240cm)
LSセンサー	地盤高から 50~90 cm の高さに搭載されている。
ステアリング	地盤高から 50~90 cm の高さに搭載されている。
IVTカメラ	地盤高から130~200 cmの高さに搭載されている。
自動集電装置*	地盤高から約 150~270 cm の高さに搭載されている。
バッテリー	地盤高から約380~420cmの高さに搭載されている。
発動発電機	地盤高から約400~470cmの高さに搭載されている。

\*電動のトランスファークレーン (RTG) の場合

b) 浸水深と復旧期間・復旧費用との関係

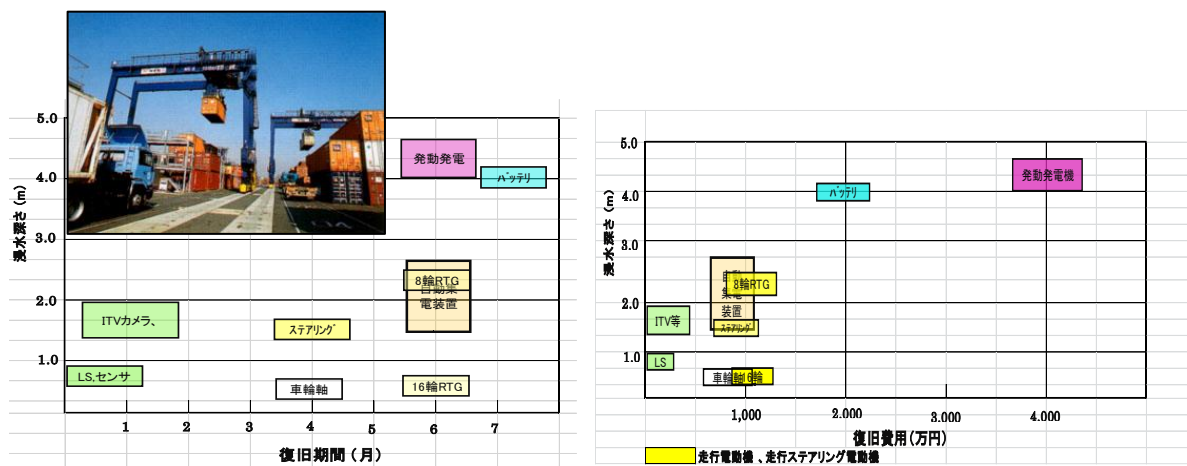


図-B.2.2 トランスファークレーンの浸水深と復旧期間・復旧費用との関係<sup>2)</sup>

c) 設定方法の概要

- ・トランスファークレーンを対象とし, 日本国内のクレーン製造事業者の技術者へのヒアリング等を通じて, 一般的な事例として上記 a)および b)の内容を設定した。

(参考文献)

- 2) 国土交通省: みなとの写真  
([https://www.mlit.go.jp/kowan/kowan\\_homepage/minato\\_no\\_yakuwari/photo\\_02a.html](https://www.mlit.go.jp/kowan/kowan_homepage/minato_no_yakuwari/photo_02a.html))

(3) 自走式荷役機械 (トップリフター・サイドリフター・フォークリフト・リーチスタッカー)

a) 浸水時の主要な損傷箇所及び被災形態

表-B.2.3 浸水時の自走式荷役機械の主要損傷箇所および被災形態の想定

主要な損傷箇所	設置高さ, 浸水時の被災形態の想定
エンジン	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地盤高から 900 mm 程度の高さに搭載されている。</li> <li>・エンジンの下側にダイナモという電子機器が設置されており, 当該機器が浸水すると基盤システムが作動しなくなり, エンジンは機能しなくなることが想定される。</li> </ul>
電気制御盤 ※リーチスタッカーのみ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・リーチスタッカーについては, 電気制御盤が地盤高800 mm~1400 mm程度に搭載されている。</li> <li>・電気制御盤が浸水すると, クレーン部の操作等が機能しなくなることが想定される。</li> </ul>
油圧シリンダー (タイヤの方向操作)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地盤高 900 mm 程度の高さに設置されている。</li> <li>・油圧シリンダーが浸水すると機能しなくなることが想定される。</li> </ul>
油圧シリンダー (リフトの作動)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地盤高 1800 mm 程度の高さに搭載されている。</li> <li>・油圧シリンダーが浸水すると機能しなくなることが想定される。</li> </ul>

b) 浸水深と復旧期間・復旧費用との関係

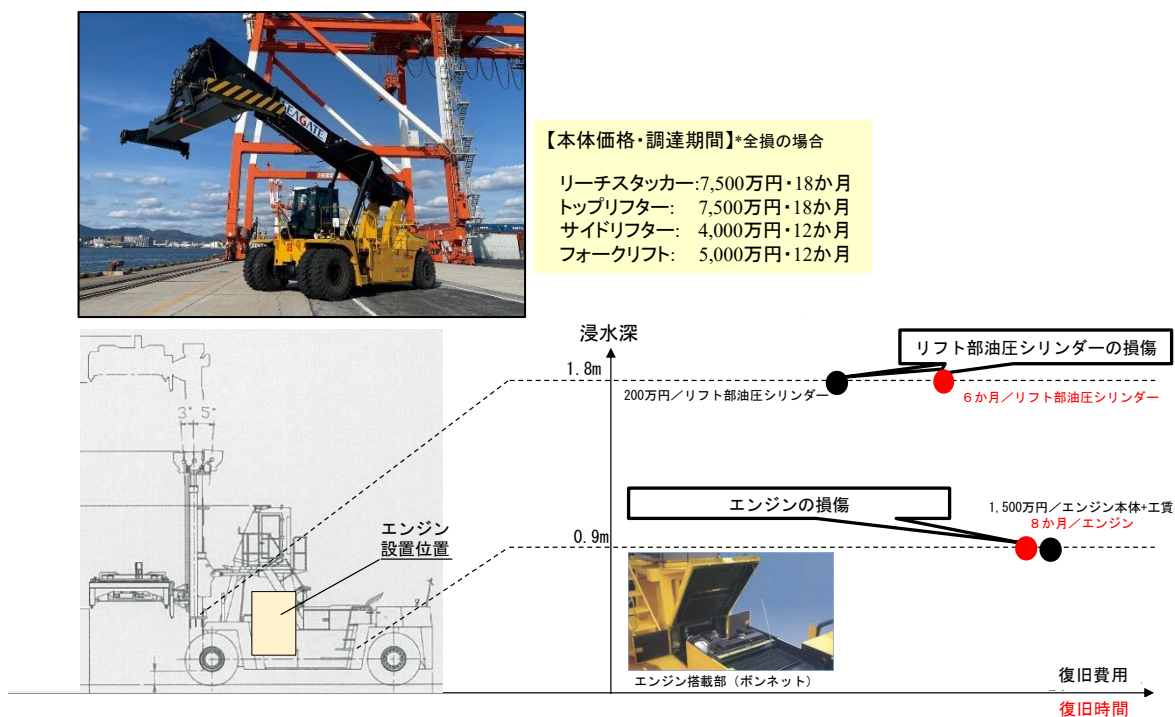


図-B.2.3 自走式荷役機器の浸水深と復旧期間・復旧費用との関係<sup>3)</sup>

c) 設定方法の概要

・国内の主要な荷役機械の製造事業者へのヒアリングを通じて, 上記 a)および b)の内容を設定した. 全損の場合の本体価格や, 調達期間, 各種部材の復旧費用, 復旧期間等についてはヒアリング当時の回答であり, 変動する可能性があることに留意する必要がある.

(参考文献)

- 3) 国土交通省: コンテナターミナルでの仕事  
 (<https://www.pa.cgr.mlit.go.jp/kokusai/support/koun/>)

(4) トラクターヘッド・シャーシ（構内シャーシ）

a) 浸水時の主要な損傷箇所及び被災形態

表-B.2.4 浸水時のトラクターヘッド・シャーシ（構内シャーシ）の主要損傷箇所および被災形態の想定

主要な損傷箇所	設置高さ，浸水時の被災形態の想定
油圧シリンダー （タイヤの方向操作）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地盤高 500 mm の高さに設置されている。</li> <li>・タイヤの方向操作等を行うための各種のサス・シリンダー類が浸水すると機能しなくなることが想定される。</li> </ul>
エンジン	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地盤高から 700～800 mm 程度の高さに搭載されている。</li> <li>・エンジンには電子制御機器（コンピューター）が設置してあり，電子機器が水に浸かると基盤システムが作動しなくなり，エンジンは機能しなくなることが想定される。</li> </ul>

b) 浸水深と復旧期間・復旧費用との関係

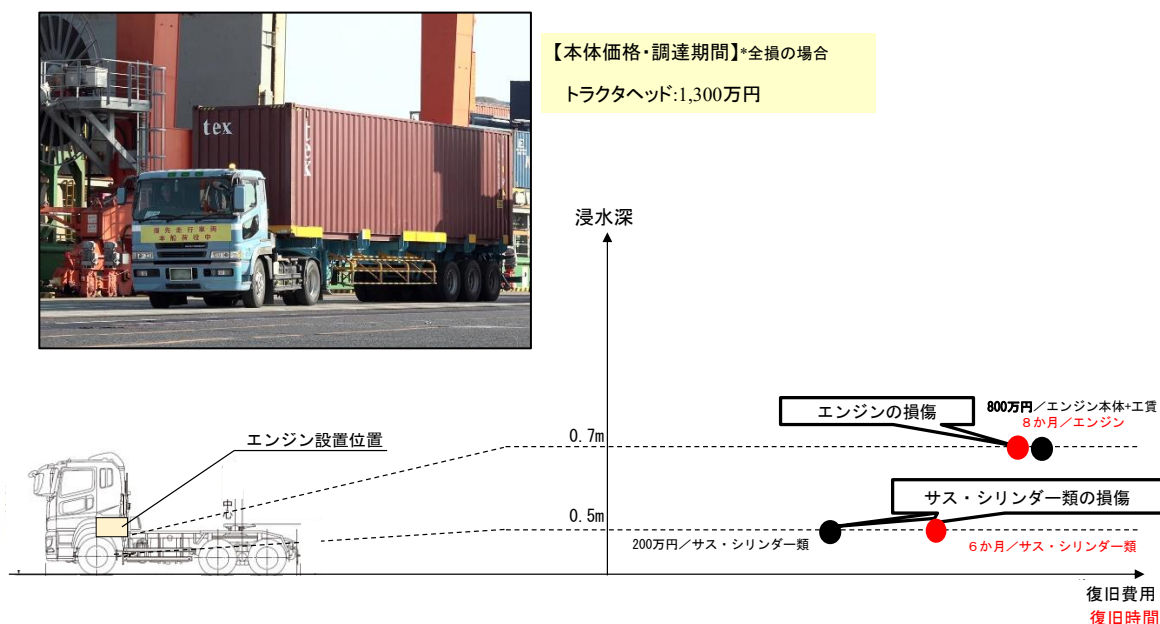


図-B.2.4 トラクターヘッドの浸水深と復旧期間・復旧費用との関係<sup>4)</sup>

c) 設定方法の概要

- ・国内の主要なトラクターヘッド製造事業者へのヒアリングを通じて，上記 a)および b)の内容を設定した．全損の場合の本体価格についてはヒアリング当時の回答であり，変動する可能性があることに留意する必要がある．なお，全損の場合の調達期間や，各種部材の復旧費用，復旧期間等については回答が得られなかったため，(3)自走式荷役機械の同種部材のヒアリング結果から設定している．

(参考文献)

- 4) 国土交通省：コンテナターミナルでの仕事  
(<https://www.pa.cgr.mlit.go.jp/kokusai/support/>)

### 3. 電気設備

#### (1) 特高受変電所

##### a) 浸水時の主要な損傷箇所及び被災形態

表-B.3.1 浸水時の特高受変電所の主要損傷箇所および被災形態の想定

主要な損傷箇所	設置高さ，浸水時の被災形態の想定
配線ピット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地盤高から0 mmまたはそれ以下の高さに設置されている。</li> <li>・浸水すると故障，汚損することが想定される。</li> </ul>
受変電設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地盤高から0 mmの高さに搭載されている。</li> <li>・浸水すると故障，汚損することが想定される。</li> </ul>
中央監視設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地盤高から0～1200 mmの高さに搭載されている。</li> <li>・浸水すると故障，汚損することが想定される。</li> </ul>

##### b) 浸水深と復旧期間・復旧費用との関係

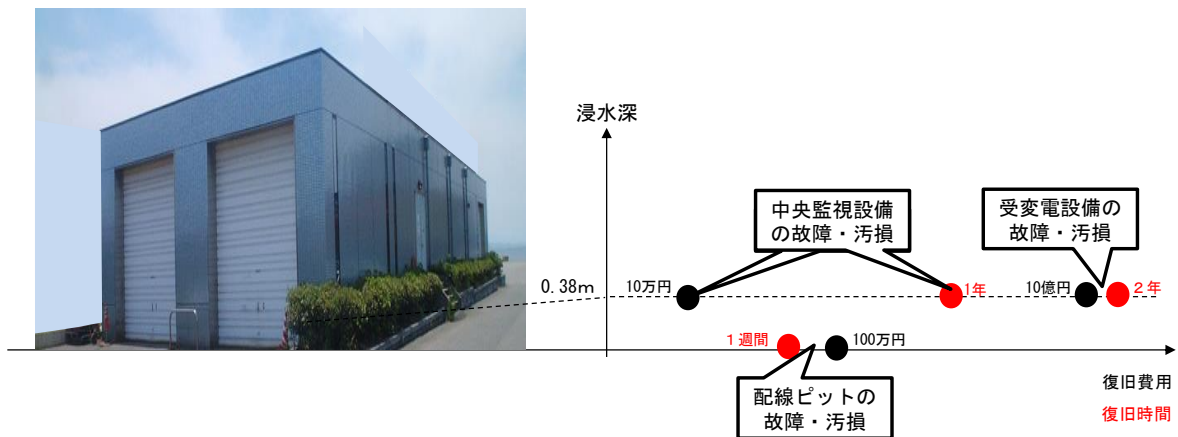


図-B.3.1 特高受変電所の浸水深と復旧期間・復旧費用との関係

##### c) 設定方法の概要

- ・港湾管理者等へのヒアリングを通じて，上記 a)および b)の内容を設定した．なお，設置場所ごとに仕様が大きく異なる可能性があり，適用性については十分に確認する必要がある．適用が適切ではない場合は，対象施設に対する新たな浸水深・被害関係を別途構築する必要がある．

(2) 二次・三次変電所

a) 浸水時の主要な損傷箇所及び被災形態

表-B.3.2 浸水時の二次・三次変電所の主要損傷箇所および被災形態の想定

主要な損傷箇所	設置高さ, 浸水時の被災形態の想定
配線ピット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地盤高から0 mmまたはそれ以下の高さに設置されている.</li> <li>・浸水すると故障, 汚損することが想定される.</li> </ul>
受変電設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地盤高から380 mmの高さに搭載されている.</li> <li>・浸水すると故障, 汚損することが想定される.</li> </ul>
中央監視設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地盤高から380 mmの高さに搭載されている.</li> <li>・浸水すると故障, 汚損することが想定される.</li> </ul>

b) 浸水深と復旧期間・復旧費用との関係

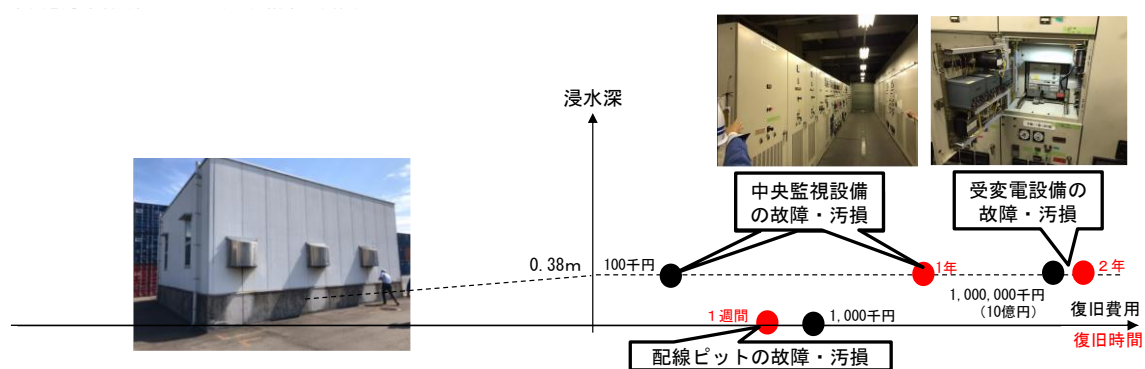


図-B.3.2 二次・三次変電所の浸水深と復旧期間・復旧費用との関係

c) 設定方法の概要

- ・港湾管理者等へのヒアリングを通じて, 上記 a)および b)の内容を設定した. なお, 設置場所ごとに仕様が大きく異なる可能性があり, 適用性については十分に確認する必要がある. 適用が適切ではない場合は, 対象施設に対する新たな浸水深・被害関係を別途構築する必要がある. また, 各種部材の復旧費用, 復旧期間等についてはヒアリング当時の回答であり, 変動する可能性があることに留意する必要がある.

(3) 照明施設

a) 浸水時の主要な損傷箇所及び被災形態

表-B.3.3 浸水時の照明施設の主要損傷箇所および被災形態の想定

主要な損傷箇所	設置高さ, 浸水時の被災形態の想定
スイッチユニット (制御装置ボックス)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地盤 750 mm 程度に設置されることが標準的である。 (浸水すると使用できなくなる浸水高さ)</li> </ul>
電源ユニット (受電ボックス)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・制御装置, 電源ユニットともに, ボックスの開口部から水が入ると機能しなくなることが想定される。</li> <li>・各ボックスへは地下から管を引き込むことになるが, 管については浸水による影響はないものと想定される。</li> <li>・電源ユニットについては, 灯具と一体に電源ユニットを設置する製品もあり, その場合には設置高さは灯具の高さとなる。その場合には, 浸水することは考えられない。</li> </ul>

b) 浸水深と復旧期間・復旧費用との関係

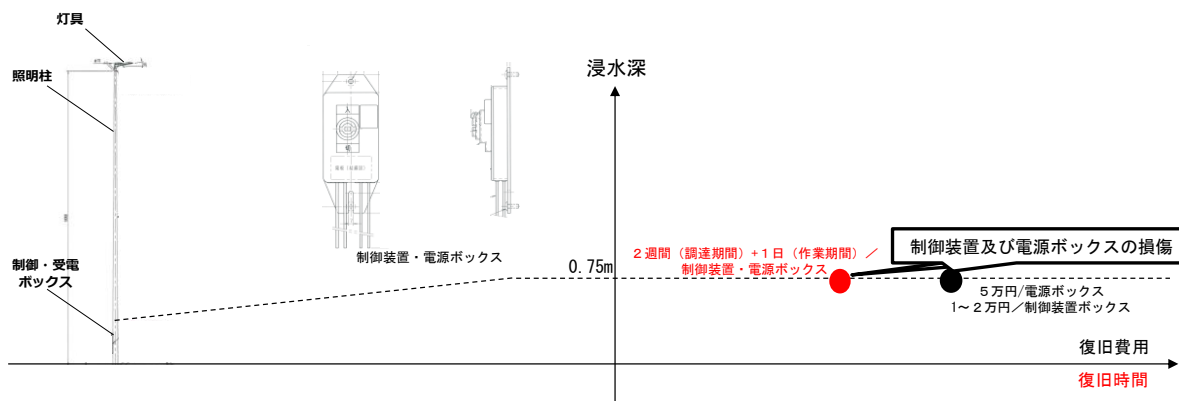


図-B.3.3 照明施設の浸水深と復旧期間・復旧費用との関係

c) 設定方法の概要

- ・国内の主要な照明施設製造事業者へのヒアリングを通じて, 上記 a)および b)の内容を設定した。なお, 各種部材の復旧費用, 復旧期間等についてはヒアリング当時の回答であり, 変動する可能性があることに留意する必要がある。

(4) 監視カメラ

a) 浸水時の主要な損傷箇所及び被災形態

表-B.3.4 浸水時の監視カメラの主要損傷箇所および被災形態の想定

主要な損傷箇所	設置高さ, 浸水時の被災形態の想定
制御装置 受電ボックス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地盤高 700~800 mm に設置されることが多い。</li> <li>・ 制御装置の盤は IP66 で、海水を被る程度であれば問題ないが、制御・受電ボックスが浸水すると機能しなくなると想定される（浸水することを想定していない）。</li> </ul>
カメラ本体	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地盤高 2~4 m の高さに設置されることが一般的である。</li> </ul>

b) 浸水深と復旧期間・復旧費用との関係

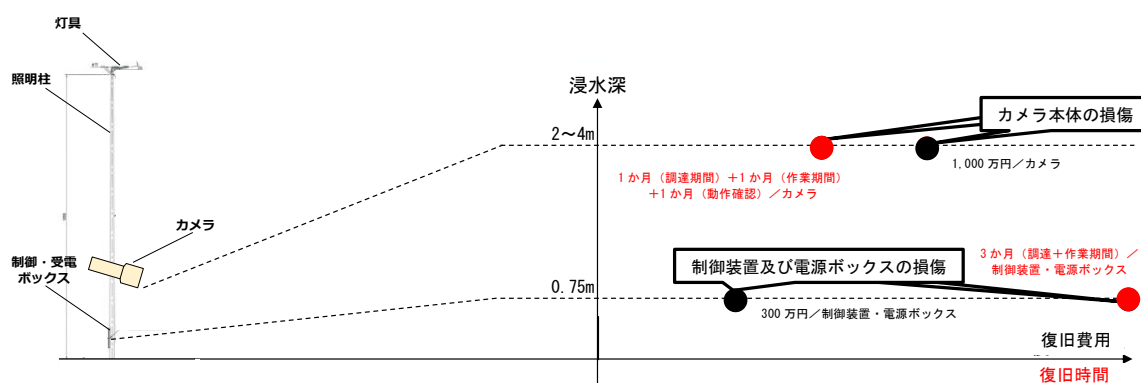


図-B.3.4 監視カメラの浸水深と復旧期間・復旧費用との関係

c) 設定方法の概要

・ 国内の主要な監視カメラ等製造事業者へのヒアリングを通じて、上記 a) および b) の内容を設定した。なお、各種部材の復旧費用、復旧期間等についてはヒアリング当時の回答であり、変動する可能性があることに留意する必要がある。

