

港湾利用への影響に関する検討

令和5年3月13日

国土交通省

国土技術政策総合研究所 港湾研究部

1. 検討の必要性

気候変動対策のための施設設計を考えるにあたっては「港湾利用への影響」を想定しておく必要がある。

2. 検討の範囲

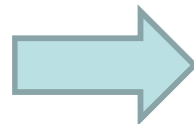
・平均海面水位上昇を中心的な外力とし係留施設の「供用性」に関する以下の影響を検討

1) 平均海面水位上昇による港湾利用への影響

2) 気候変動適応策の例示とそれによる港湾利用への影響

3. アウトプット(予定)

・気候変動適応策における施設設計に際し、港湾利用の視点から配慮すべき一般的事項を提示



港湾基準・同解説改訂に反映

・関係者による今度の検討を促す観点から、調査途上で得られた事例等の情報についても可能な限り公表資料により提供

船舶と係留施設とのインターフェースを中心に検討



1. 係船
(係船柱・フェンダー)
2. 船内荷役
3. 船用品等の物資、
船員やギャング等の移動、
バンカリング、陸電供給等

コンテナ船のオペレーションイメージ
(出展: PIANC WG135 Report)

船舶と係留施設とのインターフェースを中心に検討

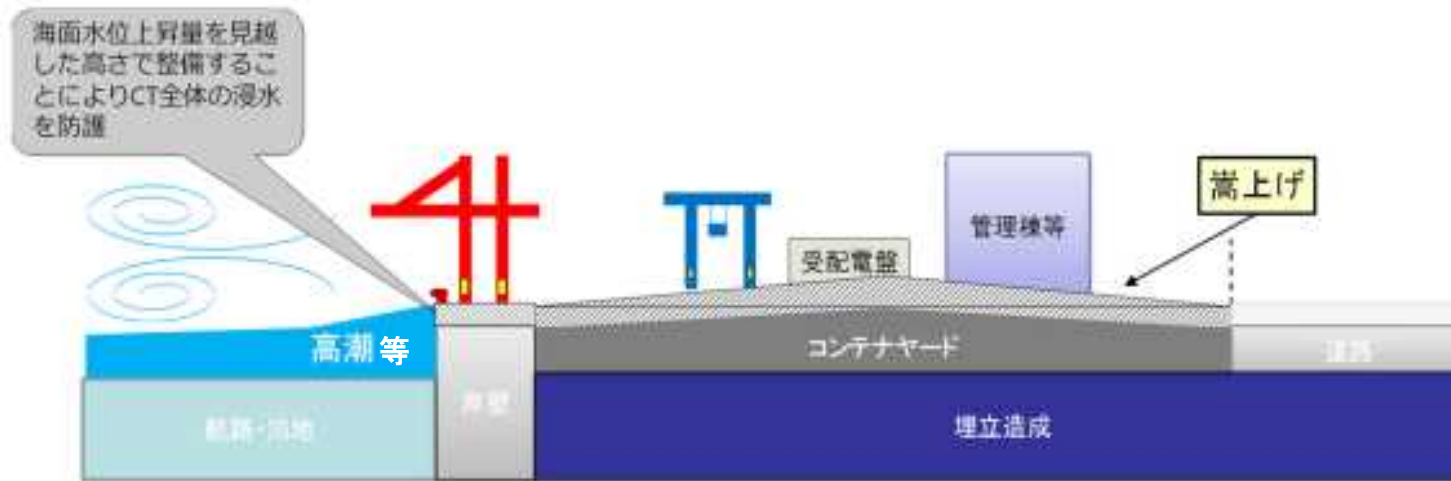


1. 係船
(係船柱・フェンダー)
2. 乗客の乗降
3. 船用品等の物資、
船員等の移動、
バンカリング、陸電供給等
4. エプロンでの物品の
仮置き

クルーズ船のオペレーションイメージ
(出展: PIANC WG152 Report)

異なる船種・利用形態に配慮した検討を行う

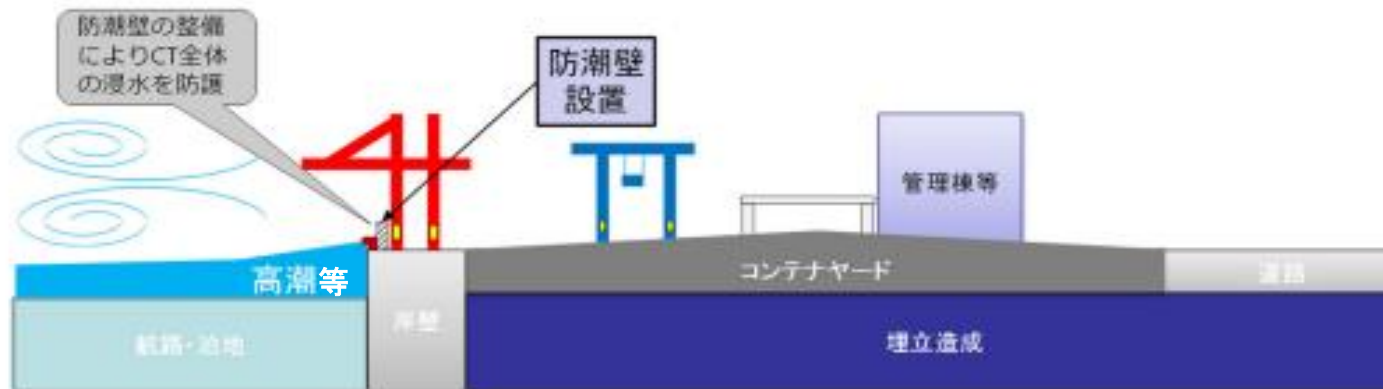
岸壁等の嵩上げを行う(新規整備時・既設改良時)