(5) フェンス（センサー）

a) 浸水時の主要な損傷箇所及び被災形態

表-B.3.5 浸水時のフェンス（センサー）の主要損傷箇所および被災形態の想定

主要な損傷箇所	設置高さ、浸水時の被災形態の想定
センサー	<ul style="list-style-type: none"> <li>フェンスは金属のメッシュを切断される恐れがあるため、振動を電気信号に変換するセンサーケーブルをフェンスの水平方向に2~3本程度這わせることが一般的である。</li> <li>センサーケーブルは弱電設備（DC電源で稼働）であるが、被覆されておりIP65程度の水密性があるため、浸水しても機能しなくなることはない。</li> <li>SOLAS対応を実施して15年程度になるが、高潮でセンサーが機能しなくなった事例は聞いたことがない。一方で、倒壊したコンテナの下敷きになってフェンスごと壊されてしまう事例（H30大阪湾など）は発生しており、浸水よりもコンテナ等の衝突による被害が想定される。</li> </ul>
制御装置及び電源ボックス	<ul style="list-style-type: none"> <li>地盤面から1500mmの高さに設置されることが一般的である。</li> <li>制御装置及び電源ボックスは、SUS304でできているが水抜き穴があるため、浸水すると機能しなくなることが想定される。</li> <li>地下埋設の管からボックスの配線は金属管（G管）で接続しており水密性があるため、浸水による機能停止は想定されない。</li> </ul>

b) 浸水深と復旧期間・復旧費用との関係

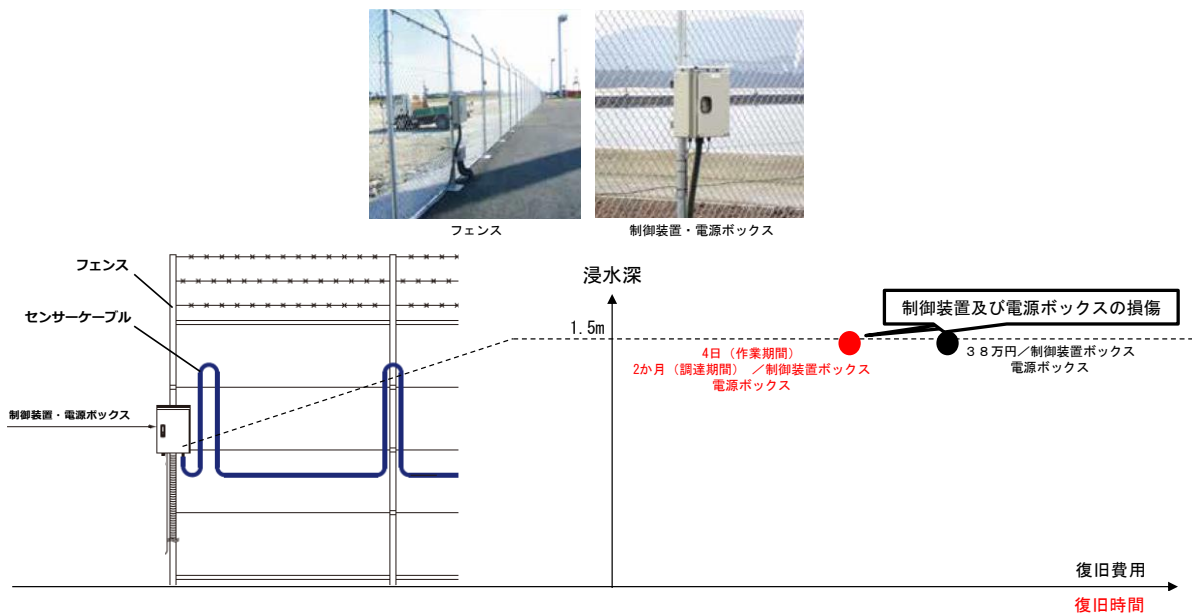


図-B.3.5 フェンス（センサー）の浸水深と復旧期間・復旧費用との関係

c) 設定方法の概要

- 国内の主要な保安施設製造事業者へのヒアリングを通じて、上記 a)および b)の内容を設定した。なお、各種部材の復旧費用、復旧期間等についてはヒアリング当時の回答であり、変動する可能性があることに留意する必要がある。

(6)リーファー用給電施設

a) 浸水時の主要な損傷箇所及び被災形態

表-B.3.6 浸水時のリーファー用給電施設の主要損傷箇所および被災形態の想定

主要な損傷箇所	設置高さ, 浸水時の被災形態の想定
受変電器	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地盤高から 30 mm の高さに搭載されている。</li> <li>・受変電器が浸水すると故障することが想定される。</li> </ul>
コンセント	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地盤高から 500 mm の高さに設置されている。</li> <li>・コンセントが浸水すると故障することが想定される。</li> </ul>

b) 浸水深と復旧期間・復旧費用との関係

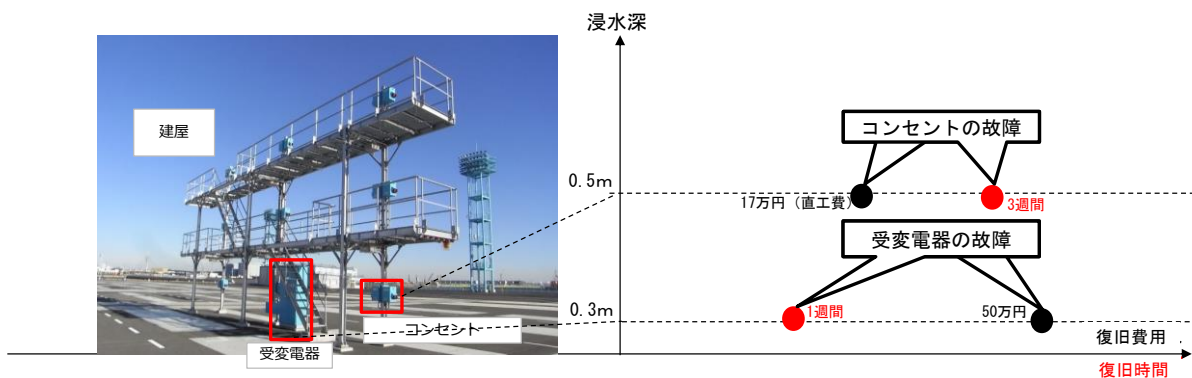


図-B.3.6 リーファー用給電施設の浸水深と復旧期間・復旧費用との関係

c) 設定方法の概要

- ・港湾管理者等へのヒアリングを通じて, 上記 a)および b)の内容を設定した. なお, 各種部材の復旧費用, 復旧期間等についてはヒアリング当時の回答であり, 変動する可能性があることに留意する必要がある.

#### 4. 建築施設

##### (1) 管理棟

##### a) 浸水時の主要な損傷箇所及び被災形態

表-B. 4.1 浸水時の管理棟の主要損傷箇所および被災形態の想定

主要な損傷箇所	設置高さ, 浸水時の被災形態の想定
分電盤	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地盤高から0 mmの高さに設置されている.</li> <li>・分電盤が浸水すると損傷することが想定される.</li> </ul>
空調	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地盤高から200 mmの高さに搭載されている.</li> <li>・空調が浸水すると損傷することが想定される.</li> </ul>
コンセント類	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地盤高から400 mmの高さに搭載されている.</li> <li>・コンセント類が浸水すると損傷することが想定される.</li> </ul>

##### b) 浸水深と復旧期間・復旧費用との関係

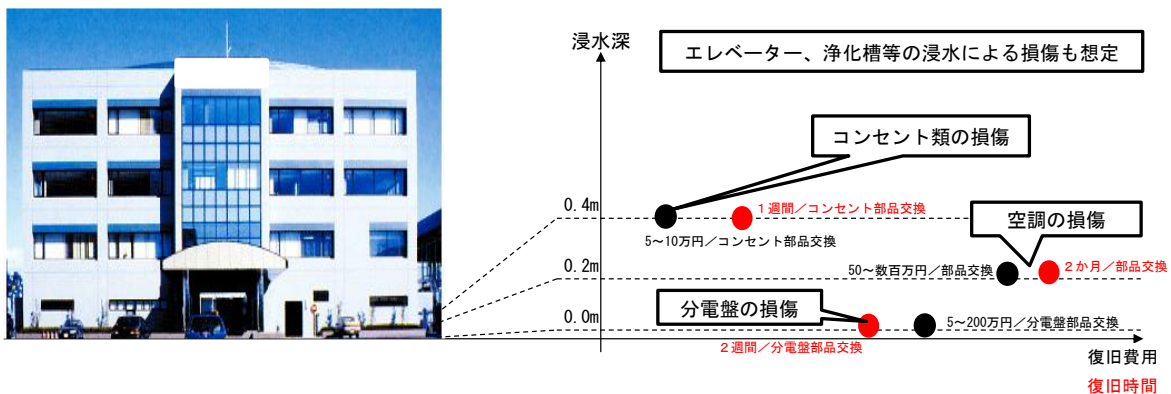


図-B. 4.1 管理棟の浸水深と復旧期間・復旧費用との関係

##### c) 設定方法の概要

- ・港湾管理者等へのヒアリングを通じて、上記 a)および b)の内容を設定した。なお、設置場所ごとに仕様が大きく異なる可能性があり、適用性については十分に確認する必要がある。適用が適切ではない場合は、対象施設に対する新たな浸水深・被害関係を別途構築する必要がある。また、各種部材の復旧費用、復旧期間等についてはヒアリング当時の回答であり、変動する可能性があることに留意する必要がある。

(2) ゲートハウス

a) 浸水時の主要な損傷箇所及び被災形態

表-B. 4. 2 浸水時のゲートハウスの主要損傷箇所および被災形態の想定

主要な損傷箇所	設置高さ，浸水時の被災形態の想定
ゲートシステム	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地盤高から70～120 mmの高さに設置されている。</li> <li>・ゲートシステムが浸水すると損傷することが想定される。</li> </ul>

b) 浸水深と復旧期間・復旧費用との関係

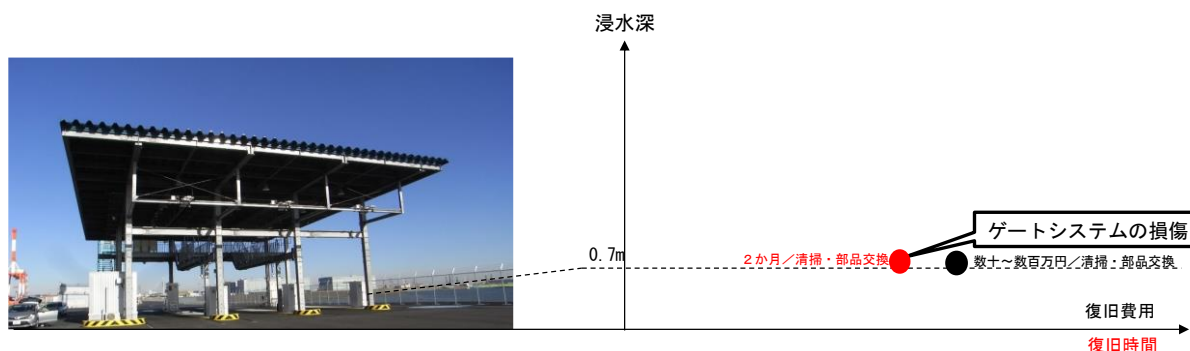


図-B. 4. 2 ゲートハウスの浸水深と復旧期間・復旧費用との関係

c) 設定方法の概要

- ・港湾管理者等へのヒアリングを通じて，上記 a)および b)の内容を設定した．なお，設置場所ごとに仕様が大きく異なる可能性があり，適用性については十分に確認する必要がある．適用が適切ではない場合は，対象施設に対する新たな浸水深・被害関係を別途構築する必要がある．また，各種部材の復旧費用，復旧期間等についてはヒアリング当時の回答であり，変動する可能性があることに留意する必要がある．

(3) 給油所

a) 浸水時の主要な損傷箇所及び被災形態

表-B. 4. 3 浸水時の給油所の主要損傷箇所および被災形態の想定

主要な損傷箇所	設置高さ, 浸水時の被災形態の想定
油水分離槽	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地盤高から0 mmの高さに設置されている。</li> <li>・油水分離槽が浸水すると汚損することが想定される。</li> </ul>
電灯・動力盤	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地盤高から50～120 mmの高さに設置されている。</li> <li>・電灯・動力盤が浸水すると故障, 汚損することが想定される。</li> </ul>
計量器	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地盤高から70～120 mmの高さに設置されている。</li> <li>・計量器が浸水すると故障, 汚損することが想定される。</li> </ul>

b) 浸水深と復旧期間・復旧費用との関係

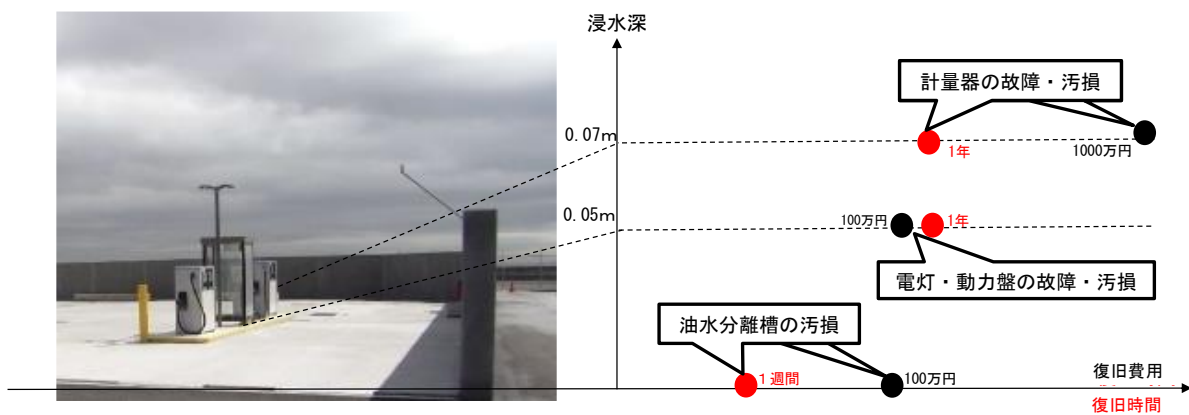


図-B. 4. 3 給油所の浸水深と復旧期間・復旧費用との関係

c) 設定方法の概要

・港湾管理者等へのヒアリングを通じて, 上記 a)および b)の内容を設定した。なお, 設置場所ごとに仕様が大きく異なる可能性があり, 適用性については十分に確認する必要がある。適用が適切ではない場合は, 対象施設に対する新たな浸水深・被害関係を別途構築する必要がある。また, 各種部材の復旧費用, 復旧期間等についてはヒアリング当時の回答であり, 変動する可能性があることに留意する必要がある。

## 5. コンテナヤード

### (1) コンテナヤード (コンテナ)

#### a) 浸水時の主要な損傷箇所及び被災形態

表-B.5.1 浸水時のコンテナの被災形態の想定

主要な損傷箇所	設置高さ, 浸水時の被災形態の想定
コンテナ	<ul style="list-style-type: none"> <li>コンテナが地盤高から0 mm高さに設置されている.</li> <li>コンテナが340~400 mm程度浸水すると浮上, 移動することが想定される.</li> </ul>

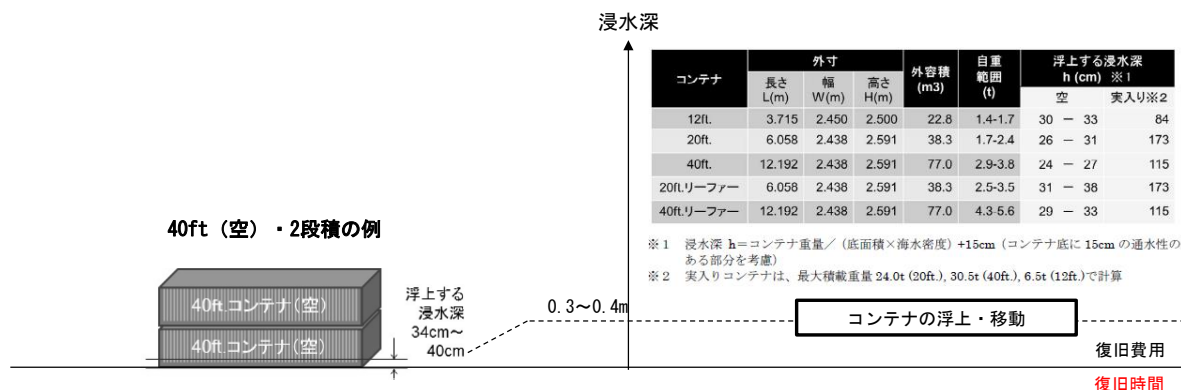
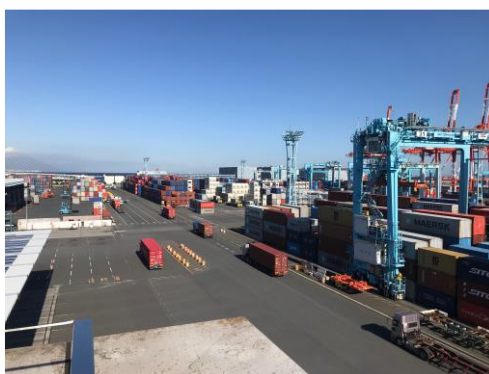


図-B.5.2 コンテナが浮上する浸水深<sup>5)</sup>

#### b) 設定方法の概要

- 「港湾の堤外地等における高潮リスク 低減方策ガイドライン (改訂版) 令和8年3月一部改訂」より, 上記 a)および b)の内容を設定した.

#### (参考文献)

- 国土交通省: 港湾の堤外地等における高潮リスク 低減方策ガイドライン (令和8年3月一部改訂) (<https://www.mlit.go.jp/kowan/content/001992412.pdf>)

## 付録C コンテナターミナル諸施設・設備に対する対策メニューの整理事例

### 1. はじめに

#### (1) 概要

本資料では、コンテナターミナルを構成する主要な施設・設備（表-C.1）における浸水被害対策を整理した事例を示す。各施設に対する浸水被害対策は、2.2（4）にて解説したフェーズドアプローチの考え方にに基づき（図-C.1），台風等による浸水への対策メニューを抽出したものである。対策は，以下に示すとおり，大きく4つに分類している。

- ・恒久施設・恒久設備による対応
- ・可搬設備を用いた事前準備（台風等の来襲前）
- ・可搬設備を用いた事後対応（台風等の来襲後）
- ・外部支援による対応（台風等の来襲後）

表-C.1 本資料の対象施設・設備

施設・設備		掲載箇所
大分類	小分類	
土木施設	岸壁	2.(1)
	護岸	2.(2)
	コンテナヤード	2.(3)
荷役機械	コンテナクレーン	3.(1)
	トランスファークレーン（RTG）	3.(2)
	自走式荷役機器	3.(3)
	トラクターヘッド・シャーシ	3.(4)
電気設備	特高受変電所	4.(1)
	二次・三次変電所	4.(2)
	照明施設	4.(3)
	監視カメラ	4.(4)
	フェンス（センサー）	4.(5)
	リーファー用給電施設	4.(6)
建築施設	管理棟	5.(1)
	ゲートハウス	5.(2)
	給油所	5.(3)

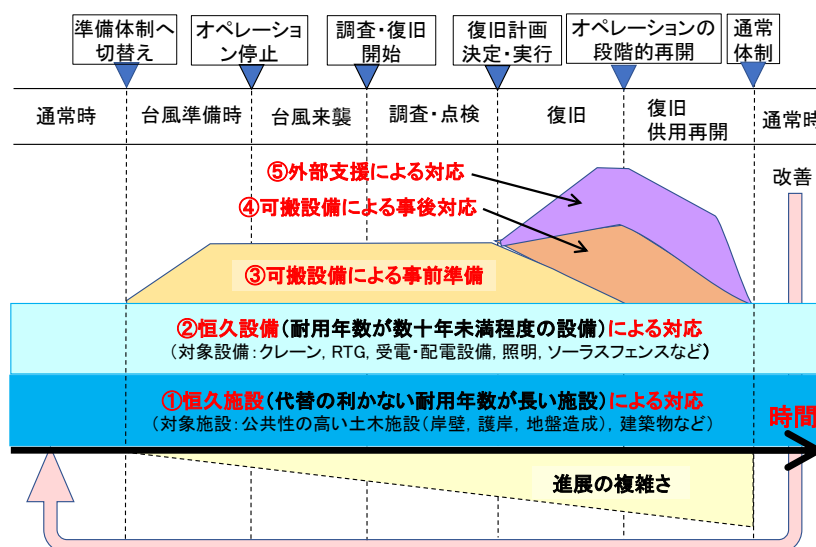


図-C.1 台風に対するコンテナターミナルにおける対策メニューの分類の考え方（概念図）

(2) フェーズドアプローチの考え方に基づく包括的な浸水対策案の抽出・整理方法の詳細

図-C.1 に沿って、フェーズドアプローチの考え方に基づく「包括的な浸水対策案の抽出・整理方法」の詳細を以下に示す。図の上部には、通常時から台風の来襲前・来襲中・来襲後までの時間変化とコンテナターミナルの運用上の主要イベントを示している。台風に対するコンテナターミナルの機能維持のための対策としては、図中に示す5つの対策(①～⑤)が考えられる。

a) 恒久施設・恒久設備による対応 (①, ②)

①恒久施設による対応は、代替の利かない耐用年数が長い施設による対策である。例えば、岸壁や地盤の嵩上げなど、公共性の高い土木施設を活用した浸水対策が該当する。また、浸水リスクの低い場所や高さに建築施設を整備する対策などが該当する。②恒久設備による対応は、耐用年数が数十年程度と比較的長い設備による対策である。対象設備は、コンテナクレーンや受電配電設備などである。例えば、耐浸水性の高いコンテナクレーンへの更新、受電・配電設備の更新時における嵩上げなどが該当する。

これらの恒久施設・設備を活用した浸水対策は、施設・設備を新規に整備する段階や更新・大規模修繕を行う際を実施することが効果的である。しかしながら、これらの対策で完全に浸水被害を抑止できれば理想的ではあるが、実際には整備コストや更新時期が合わなかったり、更新工事に伴う供用停止が許されないなどの問題により、実現できないことも多い。

図-C.2 にコンテナターミナルにおける恒久施設・恒久設備による対応の事例を示す。

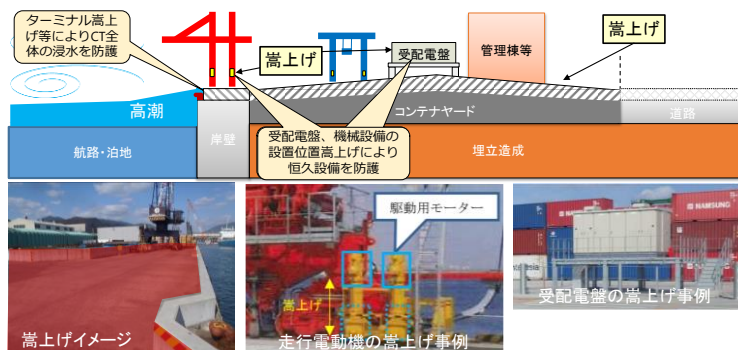


図-C.2 浸水被害に対するコンテナターミナルにおける恒久的な対策の事例

b) 可搬設備による事前対策 (③)

次に検討すべきは、③可搬設備による事前対策となる。この対策は、台風等の来襲前に、土のうや止水版などの可搬設備を設置し、台風来襲期間だけ浸水被害に対する防護レベルを向上させる対策である。空コンテナを台風前に固縛し、コンテナの倒壊・飛散を防ぐ対策も該当する。また、構内トラックなど移動可能な設備を、浸水被害が発生しづらい高台へ一時的に移動させ、浸水被害低減を図る対策も含まれる。可搬設備を用いた直前対策は、恒久的な対策に比較すると浸水被害低減効果は小さいが、比較的 low コストで実施できるものが多く、既存コンテナターミナルの浸水対策への適用性が高い。

図-C.3 にコンテナターミナルにおける可搬設備を用いた事前対策の事例を示す。

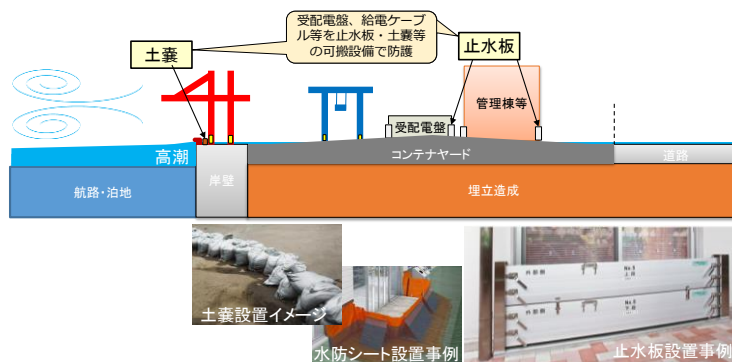


図-C.3 浸水被害に対するコンテナターミナルにおける可搬設備を用いた直前対策の事例

c) 可搬設備による事後対応 (④)

ここまで対策を実施しても、実際に台風が来襲したら何らかの設備の稼働停止が発生する場合も想定される。次の対策としては、④可搬設備による事後対応となる。事前準備をしておいた可搬設備を応急的に投入することで、長期間の機能停止を回避する対策である。電気供給の停止に備えた臨時発電機の準備などが該当する。

例えば、博多港国際コンテナターミナルにおいては、停電時においても管理棟（オペレーションシステム等を含む）及びリーファーコンテナ機能を確保するため、自家発電設備に加えて、荷役機械（RTGやストラドルキャリア）のエンジンなどを活用し、コンテナターミナルに電力を供給する仕組みを構築している（図-C.4）。

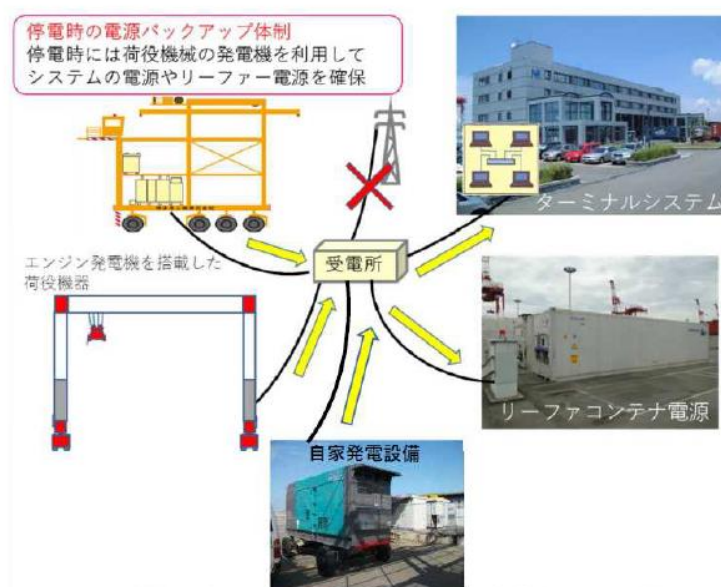


図-C.4 浸水被害に対するコンテナターミナルにおける可搬設備を用いた事後対策の事例【博多港】

d) 外部支援による対応 (⑤)

ここまで対策を実施しても、実際に台風が来襲したら何らかの設備の稼働停止が発生する場合も想定される。それでも対応が困難な場合への備えとして、⑤外部支援による対応がある。台風等の来襲時に何らかの設備の稼働停止が発生した場合に、隣接する港湾や関係機関が保有している可搬設備や供用可能な部品等を応急的に投入することで、長期間の機能停止を回避する対策である。災害対応に資する可搬設備を平時から備えておくためには初期投資や維持管理費のコストが生じるが、あらかじめ災害時の連携協定などを締結し、複数の関係機関で設備を共同保有することでコストを平準化するなどの工夫は可能であり、合理的な対策となり得る。

(3) 本情報の利用にあたっての注意点

本資料に掲載している情報は、令和元年度から令和3年度（2019年度～2021年度）にかけて、各施設の所有者やメーカー等への聞き取り調査を、一覧表形式でとりまとめたものである。本情報の利用にあたっては、情報の陳腐化、検討対象としている施設・設備への本情報の適用性について、十分注意する必要がある。特に、表中に「実現性の有無」、「実施工期」、「実施コスト」をも示しているが、あくまでも上記の聞き取り調査結果のみの情報から整理したものであり、検討対象施設への適用性については十分に確認する必要がある。適用が適切ではない場合は、対象施設に対して別途検討を行う必要がある。

## 2. 土木施設

### (1) 岸壁

#### ①岸壁の嵩上げ

高潮等による浸水によるコンテナターミナルの機能停止を防ぐためには、岸壁の天端高を嵩上げすることにより浸水を防止することが考えられる。しかしながら、既設ターミナルにおいては、供用中の嵩上げ工事は困難であるため、大規模更新時などの供用停止が認められる場合の恒久的な対策となる。一方で、新設ターミナルの場合には、予め浸水対策による効果を考慮した岸壁天端高を計画することが考えられる。

対策費用としては、平均嵩上げ量を0.5m、エプロン幅を40mとし、下部工の改良を必要とせず上部工の嵩上げのみで済む場合を想定し、岸壁延長1mあたり5,000千円程度の費用を見込む。

表-C.2.1 岸壁における浸水被害対策メニューの抽出事例

対象部材	設置高	対策メニュー	恒久設備	可搬設備		外部支援	実現性・備考	事例有無	実施工期	対策費用
				事前準備	事後対応					
—	—	①嵩上げ	○	—	—	—	有 ・更新など供用停止が認められる時に実施 【前提条件】 ・上部工のみ対象（下部工は考慮しない） ・平均嵩上げ量は0.5m、エプロン幅40mとする ・工事期間中は供用停止とする（一括施工）	—	2年	5,000千円/m
—	—	防潮壁の設置	○	—	—	—	有 ・嵩上げが出来ない場合 ・防潮壁の設置に岸壁下部が耐えられる構造の場合 ・コンテナターミナルでの事例あり	有	—	—

—： 該当なし（該当しない）。または、聞き取り調査時に、情報を得ることができなかった場合。

(2) 護岸

高潮等による浸水によるコンテナターミナルの機能停止を防ぐためには、護岸天端高の嵩上げ、大型土嚢の設置により浸水を防止することが考えられる。

表-C.2.2 護岸における浸水被害対策メニューの抽出事例

対象部材	設置高	対策メニュー	恒久設備	可搬設備		外部支援	実現性・備考	事例有無	実施工期	対策費用
				事前準備	事後対応					
—	—	嵩上げ	○	—	—	—	有 ・岸壁の供用に無関係の場合 【前提条件】 ・嵩上げ高さ1.5m ・上部工パラペット嵩上げ ・嵩上げに護岸下部が耐えられる構造の場合	有	2年	500千円/m
—	—	大型土嚢設置	—	○	—	—	有 ・土嚢流出も想定し、護岸際と内陸部に2重に設置。 【前提条件】 ・嵩上げ高さ1.4m、内陸部は0.7m ・護岸際2段(3+2)、内陸部1段(1)	有	1週	50千円/m

—：該当なし（該当しない）。または、聞き取り調査時に、情報を得ることができなかった場合。

①嵩上げ

岸壁の供用と無関係に施工を行うことが可能な場合も想定されることから、既設ターミナルにおいても実施可能な恒久的な対策となる。嵩上げ高さについては、予め浸水対策による効果を考慮した護岸天端高を計画することが考えられる。

護岸上部工パラペットの嵩上げを想定し、平均嵩上げ高さを1.5mとし、下部工の改良を必要としない場合には、1mあたり500千円程度の対策コストを見込む。

②大型土嚢設置

岸壁の供用と無関係に施工を行うことが可能な場合も想定されることから、既設ターミナルにおいても実施可能な高潮等に備えた事前準備的な対策となる。嵩上げ高さについては、予め浸水対策による効果を考慮した護岸天端高を計画することが考えられる。

土嚢の流出を想定し護岸際と内陸部に2重に設置することを想定し、嵩上げ高さを1.4m（護岸際）、0.7（内陸部）とする場合には、1mあたり50千円程度の対策コストを見込む。

(3) コンテナヤード (コンテナ)

高潮等による浸水によるコンテナターミナルの機能停止を防ぐためには、コンテナヤードの嵩上げ、可搬式防潮堤の設置により浸水を防止することが考えられる。

表-C.2.3 コンテナヤード (コンテナ) における浸水被害対策メニューの抽出事例

対象 部材	設置高	対策メニュー	恒 久 設 備	可搬設備		外 部 支 援	実現性・ 備考	事例 有無	実施 工期	対策 費用
				事 前 準 備	事 後 対 応					
-	-	①嵩上げ (排水設備の高位置へ の新設)	○	-	-	-	有 ・工区を分割して供用への影 響を最小限に出来る場合 ・荷役機械の動線確保が重要 【前提条件】 ・平均嵩上げ量は0.5mとする ・工事期間中は供用停止とす る(一括施工) ・建物は含まない	有	2年	10 千円/m <sup>2</sup>
		②排水ポンプの設置	○	○	○	-	有 ・排水設備の新設が出来ない 場合 ・浸水時にポンプをリース	-	1週	1,000 千円
		可搬式の防潮壁の設置	○	○	-	-	有 ・嵩上げが出来ない場合 ・コンテナターミナル以外で は事例有	有	-	-

- : 該当なし (該当しない) . または、聞き取り調査時に、情報を得ることができなかった場合.

①嵩上げ

荷役機械の動線を確保するために工区分けを行うことで施工を行うことが可能な場合も想定されることから、既設ターミナルにおいても実施可能な恒久的な対策となる。嵩上げ高さについては、予め浸水対策による効果を考慮した地盤高を計画することが考えられる。なお、コンテナヤードの嵩上げに併せ、ヤード内の排水設備 (管路、側溝、マンホール等) の嵩上げを考慮した高位置への新設も行う。

舗装面の嵩上げ、排水設備の新設を想定し、平均嵩上げ量を0.5mとした場合には、1m<sup>2</sup>あたり10千円程度の対策コストを見込む。

②排水ポンプの設置

コンテナヤードの嵩上げに併せてヤード内の排水設備の嵩上げが実施できない場合、排水ポンプの設置を行うことが考えられる。岸壁の供用と無関係に施工を行うことが可能な場合も想定されることから、既設ターミナルにおいても実施可能な高潮等に備えた恒久的な対策となる。また、排水ポンプのリース等も可能であることから、浸水想定時の可搬的な対策でもある。

排水ポンプのリースを想定する場合には、1,000千円程度の対策コストを見込む。また、外部からの電力供給が途絶えた場合に備えて、非常用電源を確保しておくことも考えられる。

### 3. 荷役機械

#### (1) コンテナクレーン

高潮等による浸水によるコンテナターミナルの機能停止を防ぐためには、コンテナクレーンの連続バースでの融通、給電ケーブルの流出防止、給電ケーブル及び脚部設備の予備品の保管、脚部設備の浸水対策を講じることが考えられる。

表-C.3.1 コンテナクレーンにおける浸水被害対策メニューの抽出事例

対象部材	設置高	対策メニュー	恒久設備	可搬設備		外部支援	実現性・備考	事例有無	実施工期	対策費用	
				事前準備	事後対応						
—	—	①被災後の外部からの導入（新規含まず）	—	—	—	○	無	・最低でも1ヶ月以上を要する	—	—	—
—	—	②連続バース内で、複数基整備し、供用可能なものを融通	○	○	—	○	有	・協定の締結が必要。 ・クレーンの重量により、岸壁が持たない場合がある。 ・クレーンの軌道を連続バース内で連結させる必要がある。	—	—	—
給電ケーブル	0m	③流出防止用の土嚢・鉄板の仮設	—	○	—	—	有	—	有	1日	50千円
		④予備品の保管（650m/1巻）	—	○	○	—	有	—	有	6か月	14,000千円～15,000千円
走行電動機	0.7m 0～1.45m	⑤高位置への設置	○	—	—	—	有	・耐震性が低下することに注意 ・走行ユニット（走行電動機、リンク部、減速機）全体への対策が必要 ・設計思想の転換と費用が必要	有	—	—

—： 該当なし（該当しない）。または、聞き取り調査時に、情報を得ることができなかった場合。

#### ① 外部支援によるクレーン調達

大型クレーンであり、調達・輸送に多大な時間を要するため実現性は低い。

#### ② 連続バースでの供用可能なクレーンの融通

連続バースとして整備されており、複数基のコンテナクレーンが整備されている場合、高潮発生後に供用可能なクレーンを融通することで早期に暫定的な供用を行うことが考えられる。ただし、バースごとにターミナルオペレーターが異なる場合には、有事に迅速な対応を可能とするためには、予め災害時の連携協定を締結する必要がある。また、予めクレーンレールを連続バース内で連結させておくなど施設面の対応も不可欠となる。

#### ③ 給電ケーブルの流出・損傷対策

コンテナクレーンの給電ケーブルはクレーンレール付近に掘られた溝に収められているが、浸水により漂流すると車輪などに衝突して損傷する可能性があるため、高潮想定時の事前準備として流出を防止するための対策（ケーブル溝上への土嚢等の設置、仮設蓋の設置、給電ピット付近へクレーンを移動してケーブル繰り出し長さを最小化）を講じることが考えられる。

土嚢・敷鉄板の設置を想定した場合には、50千円程度の対策コストを見込む。

④予備品の保管

コンテナクレーンの給電ケーブル、走行電動機（モーター）への浸水対策が困難な場合には、被災後に早期に交換が行えるように予備品を保管しておくことが考えられる。

給電ケーブルの予備品の保管を想定した場合には、14,000～15,000千円程度の対策コストを見込む。

⑤走行電動機の高位置への設置

コンテナクレーンの走行電動機（モーター）の浸水対策として、電動機を高い位置へ設置することで浸水被害を回避することが考えられる。ただし、車輪と走行電動機との距離が大きくなることにより動力が伝えにくくなること、重量物である走行電動機を高位置化することで耐震性が低下することに留意した設計が必要となる。

(2)トランスファークレーン (RTG)

高潮等による浸水によるトランスファークレーン (RTG) の機能停止を防ぐためには、ディーゼル発電方式や給電方式の場合には、走行電動機の高位置への設置、車輪軸のオーバーホール、走行ステアリング電動機の高位置への設置、リミットスイッチの高位置への設置、ジャイロセンサーの高位置への設置、被災後の外部からの導入（新規含まず）、連続バース内で複数基整備して供用可能なものを融通、などの対策が考えられる。

また、給電方式のトランスファークレーン (RTG) の場合には、バスバーの高位置への設置、自動脱着集電装置（バスバーからの受電装置）の高位置への設置により浸水を防止することが考えられる。

表-C.3.2 トランスファークレーン (RTG) における浸水被害対策メニューの抽出事例

対象部材	設置高	対策メニュー	恒久設備	可搬設備		外部支援	実現性・備考	事例有無	実施工期	対策費用
				事前準備	事後対応					
走行電動機	0.5m (16輪型)	①高位置への設置	○	-	-	-	有 ・設計思想の転換と費用が必要	-	-	-
車輪軸	0.5m	②オーバーホール	-	-	○	-	無 ・4日以上時間がかかる	-	-	-
バスバー	1.5m	③高位置への設置	○	-	-	-	有 ・設計思想の転換と費用が必要	-	-	-
自動脱着集電装置 (バスバーからの受電装置)	1.5m	④高位置への設置	○	-	-	-	有 ・設計思想の転換と費用が必要	-	-	-
走行ステアリング電動機	1.5m	⑤高位置への設置	○	-	-	-	有 ・設計思想の転換と費用が必要	-	-	-
リミットスイッチ	1.0m	⑥高位置への設置	-	-	-	-	有 ・設計思想の転換と費用が必要	-	-	-
ジャイロセンサー	1.0m	⑦高位置への設置	○	-	-	-	有 ・自動化の場合のみ必要 ・設計思想の転換と費用が必要	-	-	-
-	-	⑧被災後の外部からの導入（新規含まず。）	-	-	-	○	無 ・4日以上時間がかかる	-	-	-
-	-	⑨連続バース内で、複数基整備し、供用可能なものを融通	○	○	-	○	有 ・協定の締結が必要。	-	-	-
-	-	⑩被災後のストラドルキャリア、リーチスタッカー等他の荷役機械の導入	-	-	-	○	有 ・ストラドルキャリア：コンテナの積み段数などのオペレーションが変わるため困難 ・事前のマッチングや、協定の締結等が必要	-	-	-
							有 ・リーチスタッカー：舗装の損傷のおそれあり	-	-	-

-： 該当なし（該当しない）。または、聞き取り調査時に、情報を得ることができなかった場合。

①走行電動機の高位置への設置

トランスファークレーンの走行電動機（モーター）の浸水対策として、高い位置へ設置することで浸水を回避することが考えられる。ただし、車輪と走行電動機との距離が大きくなることにより動力が伝えにくくなること、重量物である走行電動機を高位置化することで耐震性が低下することに留意した設計が必要となる。

②車輪軸のオーバーホール

トランスファークレーンの車輪軸については、事後対策としてオーバーホールを行うことで復旧することが考えられるが、復旧に時間がかかるため実現性は低い。

③バスバーの高位置への設置

トランスファークレーンのバスバーの浸水対策として、高い位置へ設置することで浸水を回避することが考えられる。ただし、設計思想の転換と費用が必要である。

④自動脱着集電装置（バスバーからの受電装置）の高位置への設置

トランスファークレーンの自動脱着集電装置（バスバーからの受電装置）の浸水対策として、高い位置へ設置することで浸水を回避することが考えられる。ただし、設計思想の転換と費用が必要である。

⑤走行ステアリング電動機の高位置への設置

トランスファークレーンの走行ステアリング電動機の浸水対策として、高い位置へ設置することで浸水を回避することが考えられる。ただし、設計思想の転換と費用が必要である。

⑥リミットスイッチの高位置への設置

トランスファークレーンのリミットスイッチの浸水対策として、高い位置へ設置することで浸水を回避することが考えられる。ただし、設計思想の転換と費用が必要である。

⑦ジャイロセンサーの高位置への設置

トランスファークレーンのジャイロセンサーの浸水対策として、高い位置へ設置することで浸水を回避することが考えられる。ただし、自動化の場合のみ必要であり、設計思想の転換と費用が必要である。

⑧被災後の外部からの導入（新規含まず）

トランスファークレーンについては、事後対策として外部からの導入を行うことで復旧することが考えられるが、復旧に時間がかかるため実現性は低い。

⑨連続バース内で、複数基整備し、供用可能なものを融通

トランスファークレーンの浸水対策として、連続バース内で、複数基整備し、供用可能なものを融通することで浸水を回避することが考えられる。ただし、協定の締結が必要である。

⑩被災後のストラドルキャリア、リーチスタッカー等他の荷役機械の導入

トランスファークレーンについては、事後対策としてストラドルキャリア、リーチスタッカー等他の荷役機械の導入を行うことで復旧することが考えられるが、復旧に時間がかかるため実現性は低い。また、ストラドルキャリアはコンテナの積み段数などのオペレーションが変わるため困難であり、リーチスタッカーは舗装の損傷のおそれがある。

(3) 自走式荷役機械(トップリフター・サイドリフター・フォークリフト)

高潮等による浸水による自走式荷役機械の機能停止を防ぐためには、エンジンの高位置への設置、エンジンの水密性の付加、リフト部油圧シリンダーの高位置への設置、リフト部油圧シリンダーへの水密性の付加、駐機場所の変更(陸側への退避)、マウンドアップした場所への退避、構外への退避、被災後の外部からの導入(新規含まず)、連続バース内にて複数基整備して供用可能なものを融通、などの対策が考えられる。

表-C.3.3 自走式荷役機械(トップリフター・サイドリフター・フォークリフト)における浸水被害対策メニューの抽出事例

対象部材	設置高	対策メニュー	恒久設備	可搬設備		外部支援	実現性・備考	事例有無	実施工期	対策費用	
				事前準備	事後対応						
エンジン	0.9m	①高位置への設置	○	-	-	-	有	・技術開発が必要	-	-	-
		②水密性の付加	○	-	-	-	有	・技術開発が必要	-	-	-
リフト部油圧シリンダー	1.8m	③高位置への設置	○	-	-	-	有	・技術開発が必要	-	-	-
		④水密性の付加	○	-	-	-	有	・技術開発が必要	-	-	-
-	-	⑤駐機場所の変更(陸側への退避)	-	○	-	-	有	・効果は限定的	-	-	-
-	-	⑥マウンドアップした場所への退避	○	○	-	-	有	・一定規模のマウンドアップした場所の造成が必要	-	-	-
-	-	⑦構外への退避	-	○	-	-	有	・道路運送車両法等との関係法令の整理が必要	-	-	-
-	-	⑧被災後の外部からの導入(新規含まず)	-	-	-	○	有	・道路運送法車両法の整理が必要	-	-	-
-	-	⑨連続バース内で、複数基整備し、供用可能なものを融通	○	-	-	-	有	・協定の締結が必要	-	-	-

- : 該当なし(該当しない)。または、聞き取り調査時に、情報を得ることができなかった場合。

①エンジンの高位置への設置

自走式荷役機械のエンジンの浸水対策として、高い位置へ設置することで浸水を回避することが考えられる。ただし、車輪と走行電動機との距離が大きくなることにより動力が伝えにくくなること、重量物である走行電動機を高位置化することで耐震性が低下することに留意した設計が必要となる。

②エンジンの水密性の付加

自走式荷役機械のエンジンの浸水対策として、水密性の付加をすることで浸水を回避することが考えられる。ただし、技術開発が必要である。

③リフト部油圧シリンダーの高位置への設置

自走式荷役機械のリフト部油圧シリンダーの浸水対策として、高い位置へ設置することで浸水を回避することが考えられる。ただし、技術開発が必要である。

④リフト部油圧シリンダーの水密性の付加

自走式荷役機械のリフト部油圧シリンダーの浸水対策として、水密性の付加をすることで浸水を回避することが考えられる。ただし、技術開発が必要である。

⑤駐機場所の変更（陸側への退避）

自走式荷役機械の浸水対策として、駐機場所の変更（陸側への退避）することで浸水を回避することが考えられる。ただし、効果は限定的である。

⑥マウンドアップした場所への退避

自走式荷役機械の浸水対策として、マウンドアップした場所へ退避することで浸水を回避することが考えられる。ただし、一定規模のマウンドアップした場所の造成が必要である。

⑦構外への退避

自走式荷役機械の浸水対策として、構外へ退避することで浸水を回避することが考えられる。ただし、道路運送車両法等との関係法令の整理が必要である。

⑧被災後の外部からの導入（新規含まず）

自走式荷役機械の被災後については、事後対策として外部からの導入（新規含まず）を行うことで復旧することが考えられる。ただし、道路運送法車両法の整理が必要である。

⑨連続バース内で、複数基整備し、供用可能なものを融通

自走式荷役機械の被災後については、事後対策として連続バース内で、複数基整備し、供用可能なものを融通することで復旧することが考えられる。ただし、協定の締結が必要である。

(4) 構内トラクターヘッド・シャーシ

高潮等による浸水による構内トラクターヘッド・シャーシの機能停止を防ぐためには、駐機場所の変更（陸側への退避）、マウンドアップした場所への退避、構内トラクターヘッドの構外への退避、エンジンの高位置への設置、エンジンへの水密性の付加、サスペンション・シリンダー類の高位置への設置、サスペンション・シリンダー類への水密性の付加、被災後の外部からの導入（新規含まず）、連続バース内にて複数基整備して供用可能なものを融通、などの対策が考えられる。

表-C.3.4 構内トラクターヘッド・シャーシにおける浸水被害対策メニューの抽出事例

対象部材	設置高	対策メニュー	恒久設備	可搬設備		外部支援	実現性・備考	事例有無	実施工期	対策費用	
				事前準備	事後対応						
—	—	①駐機場所の変更（陸側への退避）	—	○	—	—	有	・効果は限定的	—	—	—
—	—	②マウンドアップした場所への退避	○	○	—	—	有	・一定規模のマウンドアップした場所の造成が必要	—	—	—
—	—	③構内トラクターヘッドの構外への退避	—	○	—	—	有	・道路運送車両法等との関係法令の整理が必要	有	—	—
エンジン	0.7m	④高位置への設置	○	—	—	—	—		—	—	—
		⑤水密性の付加	○	—	—	—	—		—	—	—
サスペンション・シリンダー類	0.5m	⑥高位置への設置	○	—	—	—	—		—	—	—
		⑦水密性の付加	○	—	—	—	—		—	—	—
—	—	⑧被災後の外部からの導入（新規含まず。）	—	—	—	○	—		—	—	—
—	—	⑨連続バース内で、複数基整備し、供用可能なものを融通	—	○	—	○	有	・協定の締結が必要	—	—	—

—： 該当なし（該当しない）。または、聞き取り調査時に、情報を得ることができなかった場合。

①駐機場所の変更（陸側への退避）

構内トラクターヘッド・シャーシの浸水対策として、駐車場所の変更（陸側への退避）をすることで浸水を回避することが考えられる。ただし、効果は限定的である。

②マウンドアップした場所への退避

構内トラクターヘッド・シャーシの浸水対策として、マウンドアップした場所への退避をすることで浸水を回避することが考えられる。ただし、一定規模のマウンドアップした場所の造成が必要である。

③構内トラクターヘッドの構外への退避

構内トラクターヘッド・シャーシの浸水対策として、構内トラクターヘッドの構外への退避をすることで浸水を回避することが考えられる。ただし、道路運送車両法等との関係法令の整理が必要だが、神戸港で、実施例がある。

④エンジンの高位置への設置

構内トラクターヘッド・シャーシのエンジンの浸水対策として、高い位置へ設置をすることで浸水を回避することが考えられる。ただし、車輪と走行電動機との距離が大きくなることにより動力が伝えにくくなること、重量物である走行電動機を高位置化することで耐震性が低下することに留意した設計が必要となる。

⑤エンジンの水密性の付加

構内トラクターヘッド・シャーシのエンジンの浸水対策として、水密性の付加をすることで浸水を回避することが考えられる。

⑥サスペンション・シリンダー類の高位置への設置

構内トラクターヘッド・シャーシのサスペンション・シリンダー類の浸水対策として、高い位置へ設置をすることで浸水を回避することが考えられる。

⑦サスペンション・シリンダー類の水密性の付加

構内トラクターヘッド・シャーシのサスペンション・シリンダー類の浸水対策として、水密性の付加をすることで浸水を回避することが考えられる。

⑧被災後の外部からの導入（新規含まず。）

構内トラクターヘッド・シャーシについては、事後対策として、外部からの導入（新規含まず。）をすることで復旧することが考えられる。

⑨連続バース内で、複数基整備し、供用可能なものを融通

構内トラクターヘッド・シャーシについては、連続バース内で、複数基整備し、供用可能なものを融通することで復旧することが考えられる。ただし、協定の締結が必要である。

#### 4. 電気設備

##### (1) 特高受変電所

高潮等による浸水による特高受変電所の機能停止を防ぐためには、土嚢・止水版等の仮設、配線ピットの高位置への設置、配線ピットの水密性の付加、配線ピットの土嚢・止水版等の仮設、中央監視設備の高位置への設置、中央監視設備の水密性の付加、中央監視設備の土嚢・止水版等の仮設、受変電設備の高位置への設置、受変電設備の水密性の付加、受変電設備の土嚢・止水版等の仮設、空調（室外器）の高位置への設置、非常用電源の稼働による高圧電力確保、スライド式防水版の設置により浸水を防止することが考えられる。

表-C.4.1 特高受変電所における浸水被害対策メニューの抽出事例

対象部材	設置高	対策メニュー	恒久設備	可搬設備		外部支援	実現性・備考	事例有無	実施工期	対策費用	
				事前準備	事後対応						
特高受変電所建物	—	①土嚢・止水版等の仮設	—	○	—	—	有 ・設置位置に応じた検討が必要	有	6か月	5,000千円	
配線ピット 中央監視設備	0.375m 0.375m	②高位置への設置	○	—	—	—	有 ・設計思想の転換と費用が必要 ・建物の建て替えが必要	—	2年	200,000千円	
		③水密性の付加	○	—	—	—	有 ・技術開発が必要		—	—	—
		④土嚢・止水版等の仮設	—	○	—	—	—		有 ・設置位置に応じた検討が必要	6か月	5,000千円
		⑤高位置への設置	○	—	—	—	—	有 ・設計思想の転換と費用が必要 ・建物の建て替えが必要	—	1年	50,000千円
		⑥水密性の付加	○	—	—	—	—	有 ・技術開発が必要	—	—	—
		⑦土嚢・止水版等の仮設	—	○	—	—	—	—	有 ・設置位置に応じた検討が必要	—	6か月
受変電設備	0.375m	⑧高位置への設置	○	—	—	—	有 ・設計思想の転換と費用が必要	—	1.5年	1,000,000千円	
		⑨水密性の付加	○	—	—	—	有 ・技術開発が必要	—	—	—	
		⑩土嚢・止水版等の仮設	—	○	—	—	—	有 ・設置位置に応じた検討が必要	—	6か月	5,000千円
空調 (室外器)	0.2m	⑪高位置への設置	—	—	—	—	有 ・架台等により嵩上げ ・高さにより、運用面に配慮が必要	有	4か月	2,000千円	
		⑫非常用電源の稼働による高圧電力確保	—	—	○	—	有 ・災害時必要容量の検討が必要	有	2か月 (リース)	50,000千円	
		⑬スライド式防水版の設置	○	—	—	—	有 ・全ての開口部（出入口）に設置する必要あり	有	1年	10,000千円/箇所	

—：該当なし（該当しない）。または、聞き取り調査時に、情報を得ることができなかった場合。

##### ①土嚢・止水版等の仮設

特高受変電所の浸水対策として、土嚢・止水版等を仮設することで浸水を回避することが考えられる。止水板の整備を想定する場合には、5,000千円程度の対策コストを見込む。なお、設置位置に応じた検討が必要となる。

##### ②配線ピットの高位置への設置

特高受変電所の配線ピットの浸水対策として、高位置に設置することで浸水を回避することが考えられる。設計思想の転換と費用を必要とする場合には、200,000千円程度の対策コストを見込む。

③配線ピットの水密性の付加

特高受変電所の配線ピットの水浸対策として、水密性の付加をすることで浸水を回避することが考えられる。ただし、技術開発が必要である。

④配線ピットの土嚢・止水版等の仮設

特高受変電所の配線ピットの水浸対策として、土嚢・止水版等を仮設することで浸水を回避することが考えられる。止水版の整備を想定する場合には、5,000千円程度の対策コストを見込む。なお、設置位置に応じた検討が必要となる。

⑤中央監視設備の高位置への設置

特高受変電所の中央監視設備の水浸対策として、高位置に設置することで浸水を回避することが考えられる。中央監視設備の整備を想定する場合には、50,000千円低緯度の対策コストを見込む。なお、設計思想の転換と費用が必要になる。

⑥中央監視設備の水密性の付加

特高受変電所の中央監視設備の水浸対策として、水密性を付加することで浸水を回避することが考えられる。ただし、技術開発が必要である。

⑦中央監視設備の土嚢・止水版等の仮設

特高受変電所の中央監視設備の水浸対策として、土嚢・止水版等を仮設することで浸水を回避することが考えられる。止水版の整備を想定する場合には、5,000千円程度の対策コストを見込む。なお、設置位置に応じた検討が必要となる。

⑧受変電設備の高位置への設置

特高受変電所の受変電設備の水浸対策として、高位置に設置をすることで浸水を回避することが考えられる。受変電設備の整備を想定する場合には、1,000,000千円低緯度の対策コストを見込む。なお、設計思想の転換と費用が必要になる。

⑨受変電設備の水密性の付加

特高受変電所の受変電設備の水浸対策として、水密性を付加することで浸水を回避することが考えられる。ただし、技術開発が必要である。

⑩受変電設備の土嚢・止水版等の仮設

特高受変電所の受変電設備の水浸対策として、土嚢・止水版等を仮設することで浸水を回避することが考えられる。受変電設備の整備を想定する場合には、5,000千円低緯度の対策コストを見込む。なお、設置位置に応じた検討が必要である。

⑪空調（室外器）

特高受変電所の空調（室外器）の水浸対策として、高位置に設置することで浸水を回避することが考えられる。空調（室外器）の整備を想定する場合には、2,000千円低緯度の対策コストを見込む。ただし、架台等により嵩上げする際は、運用面への配慮が必要となる。

⑫非常用電源の稼働による高圧電力確保

非常用電源については、事後対策として高圧電力を確保することで復旧することが考えられる。非常用電源の整備を想定する場合には、50,000千円程度の対策コストを見込む。ただし、災害時必要容量の検討が必要である。

⑬スライド式防水版の設置

特高受変電所の水浸対策として、スライド式防水版を設置することで浸水を回避することが考えられる。スライド式防水版の設置を想定する場合には、1個所あたり10,000千円程度の対策コストを見込む。ただし、全ての開口部（出入口）に設置する必要がある。

(2) 二次・三次変電所

高潮等による浸水による二次・三次変電所の機能停止を防ぐためには、土嚢・止水版等の仮設、配線ピットの高位置への設置、配線ピットの水密性の付加、配線ピットの土嚢・止水版等の仮設、受変電設備の高位置への設置、受変電設備の水密性の付加、受変電設備の土嚢・止水版等の仮設、空調（室外器）の高位置への設置、非常用電源の稼働による電力供給、スライド式防水版の設置により浸水を防止することが考えられる。

表-C.4.2 二次・三次変電所における浸水被害対策メニューの抽出事例

対象部材	設置高	対策メニュー	恒久設備	可搬設備		外部支援	実現性・備考	事例有無	実施工期	対策費用	
				事前準備	事後対応						
建物（開口部）	—	①土嚢・止水版等の仮設	—	○	—	—	有 ・設置位置に応じた検討が必要	—	6か月	5,000千円	
配線ピット	0.14m	②高位置への設置	○	—	—	—	有 ・設計思想の転換と費用が必要 ・変電設備の建て替えを想定	—	1年	100,000千円	
		③水密性の付加	○	—	—	—	有 ・技術開発が必要		—	—	—
		④土嚢・止水版等の仮設	—	○	—	—	—		有 ・設置位置に応じた検討が必要	6か月	5,000千円
受変電設備	0.14m	⑤高位置への設置	○	—	—	—	有 ・設計思想の転換と費用が必要	—	1年	50,000千円 ～ 20,000千円	
		⑥水密性の付加	○	—	—	—	有 ・技術開発が必要	—	—	—	
		⑦土嚢・止水版等の仮設	—	○	—	—	—	有 ・設置位置に応じた検討が必要	—	6か月	5,000千円
空調（室外器）	0.2m	⑧高位置への設置	—	—	—	—	有 ・架台等により高上げ ・高さにより、運用面に配慮が必要	有	4ヶ月	1,500千円	
建物（開口部）	—	⑨非常用電源の稼働による電力供給	—	—	○	—	無 ・多数の電源の準備が必要となるため。	—	—	—	
建物（開口部）	—	⑩スライド式防水版の設置	○	—	—	—	有 ・全ての開口部（出入口）に設置する必要あり	有	1年	10,000千円/箇所	

—： 該当なし（該当しない）。または、聞き取り調査時に、情報を得ることができなかった場合。

①土嚢・止水版等の仮設

二次・三次変電所の浸水対策として、土嚢・止水版等を仮設することで浸水を回避することが考えられる。

土嚢・止水版等の設置を想定する場合には、5,000千円程度の対策コストを見込む。ただし、設置位置に応じた検討が必要である。

②配線ピットの高位置への設置

二次・三次変電所の配線ピットの浸水対策として、高い位置に設置することで浸水を回避することが考えられる。高い位置への設置を想定する場合には、100,000千円程度の対策コストを見込む。ただし、設計思想の転換と費用が必要である。

③配線ピットの水密性の付加

二次・三次変電所の配線ピットの浸水対策として、水密性を付加することで浸水を回避することが考えられる。ただし、技術開発が必要である。

④配線ピットの土嚢・止水版等の仮設

二次・三次変電所の配線ピットの浸水対策として、土嚢・止水版等を仮設することで浸水を回避することが考えられる。土嚢・止水版等の設置を想定する場合には、5,000千円程度の対策コストを見込む。ただし、設置位置に応じた検討が必要である。

⑤受変電設備の高位置への設置

二次・三次変電所の受変電設備の浸水対策として、高い位置に設置することで浸水を回避することが考えられる。高い位置への設置を想定する場合には、20,000~50,000千円程度の対策コストを見込む。ただし、設計思想の転換と費用が必要である。

⑥受変電設備の水密性の付加

二次・三次変電所の受変電設備の浸水対策として、水密性を付加することで浸水を回避することが考えられる。ただし、技術開発が必要である。

⑦受変電設備の土嚢・止水版等の仮設

二次・三次変電所の受変電設備浸水対策として、土嚢・止水版等を仮設することで浸水を回避することが考えられる。土嚢・止水版等の設置を想定する場合には、5,000千円程度の対策コストを見込む。ただし、設置位置に応じた検討が必要である。

⑧空調（室外器）の高位置への設置

二次・三次変電所の空調（室外器）の浸水対策として、高い位置に設置することで浸水を回避することが考えられる。高い位置への設置を想定する場合には、1,500千円程度の対策コストを見込む。架台等により嵩上げ高さにより、運用面に配慮が必要である。

⑨非常用電源の稼働による電力供給

非常用電源については、事後対策として稼働による電力供給することで復旧することが考えられる。ただし、多数準備が必要となる。

⑩スライド式防水版の設置

二次・三次変電所の浸水対策として、スライド式防水版を設置することで浸水を回避することが考えられる。スライド式防水版の設置を想定する場合には、1個所あたり10,000千円の対策コストを見込む。ただし、全ての開口部（出入口）に設置する必要がある。

### (3) 照明施設

高潮等による浸水による照明施設の機能停止を防ぐためには、制御装置の高位置への設置、制御装置の水密性の付加、制御装置の止水版等の設置、電源ボックスの高位置への設置、電源ボックスの水密性の付加、電源ボックスの止水版等の設置、仮設照明の設置による照度確保、複数基整備し、供用可能なものを使用、荷役機械の照明を代用により浸水を防止することが考えられる。

表-C.4.3 照明施設における浸水被害対策メニューの抽出事例

対象部材	設置高	対策メニュー	恒久設備	可搬設備		外部支援	実現性・備考	事例有無	実施工期	対策費用
				事前準備	事後対応					
制御装置	0.75m	①高位置への設置	○	-	-	-	有 ・設計思想の転換と費用が必要	-	6か月	1,000千円/個所
		②水密性の付加	○	-	-	-	有 ・技術開発が必要	-	-	-
		③止水版等の設置	-	○	-	-	有 ・設置位置に応じた検討が必要	-	6か月	5,000千円
電源ボックス	0.75m	④高位置への設置	○	-	-	-	有 ・設計思想の転換と費用が必要	-	6か月	1,000千円/個所
		⑤水密性の付加	○	-	-	-	有 ・技術開発が必要	-	-	-
		⑥止水版等の設置	-	○	-	-	有 ・設置位置に応じた検討が必要	-	6か月	5,000千円
-	-	⑦仮設照明の設置による照度確保	-	-	○	○	有 ・協定の締結	-	-	-
-	-	⑧複数基整備し、供用可能なものを使用	○	-	-	-	有 ・設計思想の追加と費用が必要	-	-	-
-	-	⑨荷役機械の照明を代用	-	-	○	-	有 ・荷役機械配置位置検討及び照度検討が必要	-	-	-

- : 該当なし(該当しない)。または、聞き取り調査時に、情報を得ることができなかった場合。

#### ①制御装置の高位置への設置

照明施設の制御装置の浸水対策として、高い位置に設置することで浸水を回避することが考えられる。

高い位置への設置を想定する場合には、1個所あたり1,000千円程度の対策コストを見込む。ただし、設計思想の転換と費用が必要である。

#### ②制御装置の水密性の付加

照明施設の制御装置の浸水対策として、水密性を付加することで浸水を回避することが考えられる。ただし、技術開発が必要である。

③制御装置の止水版等の設置

照明施設の制御装置の浸水対策として、止水版等を設置することで浸水を回避することが考えられる。

止水版等の設置を想定する場合には、5,000千円程度の対策コストを見込む。ただし、設置位置に応じた検討が必要である。

④電源ボックスの高位置への設置

照明施設の電源ボックスの浸水対策として、高い位置に設置することで浸水を回避することが考えられる。

高い位置への設置を想定する場合には、1個所あたり1,000千円程度の対策コストを見込む。ただし、設計思想の転換と費用が必要である。

⑤電源ボックスの水密性の付加

照明施設の電源ボックスの浸水対策として、水密性を付加することで浸水を回避することが考えられる。ただし、技術開発が必要である。

⑥電源ボックスの止水版等の設置

照明施設の電源ボックスの浸水対策として、止水版等を設置することで浸水を回避することが考えられる。

止水版等の設置を想定する場合には、5,000千円程度の対策コストを見込む。ただし、設置位置に応じた検討が必要である。

⑦仮設照明の設置による照度確保

照明施設については、事後対策として仮設照明の設置による照度確保を行うことで復旧することが考えられる。ただし、協定の締結が必要である。

⑧複数基整備し、供用可能なものを使用

照明施設については、事後対策として複数基整備し、供用可能なものを使用することで復旧することが考えられる。ただし、設計思想の追加と費用が必要である。

⑨荷役機械の照明を代用

照明施設については、事後対策として荷役機械の照明を代用することで復旧することが考えられる。ただし、荷役機械配置位置検討及び照度検討が必要である。

(4) 監視カメラ

高潮等による浸水による監視カメラの機能停止を防ぐためには、制御装置の高位置への設置、制御装置への水密性の付加、制御装置への止水版等の設置、電源ボックスの高位置への設置、電源ボックスへの水密性の付加、電源ボックスの止水版等の設置、により浸水を防止することが考えられる。

表-C.4.4 監視カメラにおける浸水被害対策メニューの抽出事例

対象部材	設置高	対策メニュー	恒久設備	可搬設備		外部支援	実現性・備考	事例有無	実施工期	対策費用
				事前準備	事後対応					
制御装置	0.75m 5m以上	①高位置への設置	○	-	-	-	有 ・設計思想の転換と費用が必要	-	3か月	1,000千円
		②水密性の付加	○	-	-	-	有 ・技術開発が必要	-	-	-
		③止水版等の設置	-	○	-	-	有 ・設置位置に応じた検討が必要	-	6か月	5,000千円
電源ボックス	0.75m 5m以上	④高位置への設置	○	-	-	-	有 ・設計思想の転換と費用が必要	-	3か月	100千円/面
		⑤水密性の付加	○	-	-	-	有 ・技術開発が必要	-	-	-
		⑥止水版等の設置	-	○	-	-	有 ・設置位置に応じた検討が必要	-	6か月	5,000千円
-	-	⑦ガードマンの増員によるマニュアル保安対応	-	-	○	-	有 ・人件費が必要	-	-	-

- : 該当なし (該当しない) . または、聞き取り調査時に、情報を得ることができなかった場合.

①制御装置の高位置への設置

監視カメラの制御装置の浸水対策として、高い位置に設置することで浸水を回避することが考えられる。

高い位置への設置を想定する場合には、1,000千円程度の対策コストを見込む。ただし、設計思想の転換と費用が必要である。

②制御装置の水密性の付加

監視カメラの制御装置の浸水対策として、水密性を付加することで浸水を回避することが考えられる。ただし、技術開発が必要である。

③制御装置の止水版等の設置

監視カメラの制御装置の浸水対策として、止水版等を設置することで浸水を回避することが考えられる。

止水版等の設置を想定する場合には、5,000千円程度の対策コストを見込む。ただし、設置位置に応じた検討が必要である。

④電源ボックスの高位置への設置

監視カメラの電源ボックスの浸水対策として、高い位置に設置することで浸水を回避することが考えられる。

高い位置への設置を想定する場合には、1面あたり100千円程度の対策コストを見込む。ただし、設計思想の転換と費用が必要である。

⑤電源ボックスの水密性の付加

監視カメラの電源ボックスの浸水対策として、水密性を付加することで浸水を回避することが考えられる。ただし、技術開発が必要である。

⑥電源ボックスの止水版等の設置

監視カメラの電源ボックスの浸水対策として、止水版等を設置することで浸水を回避することが考えられる。

止水版等の設置を想定する場合には、5,000千円程度の対策コストを見込む。ただし、設置位置に応じた検討が必要である。

⑦ガードマンの増員によるマニュアル保安対応

監視カメラについては、事後対策としてガードマンの増員によるマニュアル保安対応を行うことで復旧することが考えられる。ただし、人件費が必要である。

(5) フェンス（センサー）

高潮等による浸水によるフェンス（センサー）の機能停止を防ぐためには、制御装置の高位置への設置、制御装置の水密性の付加、制御装置の止水版等の設置、電源ボックスの高位置への設置、電源ボックスの水密性の付加、電源ボックスの止水版等の設置、保安要員の増員によるマニュアル保安対応、仮設の障壁の設置により浸水を防止することが考えられる。

表-C.4.5 フェンス（センサー）における浸水被害対策メニューの抽出事例

対象部材	設置高	対策メニュー	恒久設備	可搬設備		外部支援	実現性・備考	事例有無	実施工期	対策費用
				事前準備	事後対応					
制御装置	1.5m	①高位置への設置	○	-	-	-	有 ・設計思想の転換と費用が必要	-	3か月	1,000千円
		②水密性の付加	○	-	-	-	有 ・技術開発が必要	-	-	-
		③止水版等の設置	-	○	-	-	有 ・設置位置に応じた検討が必要	-	6か月	5,000千円
電源ボックス	1.5m	④高位置への設置	○	-	-	-	有 ・設計思想の転換と費用が必要	-	3か月	100千円/面
		⑤水密性の付加	○	-	-	-	有 ・技術開発が必要	-	-	-
		⑥止水版等の設置	-	○	-	-	有 ・設置位置に応じた検討が必要	-	6か月	5,000千円
-	-	⑦保安要員の増員によるマニュアル保安対応	-	-	○	-	無 ・人件費が必要となる	-	-	-
-	-	⑧仮設の障壁の設置	-	-	○	-	有 ・設置位置に応じた検討が必要	-	-	-

-：該当なし（該当しない）。または、聞き取り調査時に、情報を得ることができなかった場合。

①制御装置の高位置への設置

フェンス（センサー）の制御装置の浸水対策として、高い位置に設置することで浸水を回避することが考えられる。高い位置への設置を想定する場合には、1,000千円程度の対策コストを見込む。ただし、設計思想の転換と費用が必要である。

②制御装置の水密性の付加

フェンス（センサー）の制御装置の浸水対策として、水密性を付加することで浸水を回避することが考えられる。ただし、技術開発が必要である。

③制御装置の止水版等の設置

フェンス（センサー）の制御装置の浸水対策として、止水版等を設置することで浸水を回避することが考えられる。止水版等の設置を想定する場合には、5,000千円程度の対策コストを見込む。ただし、設置位置に応じた検討が必要である。

④電源ボックスの高位置への設置

フェンス（センサー）の電源ボックスの浸水対策として、電源ボックスを高位置に設置することで浸水を回避することが考えられる。高い位置への設置を想定する場合には、1面あたり100千円の対策コストを見込む。ただし、設計思想の転換と費用が必要である。

⑤電源ボックスの水密性の付加

フェンス（センサー）の電源ボックスの浸水対策として、水密性を付加することで浸水を回避することが考えられる。ただし、技術開発が必要である。

⑥電源ボックスの止水版等の設置

フェンス（センサー）の電源ボックスの浸水対策として、止水版等を設置することで浸水を回避することが考えられる。

止水版等の設置を想定する場合には、5,000千円程度の対策コストを見込む。ただし、設置位置に応じた検討が必要である。

⑦保安要員の増員によるマニュアル保安対応

フェンス（センサー）については、事後対策として保安要員の増員によるマニュアル保安対応を行うことで復旧することが考えられる。ただし、人件費が必要となる。

⑧仮設の障壁の設置

フェンス（センサー）については、事後対策として仮設の障壁の設置を行うことで復旧することが考えられる。ただし、設置位置に応じた検討が必要である。

(6) リーファー電源

高潮等による浸水によるリーファー電源の機能停止を防ぐためには、コンセントの高位置への設置、受変電器の高位置への設置、受変電器の水密性の付加、土嚢・止水版等の仮設、コンテナヤード内の高い場所への整備、非常用電源によるリーファーコンテナへの給電、などの対策が考えられる。

表-C.4.6 リーファー電源における浸水被害対策メニューの抽出事例

対象部材	設置高	対策メニュー	恒久設備	可搬設備		外部支援	実現性・備考	事例有無	実施工期	対策費用
				事前準備	事後対応					
コンセント	0.5m	①高位置への設置	○	-	-	-	有 ・高所になることで使用・操作性が悪くなる（事後対応（3日程度）） ・設計思想の転換と費用が必要	-	2か月～1年	5,000千円
受変電器	0.3m 0.5m	②高位置への設置	○	-	-	-	有 ・設計思想の転換と費用が必要 ※基礎からの作り替えを想定	-	1年	20,000千円～100,000千円
受変電器	0.3m 0.5m	③水密性の付加	○	-	-	-	有 ・技術開発が必要 ・技術開発が必要（受変電機本体と電源ケーブルの結末点の水密性の確保は技術的に困難）	-	12か月（製作期間）	120,000千円
-	-	④土嚢・止水版等の仮設	-	○	-	-	有 ・リーファーコンテナ蔵置場所の嵩上げとセット	-	-	-
-	-	⑤コンテナヤード内の高い場所への整備	○	○	-	-	有 ・設計思想の転換と費用が必要	有	4か月	55,000千円
-	-	⑥非常用電源によるリーファーコンテナへの給電	-	-	○	-	有 ・普段から非常用電源を使用することで対応が易化	有	4か月	40,000千円

-：該当なし（該当しない）。または、聞き取り調査時に、情報を得ることができなかった場合。

① コンセントの高位置への設置

コンセントの浸水対策として、高い位置に設置することで浸水を回避することが考えられる。

高い位置への設置を想定する場合には 5,000 千円程度の対策コストを見込む。ただし、設計思想の転換と費用が必要である。また、高所になることで使用・操作性が悪くなることが想定される。（事後対応（3日程度）で良いと考える。）

② 受変電器の高位置への設置

コンセントの受変電器の浸水対策として、高い位置に設置することで浸水を回避することが考えられる。

高い位置への設置を想定する場合には 20,000 千円または、100,000 千円程度の対策コストを見込む。ただし、設計思想の転換と費用が必要である。

③受変電器の水密性の付加

コンセントの受変電器の浸水対策として、水密性を付加することで浸水を回避することが考えられる。

水密性の付加を想定する場合には 120,000 千円程度の対策コストを見込む。ただし、技術開発が必要（受変電機本体と電源ケーブルの結束点の水密性の確保は技術的に困難）である。

④土嚢・止水版等の仮設

コンセントの浸水対策として、土嚢・止水版等を仮設をすることで浸水を回避することが考えられる。

土嚢・止水版等の仮設をする場合には、リーファーコンテナ蔵置場所の嵩上げとセットとなる。

⑤コンテナヤード内の高い場所への整備

コンテナヤード内の高い位置に設置することで浸水を回避することが考えられる。

高い場所に整備する場合には、55,000 千円程度の対策コストを見込む。ただし、設計思想の転換と費用が必要である。

⑥非常用電源によるリーファーコンテナへの給電

コンセントについては、事後対策として非常用電源によるリーファーコンテナへの給電を行うことで復旧することが考えられる。

非常用電源を整備する場合には、40,000 千円程度の対策コストを見込む。ただし、普段から非常用電源を使用することで対応が易化する。

## 5. 建築施設

### (1) 管理棟

建築施設に共通することとして、浸水リスクの低い位置に建物を配置することで浸水による機能停止を防ぐことが出来る。しかしながら、浸水リスクの高い既存の管理棟等の機能停止を防ぐためには、スライド式防水版の設置、コンセントの高位置への設置、空調の高位置への設置、分電盤の高位置への設置、分電盤への水密性の付加、分電盤への土嚢・止水版等の仮設、EVピット水没対策（止水版設置）、浄化槽の制御盤を高位置への設置、浄化槽のブロワの高位置への設置、浄化槽の電磁弁類の高位置への設置、オフサイトオフィスでの業務継続、オフサイトオフィス確保（テレワーク対応）、オフサイトサーバーでのバックアップ（冗長化）、などの対策が考えられる。

表-C.5.1 管理棟における浸水被害対策メニューの抽出事例

対象部材	設置高	対策メニュー	恒久設備	可搬設備		外部支援	実現性・備考	事例有無	実施工期	対策費用
				事前準備	事後対応					
コンセント	0.4m	①高位置への設置	○	-	-	-	有 ・設計思想の転換と費用が必要 ・1階OAフロア内を対象とすることが想定	-	6か月 2か月	3~5,000千円 100千円/個所
空調	0.2m	②高位置への設置	○ -	-	-	-	有 ・設計思想の転換と費用が必要 ・床置きビルトインから天井ビルマルチへ変更 ・空調(室内機)	-	9か月	2~30,000千円 500千円/機
分電盤	0m 0.5m	③高位置への設置	○	-	-	-	有 ・設計思想の転換と費用が必要	-	3か月	5,000千円 ~ 30,000千円/面
	-	④水密性の付加	○	-	-	-	有 ・技術開発が必要	-	-	-
	-	⑤土嚢・止水版等の仮設	-	○	-	-	有 ・設置位置に応じた検討が必要	-	6か月	5,000千円
EV	-	⑥EVピット水没対策（止水版設置）	-	-	-	-	有 ・1階EV入口ドア手前に止水版等を設置	-	6か月	2,000千円/個所
浄化槽	-	⑦制御盤を高位置に設置	-	-	-	-	有 ・架台等により嵩上げ（高さにより、運用面に配慮が必要）	有	4か月	800千円
	-	⑧ブロワを高位置に設置	-	-	-	-	有 ・架台等により嵩上げ（高さにより、運用面に配慮が必要）	有	4か月	800千円
	-	⑨電磁弁類を高位置に設置	-	-	-	-	有 ・技術的には可能	有	2か月	300千円
-	-	⑩オフサイトオフィスでの業務継続	-	-	○	-	有 ・一定程度は可能（施設の管理用のカメラ・通信設備（無線基地局・有線）が必要）	-	-	-
-	-	⑪オフサイトオフィス確保（テレワーク対応）	-	○	-	-	有 ・技術的には可能	-	-	-
-	-	⑫オフサイトサーバーでのバックアップ（冗長化）	○	○	-	-	有 ・技術的には可能	-	-	-
-	-	⑬スライド式防水版の設置	○	-	-	-	有 ・全ての開口部（出入口）に設置する必要あり	有	1年	10,000千円/個所

- : 該当なし（該当しない）。または、聞き取り調査時に、情報を得ることができなかった場合。

①コンセントの高位置への設置

管理棟のコンセントの浸水対策として、高い位置に設置することで浸水を回避することが考えられる。

高い位置への設置を想定する場合には、1階OAフロア内では3,000～5,000千円程度、もしくは1個所100千円程度の対策コストを見込む。ただし、設計思想の転換と費用が必要である。

②空調の高位置への設置

管理棟の空調の浸水対策として、高い位置に設置することで浸水を回避することが考えられる。

高い位置への設置を想定する場合には、管理棟1階のみFL吹き出し(床置きビルトインから天井ビルマルチへ変更※借受者工作物)の場合、20,000～30,000千円程度、もしくは1機500千円程度の対策コストを見込む。ただし、設計思想の転換と費用が必要である。

③分電盤の高位置への設置

管理棟の分電盤の浸水対策として、高い位置に設置することで浸水を回避することが考えられる。

高い位置への設置を想定する場合には、5,000千円、または1面辺り30,000千円程度の対策コストを見込む。ただし、設計思想の転換と費用が必要である。

④分電盤の水密性の付加

管理棟の分電盤の浸水対策として、水密性を付加することで浸水を回避することが考えられる。ただし、技術開発が必要である。

⑤分電盤の土嚢・止水版等の仮設

管理棟の分電盤の浸水対策として、土嚢・止水版等を仮設することで浸水を回避することが考えられる。

土嚢・止水版等の仮設を想定する場合には、5,000千円程度の対策コストを見込む。ただし、設計思想の転換と費用が必要である。

⑥EVピット水没対策（止水版設置）

管理棟のEVピットの浸水対策として、止水版を設置することで浸水を回避することが考えられる。

1階EV入り口ドア手前に止水版の設置を想定する場合には、1個所2,000千円程度の対策コストを見込む。

⑦浄化槽の制御盤を高位置に設置

管理棟の浄化槽の制御盤の浸水対策として、高い位置に設置することで浸水を回避することが考えられる。

高い位置への設置を想定する場合には、800千円程度の対策コストを見込む。ただし、架台等による嵩上げ高さにより、運用面に配慮が必要である。

⑧浄化槽のプロワを高位置に設置

管理棟の浄化槽のプロワの浸水対策として、高い位置に設置することで浸水を回避することが考えられる。

高い位置への設置を想定する場合には、800千円程度の対策コストを見込む。ただし、架台等による嵩上げ高さにより、運用面に配慮が必要である。

⑨浄化槽の電磁弁類を高位置に設置

管理棟の浄化槽の電磁弁類の浸水対策として、高い位置に設置することで浸水を回避することが考えられる。

高い位置への設置を想定する場合には技術的には可能だが、300千円程度の対策コストを見込む。

⑩オフサイトオフィスでの業務継続

管理棟については、事後対策としてオフサイトオフィスでの業務継続を行うことで復旧することが考えられる。一定程度は可能であるが、施設の管理用のカメラ・通信設備（無線基地局・有線）が必要である。

⑪オフサイトオフィス確保（テレワーク対応）

管理棟の浸水対策として、オフサイトオフィス確保（テレワーク対応）を行うことで回避することが考えられる。オフサイトオフィス確保は技術的には可能である。

⑫オフサイトサーバーでのバックアップ（冗長化）

管理棟の浸水対策として、オフサイトサーバーでのバックアップ（冗長化）を行うことで回避することが考えられる。オフサイトサーバーでのバックアップは技術的には可能である。

⑬スライド式防水版の設置

管理棟の浸水対策として、スライド式防水版を設置することで浸水を回避することが考えられる。

スライド式防水版を想定する場合には、1個所あたり、10,000千円程度の対策コストを見込む。ただし、全ての開口部（出入口）に設置する必要がある。

(2) ゲートハウス

高潮等による浸水によるゲートハウスの機能停止を防ぐためには、ゲートシステムの高位置への設置、水密性の付加、ゲートクラークによるマニュアル管理、ゲートの複数化により浸水を防止することが考えられる。

表-C.5.2 ゲートハウスにおける浸水被害対策メニューの抽出事例

対象部材	設置高	対策メニュー	恒久設備	可搬設備		外部支援	実現性・備考	事例有無	実施工期	対策費用	
				事前準備	事後対応						
ゲートシステム	0.7m	①高位置への設置	○	-	-	-	有	・設計思想の転換と費用が必要	-	-	-
		②水密性の付加	○	-	-	-	有	・技術開発が必要。	-	-	-
-	-	③ゲートクラークによるマニュアル管理	-	-	○	-	無	・取扱量が多く困難	-	-	-
-	-	④ゲートの複数化	○	-	-	-	有	-	-	-	-

- : 該当なし(該当しない)。または、聞き取り調査時に、情報を得ることができなかった場合。

①ゲートシステムの高位置への設置

ゲートハウスのゲートシステムの浸水対策として、高い位置へ設置することで浸水を回避することが考えられる。ただし、設計思想の転換と費用が必要である。

②ゲートシステムへの水密性の付加

ゲートハウスのゲートシステムの浸水対策として、水密性を付加することで浸水を回避することが考えられる。ただし、技術開発が必要である。

③ゲートクラークによるマニュアル管理

ゲートハウスについては、事後対策としてゲートクラークによるマニュアル管理を行うことで復旧することが考えられる。ただし、取扱量が多く困難である。

④ゲートの複数化

ゲートを複数化することで、ゲートの機能停止リスクを低減させることができると考えられる。

(2) 給油所

高潮等による浸水による給油所の機能停止を防ぐためには、土嚢・止水版等の仮設、電灯・動力盤の高位置への設置、水密性の付加、土嚢・止水版等の仮設、計量器の高位置への設置、計量器の水密性の付加、計量器の土嚢・止水版等の仮設、タンクローリーでの燃料確保・供給により浸水を防止することが考えられる。

表-C.5.3 給油所における浸水被害対策メニューの抽出事例

対象部材	設置高	対策メニュー	恒久設備	可搬設備		外部支援	実現性・備考	事例有無	実施工期	対策費用	
				事前準備	事後対応						
—	—	①土嚢・止水版等の仮設	—	—	—	—	有	—	—	—	
電灯・動力盤	0.5m 1.0m	②高位置への設置	○	—	—	—	有	・設計思想の転換と費用が必要	—	6か月	1,000千円
		③水密性の付加	○	—	—	—	有	・技術開発が必要	—	—	—
		④土嚢・止水版等の仮設	—	○	—	—	—	有	—	—	—
計量器	0.7m	⑤高位置への設置	○	—	—	—	有	・設計思想の転換と費用が必要	—	—	—
		⑥水密性の付加	○	—	—	—	有	・技術開発が必要	—	—	—
		⑦土嚢・止水版等の仮設	○	○	—	—	—	有	—	—	—
—	—	⑧タンクローリーでの燃料確保・供給	—	○	—	○	無	・石油元売事業者等との連携(協定の締結) ・消防との調整が困難である可能性	—	—	—

—：該当なし（該当しない）。または、聞き取り調査時に、情報を得ることができなかった場合。

①土嚢・止水版等の仮設

給油所の浸水対策として、土嚢・止水版等を仮設することで浸水を回避することが考えられる。

②電灯・動力盤の高位置への設置

給油所の電灯・動力盤の浸水対策として、高い位置に設置することで浸水を回避することが考えられる。

高い位置への設置を想定する場合には、1,000千円程度の対策コストを見込む。ただし、設計思想の転換と費用が必要である。

③電灯・動力盤の水密性の付加

給油所の電灯・動力盤の浸水対策として、水密性を付加することで浸水を回避することが考えられる。ただし、技術開発が必要である。

④電灯・動力盤の土嚢・止水版等の仮設

給油所の電灯・動力盤の浸水対策として、土嚢・止水版等を仮設することで浸水を回避することが考えられる。

⑤計量器の高位置への設置

給油所の計量器の浸水対策として、高い位置に設置することで浸水を回避することが考えられる。ただし、設計思想の転換と費用が必要である。

⑥計量器の水密性の付加

給油所の計量器の浸水対策として、水密性を付加することで浸水を回避することが考えられる。ただし、技術開発が必要である。

⑦計量器の土嚢・止水版等の仮設

給油所の計量器の浸水対策として、土嚢・止水版等を仮設することで浸水を回避することが考えられる。

⑧タンクローリーでの燃料確保・供給

給油所のタンクローリーの浸水対策として、燃料確保・供給をすることで浸水を回避することが考えられる。ただし、石油元売事業者等との連携（協定の締結）が必要であり、消防との調整が困難である可能性が高い。

## 付録D モデルコンテナターミナルのストレステストの入力条件および結果

### 1. はじめに

#### (1) 概要

本資料では、本文中で示したモデルコンテナターミナルを対象としたストレステストを活用した浸水被害軽減検討の実施内容を簡潔に紹介する。

#### (2) 検討の手順と概要

図-D.1.1 に、コンテナターミナルの浸水被害軽減検討の手順を示す。以下、各手順での検討内容の概要を示す。

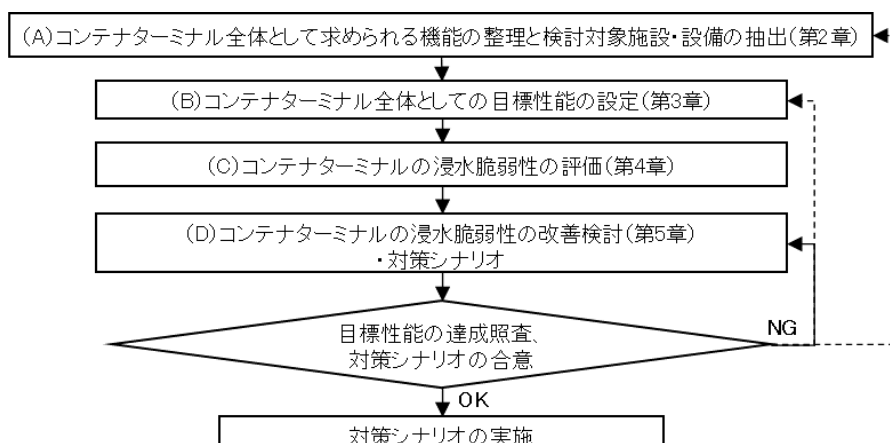


図-D.1.1 本コンテナターミナルの浸水被害軽減検討の手順

#### (A) コンテナターミナル全体として求められる機能の整理と検討対象施設・設備の抽出（第2章）

浸水被害軽減検討を実施する前提として、対象となるコンテナターミナル全体として求められる機能（提供機能）の明確化と、当該機能の提供に必要とされる施設・設備の抽出を行う。

#### (B) コンテナターミナル全体としての目標性能の設定（第3章）

次に、コンテナターミナル全体として目標とする性能（目標性能）を設定する。目標性能は、想定される浸水深さに対する、対象コンテナターミナルの被災発生から提供機能の再開までの期間（目標復旧期間）とすることを標準とする。

なお、後述（3章）する理由により、本付録に示す検討では、目標性能の明確な設定は行っていない。

#### (C) コンテナターミナルの浸水脆弱性の評価（第4章）

対象コンテナターミナルの浸水脆弱性の評価を行う。具体的には、対象ターミナルに対して浸水の深さを徐々に増大させた際の、ターミナル全体での浸水被害（復旧費用と復旧期間）の応答状況を把握し、浸水被害に対して弱点となる施設・設備や被害事象の特定を行う（ストレステストの実施）。

#### (D) コンテナターミナルの浸水脆弱性の改善検討（第5章）

ストレステストによる弱点の特定結果を参考としつつ、フォルトツリー解析（FTA解析）等を用いて、各対象施設・設備の浸水被害対策とその組合せ（対策シナリオ）を検討する。複数の対策シナリオについて、再度ストレステストを実施し、浸水脆弱性の改善効果を評価する。

#### (E) 目標性能の達成照査、対策シナリオの決定

最後に、比較対象とした対策シナリオが目標性能を達成しているかを照査し、対策の実現性（対策費用、対策期間、対策実施者等）も勘案し、関係者において対策シナリオの合意・決定を図る。なお、目標性能を満足しない場合、あるいは合意・決定に至らない場合には、上流側の検討段階に戻り、検討を再度実施する。

なお、本付録に示す検討では、目標性能の達成照査および対策シナリオの決定までは実施していない。

(3) 主要用語の解説

a) 浸水深

浸水深は、各施設・設備の設置位置における地盤面からの浸水深さである。各施設における浸水深・被害関係は、この浸水深を指標として整理する。なお、地盤面は、コンテナターミナル内の舗装の上面であることが多い。

b) 岸壁上地盤高

岸壁上地盤高は、各施設・設備の設置位置における、岸壁（コンテナターミナルの海側に位置する岸壁）の天端面（海側法線位置）からの高さのことである。

c) 岸壁上浸水深

岸壁上浸水深は、ストレステストの指標として利用する浸水深であり、岸壁の天端面（海側法線位置）における浸水深さである。なお、岸壁上浸水深は、コンテナターミナル全体としての目標性能（3章を参照）における想定浸水深にも適用する。

浸水深・岸壁上地盤高・岸壁上浸水深の関係を図-D.1.2 に示す。

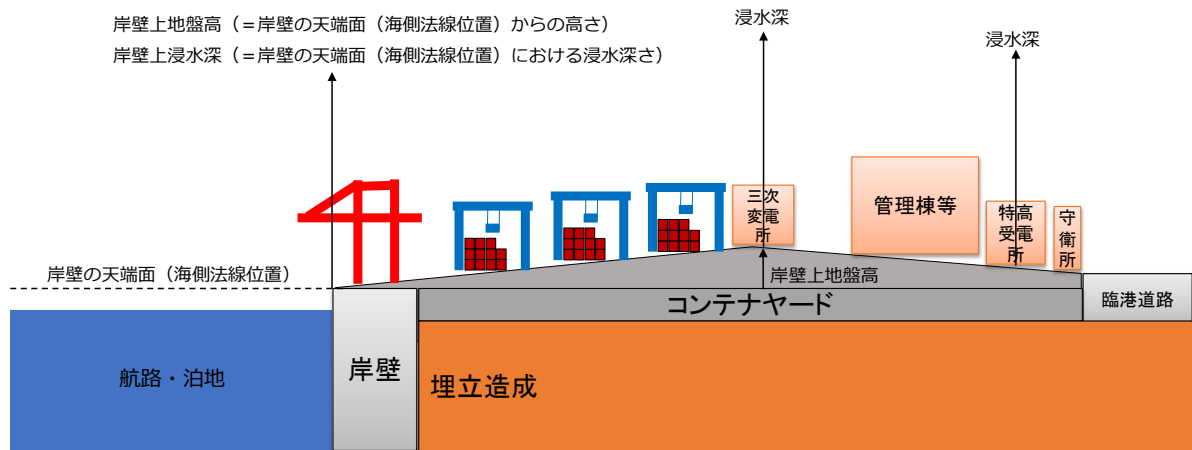


図-D.1.2 浸水深・岸壁上地盤高・岸壁上浸水深の関係

d) ストレステスト

ストレステストは、ある対象やシステムに対して想定を超える負荷（ストレス）が作用した場合に、どの程度の安全性や耐久性等の余裕があるかを評価する試験のことである。

本資料では、コンテナターミナルの浸水脆弱性を評価するために、対象ターミナルに対して岸壁上浸水深を徐々に増大させた際の、ターミナル全体での浸水被害（復旧費用と復旧期間）の応答状況を把握し、浸水被害に対して弱点となる施設・設備や被害事象の特定を行うことを指す。

(4) モデルコンテナターミナル

本検討で対象としたモデルコンテナターミナルの概要を、図-D.1.3 および表-D.1.1 に示す。

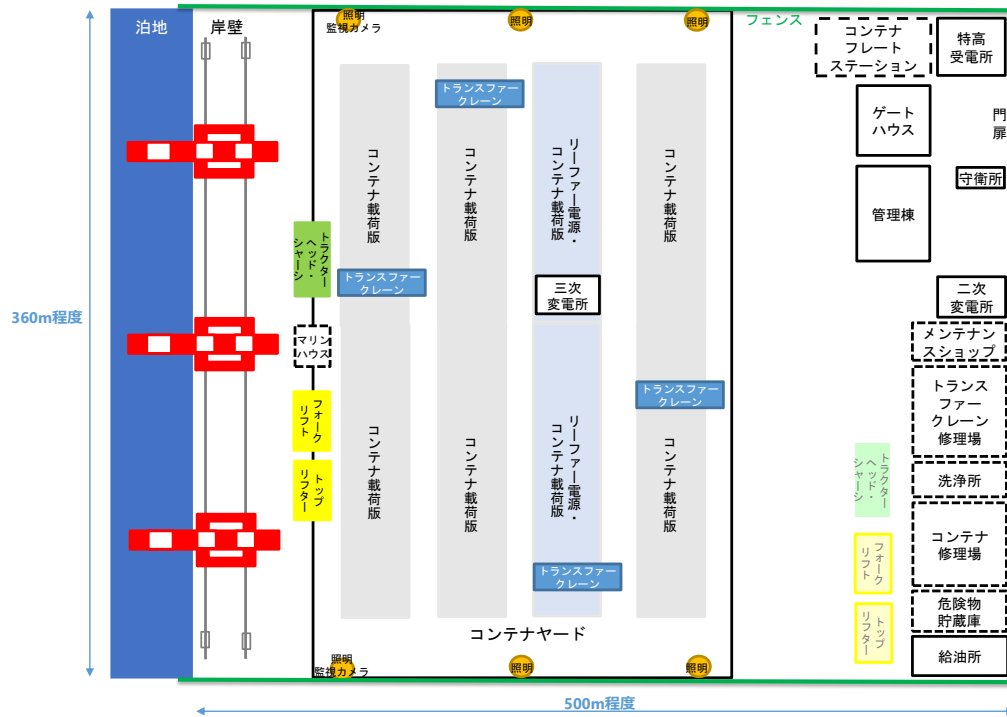


図-D.1.3 モデルコンテナターミナルの平面図

表-D.1.1 モデルコンテナターミナルを構成する施設の諸元・基数・地盤高

対象施設		CTの提供機能		モデルCT	
名称	仕様等	基本機能	その他機能	箇所・基数等	岸壁上地盤高(m)
特高受電所*	22000 V	○	—	1 箇所	1.5
現場変電所(RTG用)*	6600 V	○	—	1 箇所	1.3
現場変電所(リーファー用)*	6600 V	○	—	1 箇所	2.8
コンテナクレーン*	6600 V	○	—	3 基	0.0
トランスファークレーン(RTG)**	6600 V	○	—	4 基	1.0~2.7
トラクターヘッド	軽油	○	—	8 台	0.5
シャーシ	—	○	—	8 台	0.5
トップリフター	軽油	○	—	1 台	0.5
フォークリフト	軽油	○	—	1 台	0.5
管理棟(オペレーションシステム含む)*	400 V以下	○	—	1 箇所	1.8
ゲート(ゲートハウス)*	400 V以下	○	—	1 箇所	1.3
照明塔*	400 V以下	—	夜間作業	6 基	1.0~2.7
給油所*	400 V以下	—	—	1 箇所	1.4
守衛室*	400 V以下	—	—	1 箇所	1.3
監視カメラ*	400 V以下	—	保安	1 台	1.0
フェンス(センサー)	400 V以下	—	保安	1 台	0.0
メンテナンスショップ*	400 V以下	—	—	—	—
危険物貯蔵庫*	400 V以下	—	—	—	—
洗浄施設*	400 V以下	—	—	—	—
蔵置コンテナ(実入り)	—	—	—	—	—
蔵置コンテナ(空)	—	—	—	—	—
蔵置リーファーコンテナ*	400 V以下	—	リーファーコンテナ蔵置	—	—
リーファー電源*	400 V以下	—	リーファーコンテナ蔵置	1 列	2.8
コンテナヤード	—	○	—	—	—
構内道路	—	○	—	—	—

\*:電気供給が必要な施設(コンテナターミナル敷地内)

\*\* :ディーゼルエンジンでの発電により電気を供給する機種もあるが、モデルとして多様な設備を考慮する観点で電動化設備を想定。

## 2. コンテナターミナル全体として求められる機能の整理と検討対象施設・設備の抽出

### (1) コンテナターミナル全体として求められる機能（提供機能）の整理

モデルコンテナターミナルの浸水被害軽減検討を行うために、対象となるコンテナターミナル全体として求められる機能（提供機能）を明確化する必要がある。一般的なコンテナターミナルを想定すると、コンテナターミナルが全体として機能するためには、図-D.2.1 に示す各基本機能（【1】～【7】）が継続的に提供されている必要がある。さらに、コンテナターミナル全体として求められる機能は、基本機能とそれ以外の機能（その他機能）に分類することができる。「基本機能」と「その他機能」の整理結果を表-D.2.1 に示す。

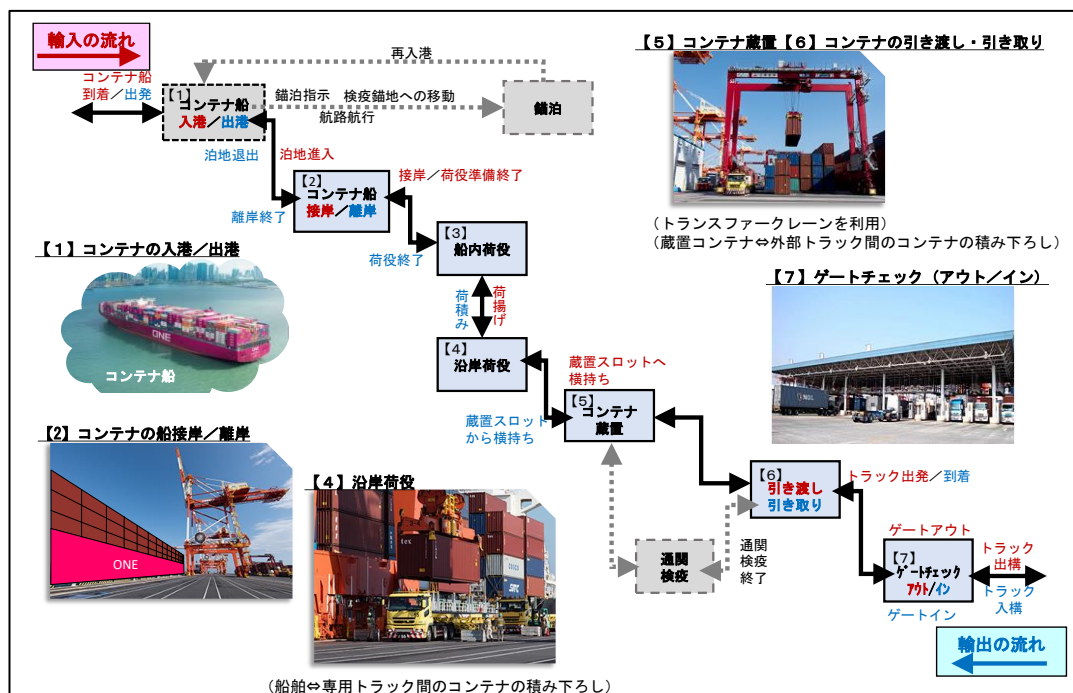


図-D.2.1 コンテナターミナル全体として最低限求められる基本機能（提供機能）

表-D.2.1 コンテナターミナル全体としての機能とその分類事例

機能の分類	機能の概要	
基本機能	①コンテナ船の入出港の機能	コンテナ船が対象とする係留施設近くまで入港・出港できる機能
	②コンテナ船の着岸・係留・離岸の機能	所定の係留施設に対してコンテナ船が接岸・係留・離岸できる機能
	③船内荷役の機能	係留中のコンテナ船に対して、コンテナクレーン等によりコンテナの積み下ろしができる機能
	④沿岸荷役の機能	コンテナクレーンとコンテナ蔵置位置との間で、構内トレーラ等によりコンテナを移動させることができる機能
	⑤コンテナの蔵置機能	コンテナ（実入り、空）を積み上げる等して蔵置できる機能
	⑥コンテナの引渡し・引取り機能	構外から入構してきたトレーラに対して、蔵置コンテナを積み下ろしができる機能
	⑦ゲートチェックアウト／イン	構外から入構するトレーラの出入り管理を行う機能
その他機能	a) リーフターコンテナ（冷凍・冷蔵コンテナ）の蔵置機能	電源施設等の提供によるリーフターコンテナを蔵置する機能
	b) 夜間作業の機能	夜間に各種の荷役作業等ができる機能
	c) 国際港湾施設の保安機能	国際船舶・港湾保安法に基づく国際港湾施設としての保安の確保等の機能
	d) 通関・検疫機能	通関・検疫ができる機能

(2) 浸水被害軽減検討の対象施設・設備の抽出

上記(1)に示す整理結果を利用し、モデルコンテナターミナル全体として求められる機能（提供機能）に基づき、当該機能の提供に必要とされる施設・設備（浸水被害軽減検討の対象施設・設備）を抽出する。抽出の結果は、1.(4)で先述した表-D.1.1に示すとおりである。

なお、対象コンテナターミナルに関係する幅広い関係者での浸水被害軽減対策を検討する際には、当該ターミナルの機能維持や浸水被害程度に影響を及ぼすと考えられる周辺施設（防波堤、泊地、航路、係留施設、護岸、臨港道路など）についても抽出する必要がある。

### 3. コンテナターミナル全体としての目標性能の設定

#### (1) 基本的な考え方

コンテナターミナルにおける浸水対策の検討にあたっては、図-D.3.1 に示すとおり、検討の上流段階で個別施設単位ではなくターミナルを一体的な機能システムとして捉えた目標性能を設定することが重要である。そして、目標性能は、本来、以下に示す項目等を明確に定義した上で設定することが原則である。

- ・ 想定する外力規模
- ・ 維持すべき機能水準
- ・ 許容される機能停止期間、など

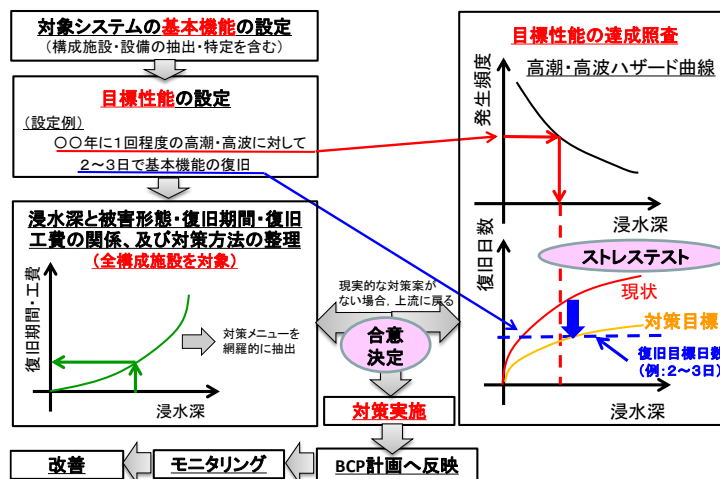


図-D.3.1 検討フレームの全体像とストレステストの位置け

しかしながら、実務においては、コンテナターミナルの性能が多様な要因に支配されるため、初期段階で一義的かつ固定的な目標性能を設定することは必ずしも容易ではない。このため、本付録に示す検討では、目標性能の明確な設定は行っていない。しかしながら、目標性能のあり方については、先に示した「コンテナターミナルの高潮浸水リスク評価に係る勉強会」(以下、勉強会と呼称)(付録 E 参照)にて活発に議論がなされており、参加者からの主要な意見を以下に紹介する。

#### (2) 実務上の留意事項

勉強会では、コンテナターミナルの目標性能の設定においては、特に以下の点に留意する必要があるとの意見が出された。

##### a) 上流計画との関係 (BCP・BCM との整合)

コンテナターミナルの目標性能は、個別施設の技術的検討のみから定めるのではなく、港湾管理者やターミナル運営主体、立地企業等が策定する事業継続計画 (BCP) や事業継続マネジメント (BCM) における上位目標との整合を図る観点から設定することも有効である。

例えば、許容される機能停止期間、優先的に維持すべき業務・機能、代替手段の確保方針などの BCP 上の要求水準を基礎条件として、浸水対策の目標性能へ反映する方法が考えられる。

##### b) CTは複合システムであること

CTの機能は、電源設備、荷役機械、建築・附帯設備、ヤード・運用機能等の相互依存関係により成立しており、単一施設の性能評価のみでは CT 全体の機能継続性を評価できない。

##### c) 重要施設の優先順位は一様でないこと

施設管理者、ターミナルオペレーター、利用者等の立場により、重視する機能・施設は異なる。したがって、目標性能は、単独主体ではなく関係者間の合意形成を前提として設定することが望ましい。

d) 浸水ハザードの不確実性

浸水深に関するハザード情報が十分に検討されている状況ではない。また、浸水被害は潮位のみならず、越波、波浪条件、風向・風速、局所的地形条件等の影響を受けるため、単純な設計外力設定では実態を十分に反映できない場合がある。

e) 対策の実現性の制約

浸水対策には、技術的成立性、維持管理性、経済合理性、制度・事業制約等の、様々な対策を実現する上で強い制約が存在する場合が多い。

(3) ストレステストを活用した目標性能の設定

以上の実務的課題を踏まえ、勉強会では、コンテナターミナル全体としての目標性能の設定にあたっては、ストレステストを活用した段階的検討手法を採用することが有効であるとの共通認識を得た。

a) ストレステストの位置づけ

ストレステストは、浸水深等の外力条件を段階的に増加させ、コンテナターミナル機能への影響、機能停止要因、クリフエッジ、脆弱性の支配要素を把握する評価手法である。

b) 導入の意義

どの規模の浸水で何が機能停止要因となるか、どの施設が支配的弱点となるかを関係者間で共有できる。

c) 実務的活用方法

ストレステスト結果を用い、優先的に維持すべき機能、許容可能な停止水準、実行可能な対策範囲等を協議する。

d) 目標性能への反映

最終的な目標性能は、技術的妥当性、実施可能性、経済性等を総合的に勘案して設定する。

(4) 実務におけるストレステストの活用方法（まとめ）

以上の議論を踏まえ、勉強会としての「実務におけるストレステストの活用方法」に関する共通認識は、以下であった。

- ・現時点の実務においては、ストレステストを通じてコンテナターミナルの脆弱性構造を把握し、その結果を基礎として関係者間で目標性能を合意・設定する手法を推奨する。
- ・また、必要に応じて BCP 等の上流計画との整合を図り、実効性の高い性能水準を設定することが望ましい。

#### 4. コンテナターミナルの浸水脆弱性の評価

##### (1) 脆弱性評価の概要

モデルコンテナターミナルの浸水被害軽減の検討を行うために、浸水に対するコンテナターミナルの脆弱性をストレステストの実施により評価する。ストレステストでは、対象ターミナルに対して浸水する深さを徐々に増大させた際の、ターミナル全体での浸水被害（復旧費用と復旧期間）の応答状況を評価し、浸水被害に対して弱点となる施設・設備や被害事象の特定を行う。

なお、本章では、ストレステストの実施に必要な入力データを示し、無対策の場合（ケース 0）のストレステストの結果を示す。

##### (2) ストレステストの実施に必要な入力データ

ストレステストの実施に必要な入力データは、以下の手順で準備する。

###### a) 各対象施設・設備の基本情報

浸水被害軽減検討の対象施設・設備のそれぞれに対して、以下の事項を設定する。

- ① 浸水深と「被害形態・浸水被害程度（復旧費用と復旧期間）」との関係（浸水深・被害関係、と呼称）
- ② 平面位置と岸壁土地盤高（＝岸壁の天端面（海側）からの高さ）

なお、本検討における浸水深・被害関係は、付録 B に掲載した内容を利用した。

###### b) 基本情報の統合

全ての対象施設・設備での設定結果を、岸壁上浸水深（岸壁の天端面（海側）位置での浸水深さ）を指標として統合する。統合は、復旧費用と復旧期間に対して行う。

ストレステストを実施するためのデータセットの一部を図-D.4.1 に示す。データセットには、各対象施設・設備の名称、浸水により損傷・被害を受ける部位とその部位の岸壁土地盤高、損傷・被害を受けた場合の各部位の復旧期間（または復旧費用）を基本情報として整理する。その上で、岸壁上浸水深を徐々に増大させた場合に、各部位の浸水が到達する（岸壁上浸水深が各部位の岸壁土地盤高に達する）と、所定の復旧期間（または復旧費用）が発生することが分かるようなデータとして統合化する。

##### 【復旧費用】

		感度分析 (浸水)		感度分析 (浸水)		感度分析 (浸水)		感度分析 (浸水)		基準 浸水深	感度分析 (浸水)		感度分析 (浸水)	
		0.1		0.2		0.3		0.4		0.5	1.0		3.0	
		0.1		0.2		0.3		0.4		0.5	1.0		3.0	
CT機能	施設	部材・設備	数量	設置高さ (m)	岸壁土地盤高 (m)	復旧コスト (万円)	復旧コスト (万円)	復旧コスト (万円)	復旧コスト (万円)	復旧コスト (万円)	復旧コスト (万円)	復旧コスト (万円)	復旧コスト (万円)	復旧コスト (万円)
船内商役	コンテナクレーン	給電ケーブル	3	0.0	0.0	1,300	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900
船内商役	コンテナクレーン	レールクランプ	3	0.5	0.0	3,000	0	0	0	0	0	9,000	9,000	9,000
船内商役	コンテナクレーン	走行電動機	3	0.6	0.0	7,500	0	0	0	0	0	22,500	22,500	22,500
船内商役	コンテナクレーン	レールブレイキ	3	0.7	0.0	1,000	0	0	0	0	0	3,000	3,000	3,000
船内商役	コンテナクレーン	走行ケーブル巻取装置	3	5.0	0.0	3,000	0	0	0	0	0	0	0	0
共通	精密受変電所	分電盤	1	0.7	1.5	40,000	0	0	0	0	0	0	40,000	40,000
共通	監視装置 (カメラ)	制御・電源ボックス	1	0.0	0.0	300	0	0	0	0	0	0	0	300
共通	監視装置 (カメラ)	カメラ本体	1	2.0	0.0	1,000	0	0	0	0	0	0	1,000	1,000
合計						3,900	3,900	3,900	3,900	7,900	49,707	121,935	173,935	

(a) 復旧費用

##### 【復旧期間】

		感度分析 (浸水)		感度分析 (浸水)		感度分析 (浸水)		感度分析 (浸水)		基準 浸水深	感度分析 (浸水)		感度分析 (浸水)	
		0.1		0.2		0.3		0.4		0.5	1.0		3.0	
		0.1		0.2		0.3		0.4		0.5	1.0		3.0	
CT機能	施設	部材・設備	数量	設置高さ (m)	岸壁土地盤高 (m)	復旧時間 (日)	復旧時間 (日)	復旧時間 (日)	復旧時間 (日)	復旧時間 (日)	復旧時間 (日)	復旧時間 (日)	復旧時間 (日)	復旧時間 (日)
船内商役	コンテナクレーン	給電ケーブル	3	0.0	0.0	180	180	180	180	180	180	180	180	180
船内商役	コンテナクレーン	レールクランプ	3	0.5	0.0	240	0	0	0	0	0	240	240	240
船内商役	コンテナクレーン	走行電動機	3	0.6	0.0	300	0	0	0	0	0	300	300	300
船内商役	コンテナクレーン	レールブレイキ	3	0.7	0.0	90	0	0	0	0	0	90	90	90
船内商役	コンテナクレーン	ロックンギ方式巻取装置	3	2.0	0.0	240	0	0	0	0	0	240	240	240
船内商役	コンテナクレーン	走行ケーブル巻取装置	3	5.0	0.0	300	0	0	0	0	0	0	0	0
共通	精密受変電所	分電盤	1	0.7	1.5	720	0	0	0	0	0	0	720	720
共通	監視装置 (カメラ)	制御・電源ボックス	1	0.0	0.0	90	0	0	0	0	0	0	0	90
共通	監視装置 (カメラ)	カメラ本体	1	2.0	0.0	90	0	0	0	0	0	0	90	90
合計						180	180	180	180	180	300	720	720	

(b) 復旧期間

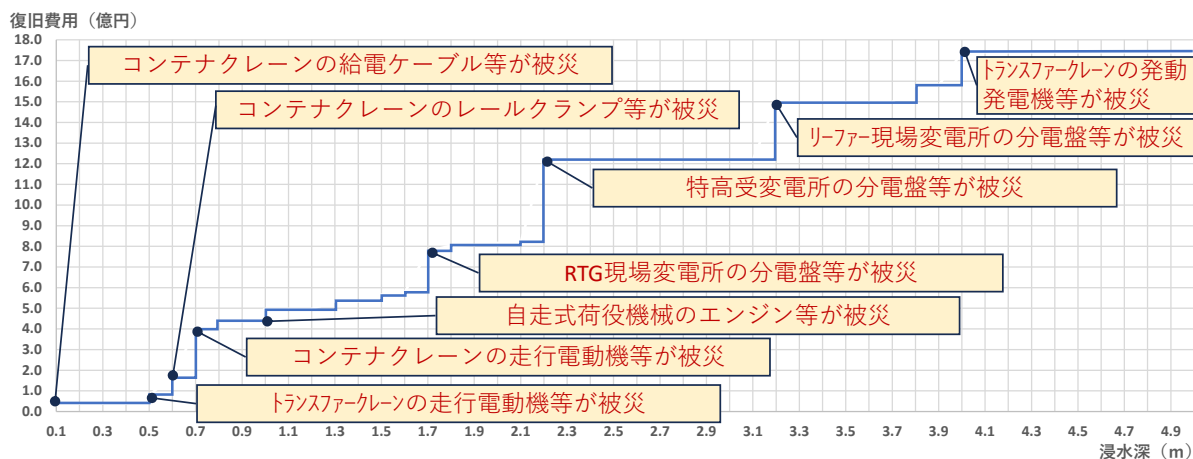
図-D.4.1 ストレステストを実施するためのデータセット（一部分の抜粋）

(3) ストレステストによる脆弱性評価

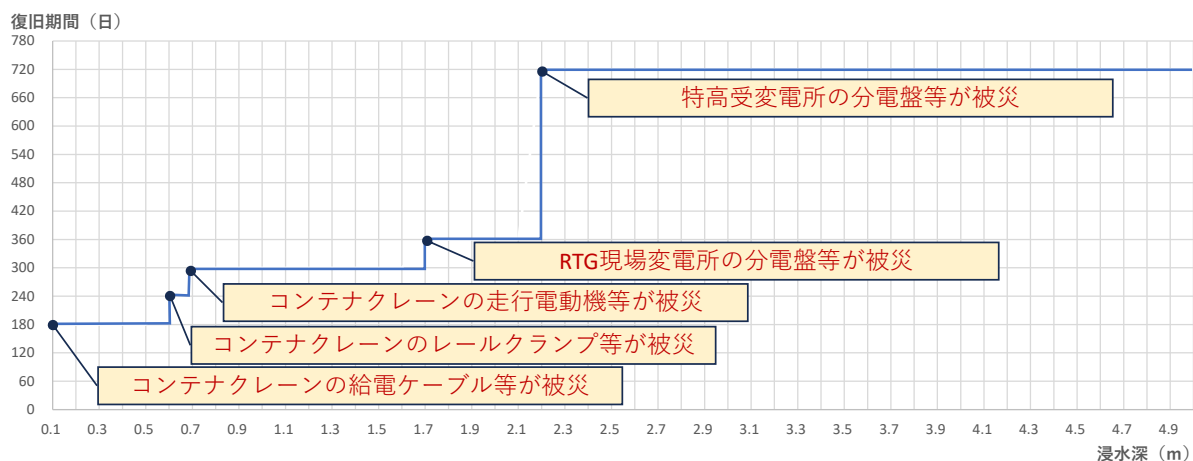
図-D.4.2にストレステストの結果を示す。なお、図中に示す復旧費用は、ある岸壁上浸水深に達した際の、各施設・設備の損傷・被害を受けた部位の復旧費用を、全て合計（累積復旧費用）したものである。また、復旧工期は、ある岸壁上浸水深に達した際の、各施設・設備の損傷・被害を受けた部位の中で、復旧期間が最長となる期間を採用している。

無対策の場合、浸水深が0.1 mでもコンテナリークレーンの電源ケーブルが損傷するため、その復旧に180日も要することになる。そして、コンテナクレーンの損傷は浸水深0.6 mでレールクランプに、0.7 mで走行電動機にて発生し、復旧期間・復旧費用はさらに増大する。その後、浸水深1.6 mまではトップリフター等の小型の荷役機械のエンジン部の損傷等により復旧費用は漸増する。その一方で、コンテナクレーンの走行電動機の復旧に300日を要するため、浸水深1.6 mまでは復旧期間は増大しない。

浸水深1.6 m以降は、高潮・波浪による浸水というよりは、津波による浸水と捉えるべきであるかも知れないが、浸水深1.7 mに至るとRTG用の現場変電所が被災し、2.2 mに至ると特高受変電所が被災し、復旧期間・費用はさらに増大する。特高受変電所が被災すると、復旧に2年間程度を要する場合もあり、容易に浸水させてはならない施設であることが分かる。



(a) 復旧費用



(b) 復旧期間

図-D.4.2 ストレステストの結果（岸壁上浸水深とCTの復旧期間・復旧費用との関係）【ケース0：無対策】

## 5. コンテナターミナルの浸水脆弱性の改善検討

### (1) 浸水脆弱性の改善検討の基本的考え方と手順

本章では、コンテナターミナルの浸水脆弱性の改善検討を実施した結果を示す。具体的には、浸水被害による機能停止の要因を考察し、各対象施設・設備に対する浸水被害対策とその組合せ（対策シナリオ）を検討し、対策シナリオを実施した場合の浸水脆弱性の改善効果を評価した。そして、検討対象となった複数の対策シナリオから、目標性能を満足し、対策費用や期間などの制約も満たすシナリオを選定し、その中で最も効果的と判断される対策シナリオを絞り込んだ。

なお、各対象施設・設備に対する浸水被害対策としては、本来はハード的な対策とソフト的な対策の両者を対象とすべきであるが、今回の検討では概ねハード的な対策を対象とした。

### (2) コンテナターミナルの浸水被害による機能停止要因の考察

無対策のモデルコンテナターミナルのストレステストの結果（4章）に加えて、効果的な対策シナリオを設定するために、本検討では以下の3つの方法により、浸水被害による機能停止要因の考察を行った。以下、各方法による考察の結果を示す。

#### a) 電気系統図を活用した機能停止要因の考察

コンテナターミナルを構成する施設・設備の多くは電気により作動するため、電気系統が寸断されるとコンテナターミナルの機能は停止に至る。このため、ターミナル内の電気系統図を活用すると、機能停止要因の考察を行うことができる。

図-D.5.1 にモデルコンテナターミナルの電気系統図の事例を示す。本図より、ターミナルの機能を維持するためには、特高受変電所の防護が最も重要であることが分かる。また、その次の変電所の防護も重要であることが分かる。これらの変電所の岸壁土地盤高が低く、浸水被害の可能性が高い場合には、受配電設備をあらかじめ高い位置に設置することや、建物自体の水密性を確保することが有効であることがわかる。

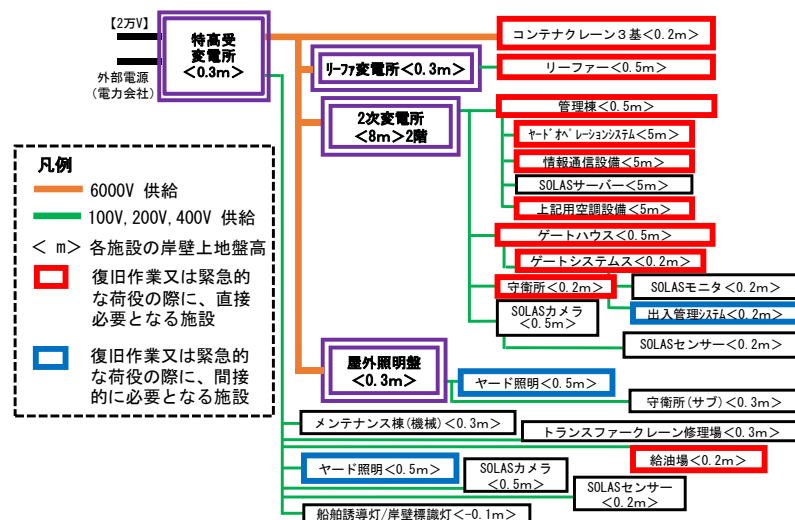


図-D.5.1 電気系統図と各施設の岸壁土地盤高（モデルコンテナターミナル）

#### b) フォルトツリー解析（FTA 解析）を活用した機能停止要因の考察

浸水被害によるコンテナターミナルの供用停止をトップ事象としたフォルトツリー図（FT 図）の作成例を以下に示す。FT 図を作成することにより、コンテナターミナルの供用停止を引き起こす原因がツリー状に特定することが可能となり、特定の施設・設備の停止がどのようにコンテナターミナルの供用停止につながっているかを明らかにすることができる。

図-D.5.2 にモデルコンテナターミナルの浸水被害を対象とした FT 図（イメージ）を示す。本図では、どの原因事象も直列システムでつながっていることから、コンテナターミナルを構成する施設・設備の一部が機能停止に陥ると、コンテナターミナル全体の機能停止に陥ることがわかる。

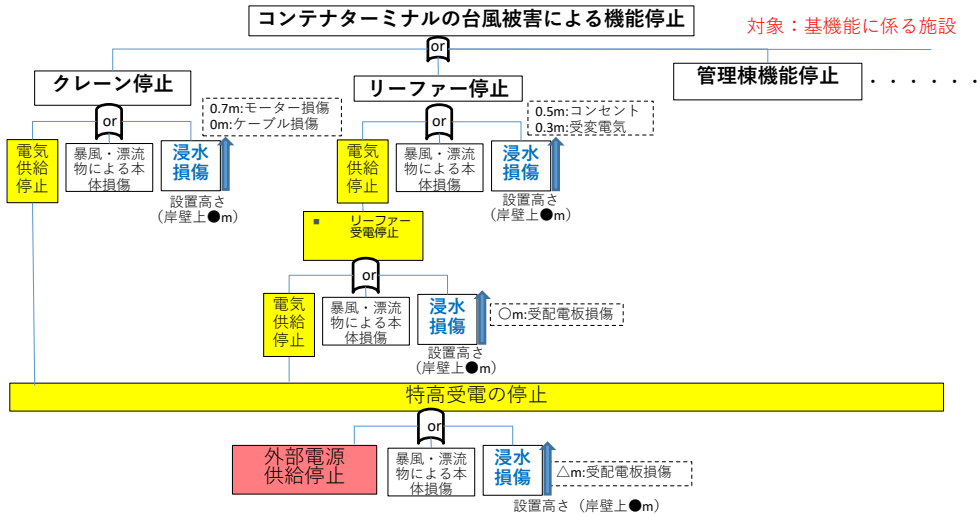


図-D.5.2 浸水被害によるコンテナターミナルの供用停止をトップ事象とした FT 図（イメージ）

c) ストレステスト結果の空間的な可視化による機能停止要因と対策方針の検討

コンテナターミナルが供用停止に陥る機能停止要因は、直列システムでつながっていることから、浸水に対する被害想定を空間的に可視化し機能停止要因を考察することが有効である。脆弱性評価において実施したストレステストのデータを活用し、空間的に被災リスクを可視化することで、浸水による被災リスクが高い施設・設備を特定することが可能となる。また、被災リスクが高い施設・設備を特定することで、どの施設・設備から対策を行うかといった対策方針の検討にも活用することが可能となる。

図-D.5.3 にモデルコンテナターミナル（無対策のケース）の空間的可視化の事例を示す。本図は、モデルコンテナターミナルの代表的な側線での横断面を模式的に示したものであり、各施設の位置・設置高（岸壁天端面を基準）と各施設の岸壁上浸水深に対する被害事象を盛り込んだものである。本図から、想定される岸壁上浸水深に対して、浸水による被災リスクが高い施設・設備を容易に特定することができる。また、対策を実施した場合の効果の範囲を視覚的に把握することができるため、対策方針の検討にも有用である。例えば、防潮壁を設置した場合に、防護される範囲を空間的に把握することが可能となり、効果的な対策方針を検討するために活用することができる。

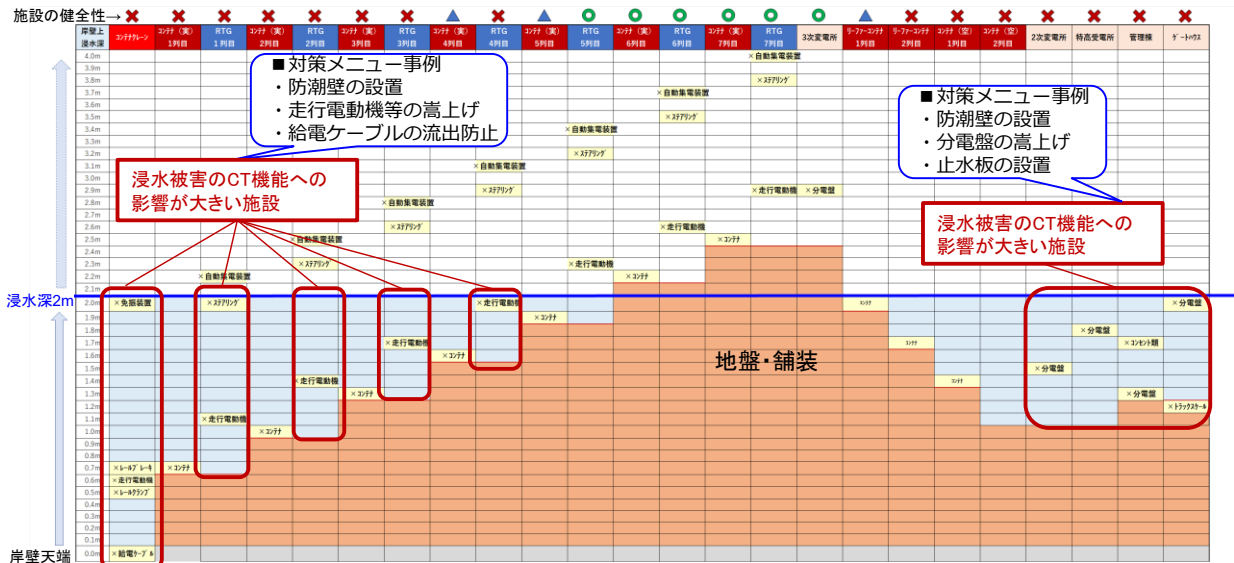


図-D.5.3 コンテナターミナル内の各施設の配置状況及び岸壁上浸水深に対応した浸水被害状況

(3) 各対象施設・設備に対する浸水被害対策とその組合せ（対策シナリオ）の検討

a) 各対象施設・設備に対する浸水被害対策の候補の抽出

対策シナリオの検討に先立ち、各施設に対する浸水被害対策の候補となり得る具体的な方法を、網羅的に抽出・整理した（付録Cを参照）。各施設・設備の浸水被害対策は多種多様な方法が存在するが、台風に伴う浸水被害とその対策を時系列ごとに整理すると（付録Cを参照）、対策の実現性の確認が容易になり、関係者の合意を得やすくなる。

- ・ 恒久施設・恒久設備による対応
- ・ 可搬設備による事前対応（台風等の来襲前）
- ・ 可搬設備による事後対応（台風等の来襲後）
- ・ 外部支援による対応（台風等の来襲後）

b) 対策シナリオの検討

4章に示す無対策の場合のストレステストの結果と本章で示した検討を踏まえ、今回の検討では本研究では表-D.5.1に示す3ケースの対策を立案した。以下、各ケースの対策の基本的考え方を説明する。また、各ケースの対策の詳細情報を表-D.5.2に合わせて示す。なお、対策費用はヒアリングの結果から設定したものである。

表-D.5.1 モデルコンテナターミナルを対象としたストレステストのケース一覧

ケース	基本戦略	対策時期と対策規模	試算における対策内容
無対策	—	—	—
ケースA	可搬設備のみで比較的小規模な高潮に対応	短期的な取組み	・ 電気設備を脱着式止水版（0.6m）で防護 ・ GC電源ケーブルを台風前に土嚢で防護
ケースB	浸水が発生しても、重要施設の被災を防いで早期復旧	中期的な取組み （重要施設の更新時など）	・ 全ての受変電所・分電盤を2階（3.0m）に嵩上げ、 ・ GCの足元の電動機を1.0mまで嵩上げ ・ GC電源ケーブルを台風前に土嚢で防護
ケースC	ふ頭用地を防護することにより浸水を防ぐ	長期的な取組み （CTの新設・大規模更新時など）	・ GCの海側に防潮壁（高さ0.5m）を設置

表-D.5.2 各対策ケースの対策内容の詳細情報

対象施設		CTの提供機能		モデルCT		対策ケース		
名称	仕様等	基本機能	その他機能	箇所・基数等	岸壁上地盤高(m)	ケースA	ケースB	ケースC
特高受変電所*	22000 V	○	—	1箇所	1.5	着脱式止水版(0.6m)設置	分電盤(3.0m)嵩上げ	コンテナクレーン海側に防潮壁(0.5m)設置
現場変電所(RTG用)*	6600 V	○	—	1箇所	1.3	着脱式止水版(0.6m)設置	分電盤(3.0m)嵩上げ	
現場変電所(リーファー用)*	6600 V	○	—	1箇所	2.8	着脱式止水版(0.6m)設置	分電盤(3.0m)嵩上げ	
コンテナクレーン*	6600 V	○	—	3基	0.0	給電ケーブル漂流対策	左記+走行電動機嵩上げ	
トランスファークレーン(RTG)**	6600 V	○	—	4基	1.0~2.7	—	—	
トラクターヘッド	軽油	○	—	8台	0.5	—	—	
シャシー	—	○	—	8台	0.5	—	—	
トップリフター	軽油	○	—	1台	0.5	—	—	
フォークリフト	軽油	○	—	1台	0.5	—	—	
管理棟(オペレーションシステム含む)*	400 V以下	○	—	1箇所	1.8	着脱式止水版(0.6m)設置	分電盤(3.0m)嵩上げ	
ゲート(ゲートハウス)*	400 V以下	○	—	1箇所	1.3	着脱式止水版(0.6m)設置	分電盤(3.0m)嵩上げ	
照明塔*	400 V以下	—	夜間作業	6基	1.0~2.7	—	—	
給油所*	400 V以下	—	—	1箇所	1.4	—	—	
守衛室*	400 V以下	—	—	1箇所	1.3	着脱式止水版(0.6m)設置	分電盤(3.0m)嵩上げ	
監視カメラ*	400 V以下	—	保安	1台	1.0	—	—	
フェンス(センサー)	400 V以下	—	保安	1台	0.0	—	—	
メンテナンスショップ*	400 V以下	—	—	—	—	—	—	
危険物貯蔵庫*	400 V以下	—	—	—	—	—	—	
洗浄施設*	400 V以下	—	—	—	—	—	—	
蔵置コンテナ(実入り)	—	—	—	—	—	—	—	
蔵置コンテナ(空)	—	—	—	—	—	—	—	
蔵置リーファーコンテナ*	400 V以下	—	リーファーコンテナ蔵置	—	—	—	—	
リーファー電源*	400 V以下	—	リーファーコンテナ蔵置	1列	2.8	—	—	
コンテナヤード	—	○	—	—	—	—	—	
構内道路	—	○	—	—	—	—	—	

\*:電気供給が必要な施設(コンテナターミナル敷地内)

\*\* :ディーゼルエンジンでの発電により電気を供給する機種もあるが、モデルとして多様な設備を考慮する観点で電動化設備を想定。

ケース A は、「可搬設備のみで比較的小規模な高潮に対応」を基本的な戦略とし、対応コストを抑えた短期的（1年程度を想定）な対策を目指している。具体的な対策は、電気設備の着脱式止水版（0.6 m）での防護、コンテナクレーンの電源ケーブルの土嚢での防護であり、対策費用は 500 万円程度である。なお、可搬設備による対策費用は、人件費は含まない費用である。

ケース B は、「浸水が発生しても、重要施設の被災を防いで早期復旧を目指す」を基本的な戦略とし、重要設備（変電所や分電盤など）の更新時に合わせて中期的（数 10 年程度を想定）に対策を実施することを目指している。具体的な対策は、全ての受変電所・分電盤を 2 階（3.0 m）に設置、コンテナクレーンの足元の電動機の嵩上げ（1.0 m）である。これらの対策を既存設備の改良として実施すると 12 億円程度要するが、設備更新時であれば通常の更新費用に多少のコスト増で対応できる。

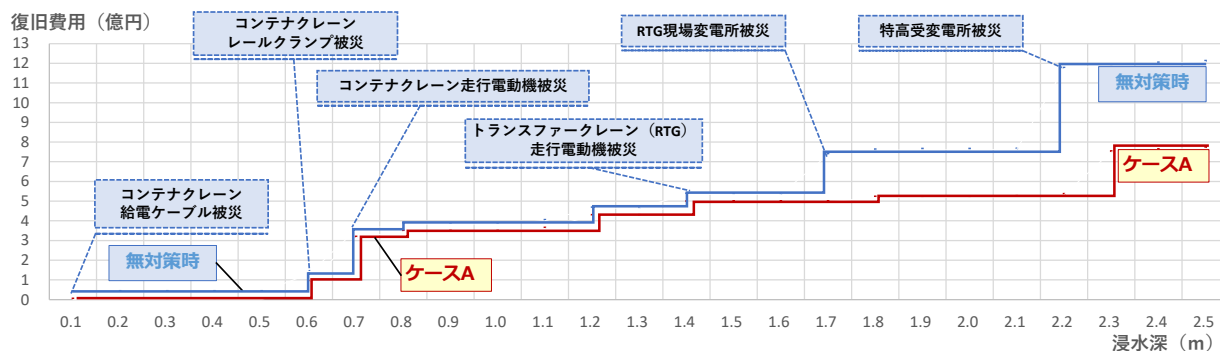
ケース C は、「ふ頭用地を防護することにより浸水を防ぐ」を基本的な戦略とし、CT の新設や既存 CT の大規模更新時に合わせて対策を行う、長期的（数 10 年程度以上）な取組みを想定している。本ケースの具体的な対策は、既存 CT を対象とし、コンテナクレーンの海側とその他 CT を囲む 3 面全てに防潮壁（高さ 0.5 m）を設置する対策とした（6 億円程度）。

(4) 対策シナリオによる浸水脆弱性の改善効果の評価

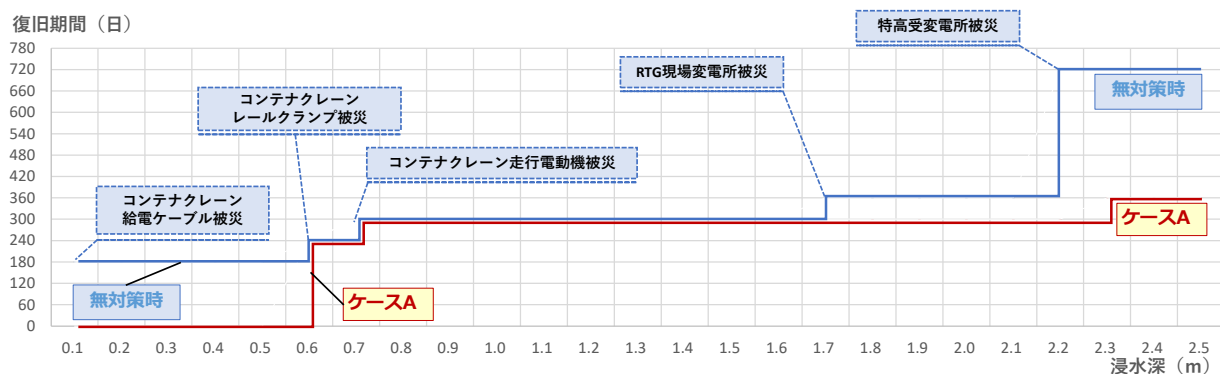
a) ケース A

図-D.5.4 にケース A のストレステストの結果を、無対策の結果と重ね合わせて示す。

ケース A は、無対策に比べて浸水深が小さい範囲 (0.5 m 未満) では大幅な復旧期間の短縮を図ることができ、それ以降浸水深が増大しても復旧期間は増加せず、有効な対策であると言える。



(a) 復旧工費



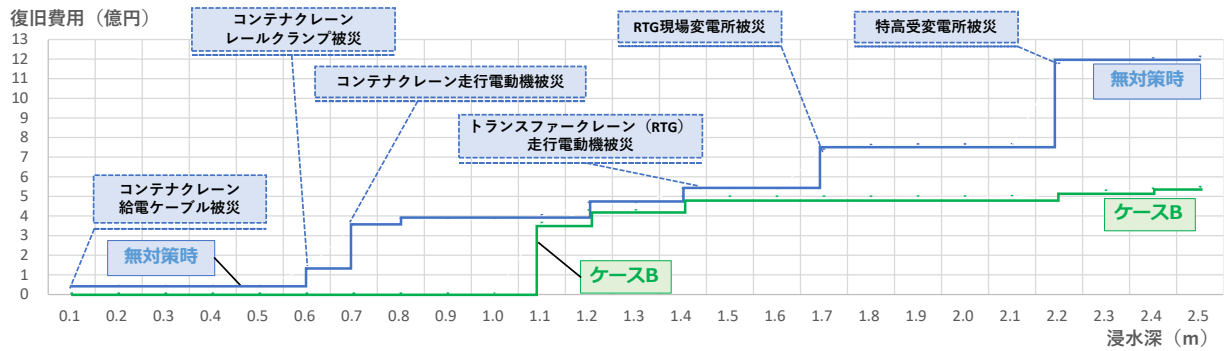
(b) 復旧工期

図-D.5.4 ストレステストの結果 (岸壁上浸水深と CT の復旧期間・復旧費用との関係) 【ケース A】

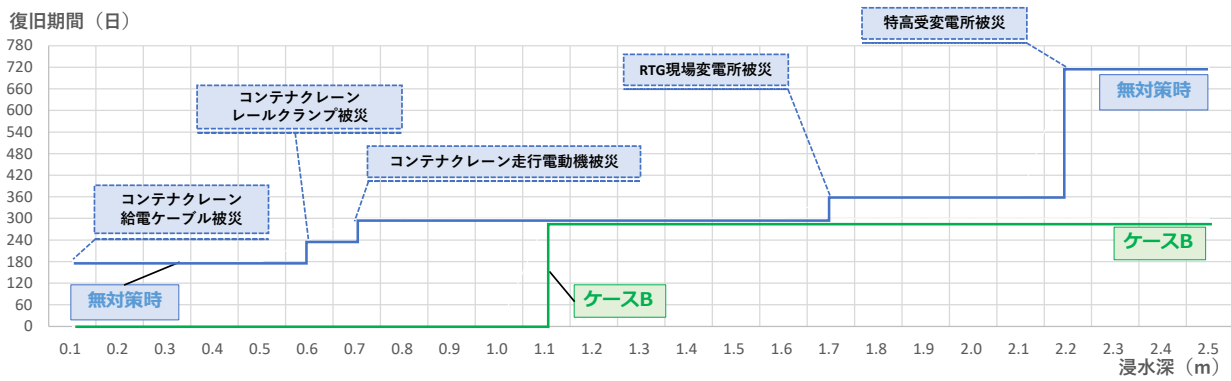
b) ケース B

図-D.5.5 にケース B のストレステストの結果を，無対策の結果と重ね合わせて示す。

これらの対策を既存設備の改良として実施すると 12 億円程度要するが，設備更新時であれば通常の更新費用に多少のコスト増で対応できる。本図より，本ケースは無対策に比べて浸水深が小さい範囲（1.0 m 未満）では大幅な復旧期間の短縮を図ることができ，それ以降浸水深が増大しても復旧期間は増加せず，有効な対策である。



(a) 復旧工費



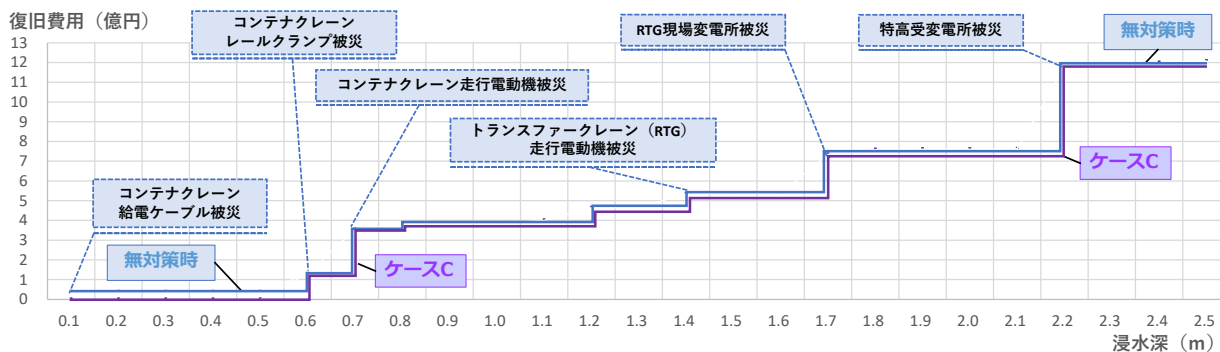
(b) 復旧工期

図-D.5.5 ストレステストの結果（岸壁上浸水深と CT の復旧期間・復旧費用との関係）【ケース B】

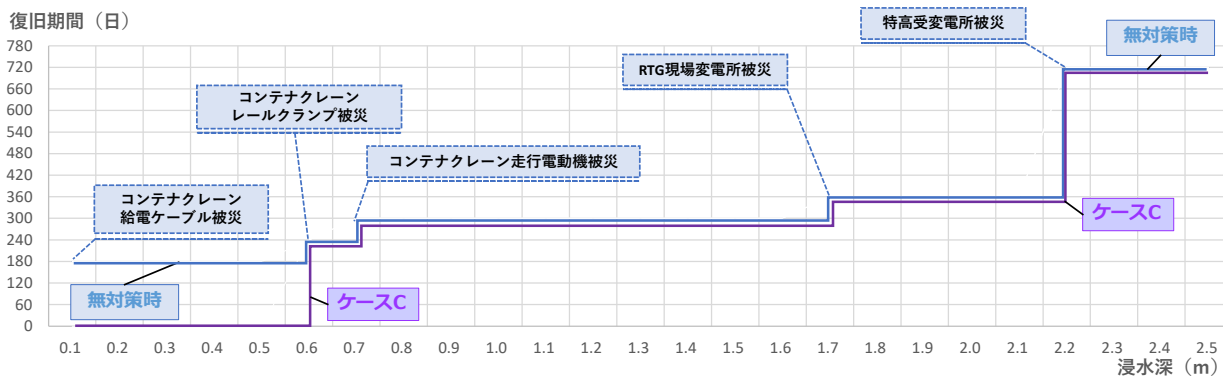
c) ケース C

図-D.5.6 にケース C のストレステストの結果を，無対策の結果と重ね合わせて示す。

ケース C の場合，防潮壁の壁高 0.5 m に至るまでは被害は発生しないが，壁高を超えると被害が一気に甚大化し（浸水深 0.6 m 以降は無対策と同じ被害を受けるため），復旧期間も増大する結果となった。本対策ケースは，工費を要する防潮壁を設置したものの，結果的には冗長性のない対策内容であったと言える。この結果は，防潮壁の効果を高めるためには，背後の電気施設に可搬型止水板を設置するなど，システム全体としての防護効果が高くなる良好な対策の組合せを十分に考慮する必要性を示唆するものであった。



(a) 復旧工費



(b) 復旧工期

図-D.5.6 ストレステストの結果（岸壁上浸水深と CT の復旧期間・復旧費用との関係）【ケース C】

(5) 目標性能の達成照査, 対策シナリオの合意・実施

本研究では, 様々な対策の組み合わせがある中で, 3 ケースのみに限定して ST を実施し, 各々の対策効果を評価したが, 実務で活用するためには十分ではないと考えられる. 実際には, 対策に係る制約条件 (予算, 工期等) のもとで目標性能を満足する最適な対策組合せを探索する必要があるが, 本テーマは今後の課題とする.

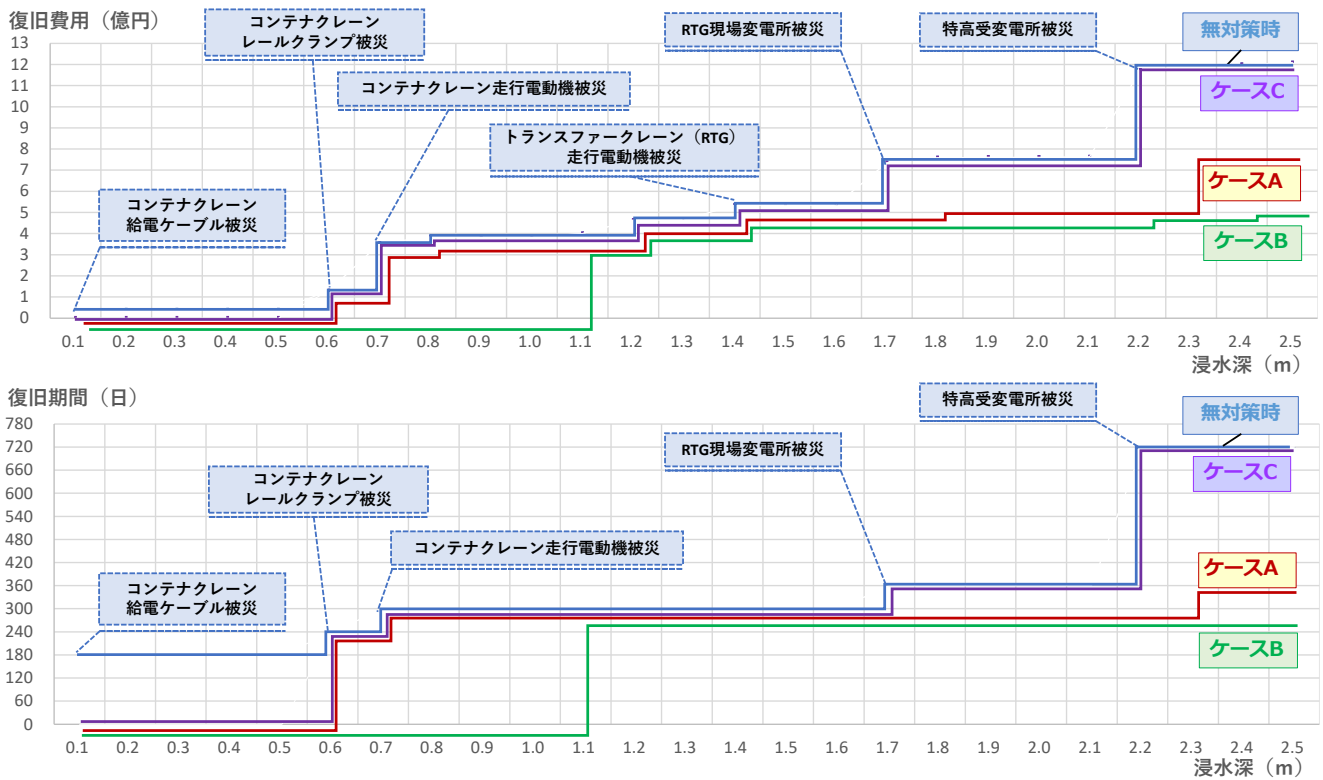


図-D.5.7 ストレステストの結果 (岸壁上浸水深と CT の復旧期間・復旧費用との関係) 【全ケースの比較】

## 付録E 「コンテナターミナルの高潮浸水リスク評価に係る勉強会」の開催概要

### 1. 勉強会の主旨

近年、大型化する台風による高潮等により、コンテナターミナルが供用停止となる事案が発生しており、被害の要因の分析や、被害を低減するための対応策の立案が求められている。本勉強会は、コンテナターミナルの浸水脆弱性の評価と浸水被害対策の立案を港湾管理者やコンテナターミナル事業者等が行うことができる実務的な方法について、意見交換を行う場とする。

### 2. 勉強会の参加者・関係者

○参加者・関係者（※五十音順・敬称略。組織・役職は勉強会開催当時）

- ・赤倉 康寛（国土技術政策総合研究所 港湾研究部 港湾システム研究室 室長）
- ・上杉 主悦（阪神国際港湾株式会社 神戸事業部 施設課長）（R3d）
- ・大賀 宣保（横浜港埠頭株式会社 係長）
- ・海野 吉輝（鈴与株式会社 コンテナターミナル部 オペレーション課 課長）（R3d）
- ・河合 弘泰（国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 海洋情報・津波研究領域長）
- ・大竹 雄（東北大学 大学院工学研究科 准教授）
- ・大鳥 靖樹（東京都市大学 工学部 教授）
- ・小野 憲司（京都大学 経営管理大学院 港湾物流高度化寄付講座 客員教授）
- ・金子 達（横浜港埠頭株式会社 係長）（R3d）
- ・厨川 研二（横浜港埠頭株式会社 技術部 担当部長（兼 技術企画課長 兼 施設課長））（R3d）
- ・桑本良治（横浜港埠頭株式会社 係長）（R3d）
- ・小山圭一（横浜港埠頭株式会社 係長）（R3d）
- ・櫻井 貴廣（横浜港埠頭株式会社 技術部 係長）（R2d）
- ・芝崎 康介（横浜港埠頭株式会社 技術部 部長代理）（R2d）
- ・白石 哲也（一般社団法人港湾荷役機械システム協会 専務理事）（R3d）
- ・高川 智博（国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 沿岸水工研究領域 津波高潮研究グループ長）（R3d）
- ・中元 勝（阪神国際港湾株式会社 神戸事業部 係長）（R3d）
- ・平山 克也（国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 沿岸水工研究領域 波浪研究グループ長）（R3d）
- ・本多 和彦（国土技術政策総合研究所 沿岸海洋・防災研究部 沿岸防災研究室 室長）
- ・増田 勝人（一般社団法人港湾荷役機械システム協会 調査役）
- ・山本真史（横浜港埠頭株式会社 係長）（R3d）
- ・吉田 郁政（東京都市大学 工学部 教授）

○勉強会の事務局関係者（※五十音順・敬称略。組織・役職は勉強会開催当時）

- ・赤間 康一（国土技術政策総合研究所 港湾研究部 港湾施設研究室 主任研究官）
- ・竹信 正寛（国土技術政策総合研究所 港湾研究部 港湾施設研究室 主任研究官）
- ・宮田 正史（国土技術政策総合研究所 港湾研究部 港湾施設研究室 室長）

### 3. 検討会の開催履歴

(1) 令和2年(2020)度

① 第1回勉強会 (2021年2月17日(月))

(2) 令和3年(2021)度

① 準備会 (2021年11月18日(木))

② 第1回勉強会 (2021年12月24日(金))

③ 第2回勉強会 (2022年2月8日(火))