荷役活動等への影響は起こりにくいと考えられる

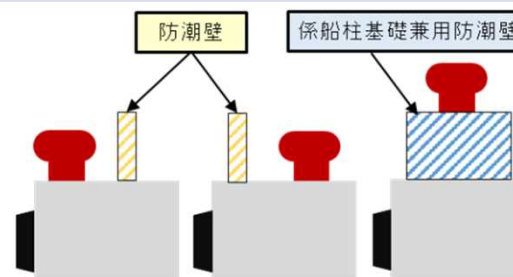
水位上昇が顕在化するまで、低潮位時のオペレーションに影響がでる可能性

防潮壁を設置する



設置位置によっては荷役活動等へ影響する可能性

国内外で実績あり



気候変動による影響が顕在化した場合でも、船舶と係留施設とのインターフェースが適切に維持されることが必要

1. 平均海面水位上昇による港湾利用への影響

- ・船体上昇による荷役や旅客・車両の乗降への影響
- ・浸水による影響(エプロン付近での活動への影響)
- ・係船への影響(係船索の張力やフェンダーの機能への影響)

2. 気候変動適応策による港湾利用への影響

- ・対策施設の設置可否(荷役等の活動への影響、設計への影響)
- ・対策工事に対する利用者による受容性
(オペレーション中断の可否、段階的対策実施の可否)
- ・係船への影響(対策施設による係船作業への影響の有無)
- ・事前対策(嵩上げ)が低潮位時の利用に与える影響
- ・本船側との連携の程度

*一定の潮位差の下でオペレーションを行っている事例も参考に検討

船種			コンテナ船	クルーズ船
平均海面水位上昇による影響			・係船作業への影響は少ない。 ・揚程は満潮位を基準に設定されているが一般的には水位変動分程度の余裕はある。 ・近年大型化しているコンテナ船のサイズに配慮して荷役機械を導入しているターミナルが一般的である。	・係船作業への影響は少ない。 ・船側に設けられたハッチから貨物や乗客の乗降を行うが、ハッチが決められたデッキに設置されていることが多く、船体上昇の影響は大きい。 ・乗客についてはブリッジの傾斜が大きくなりバリアフリー面で問題は発生し、また貨物についてはフォークリフトで持ち上げる高さが高くなり危険性が増す。 ・船側でハッチの数を増やす（複数デッキに設ける）対応を行えば、影響が軽減できる可能性がある。
対策と利用者の意向	海面上昇を見越した天端高で岸壁等の嵩上げ 【新規整備】	事前対策	・予め水位上昇を見越した天端高としても、低潮位時の係留や荷役には一般的に影響はない。	・予め水位上昇を見越した天端高とした場合、低潮位時に貨物の出し入れに支障が出る可能性。
	段階的な岸壁等の嵩上げ 【既存施設の改良】	段階的対策 (事後対策)	・既設ターミナルの場合には、通常のオペレーションへの影響が懸念される。 ・代替地が確保できれば対応可能。	・実際の水位上昇に合わせて段階的に天端高の高さを上げることが望ましいが、通常のオペレーションへの影響も想定される。
	岸壁法線際への防潮壁の整備 【既存施設の改良】	段階的対策 (事後対策)	・問題はないが、係船柱と防潮壁の位置関係に配慮が必要。係船柱よりも防潮壁が海側に設置される場合には、係船索が防潮壁に擦れることに配慮が必要。	・岸壁法線上に防潮壁がある場合、荷役や乗客の乗降に影響が出る。
	エプロン背後での防潮壁の整備 【既存施設の改良】	段階的対策 (事後対策)	・エプロンより内陸側に防潮壁を設置する場合、車両の通行に支障が出る懸念がある。	・問題はない。 ・車両の通行に配慮して可動式の陸閘を設置している場合がある。

注：本表は船社等の港湾利用の関係者（それぞれ1者）に対して行ったヒアリング結果を整理したものである。

船種			フェリー（国内）	RORO船（国内）
平均海面水位上昇による影響			・係船について係船索の張力が変わる可能性はあるが水位上昇 1 m程度であれば問題はない。 ・バラスト調整により、現在でも一定の（3～4 m程度の）潮位差に対応している。 ・車両乗降のランプについて水位上昇への対応はできるが、乗客乗降のブリッジについては傾斜が大きくなりバリアフリー面で影響が出る。 ・岸壁が浸水した場合の影響が懸念される。	・係船については防舷材と船舶との位置関係が変わることに留意する必要がある。 ・車両乗降のランプについて水位上昇した場合車両の乗降に影響が出る可能性がある。ランプが凍結する地域の場合、乗降時の危険性が増す可能性がある。 ・荒天時の浸水リスクが高まる。
対策と利用者の意向	海面上昇を見越した天端高で岸壁等の嵩上げ【新規整備】	事前対策	・予め海面上昇を見越した天端高とした場合でもバラスト調整で一定の対応は可能。	・予め海面上昇を見越した天端高とする場合、ランプの位置が下がりすぎて岸壁に接触しないよう配慮する必要がある。
	段階的な岸壁等の嵩上げ【既存施設の改良】	段階的対策（事後対策）	・既設ターミナルの場合には、通常のオペレーションへの影響が懸念される。公共性の高い輸送のため、運航は止められない。 ・代替地が確保できれば対応可能だが、現在の港湾利用状況を勘案すると空間的に余裕はない。	・既設ターミナルの場合には、通常のオペレーションへの影響が懸念される。
	岸壁法線際への防潮壁の整備【既存施設の改良】	段階的対策（事後対策）	・問題はないが係船柱と防潮壁の位置関係に配慮が必要。 ・すでにこのような対応を実施している港湾がある。防潮壁設置と合わせ電源設備などの位置を上げる。	・ランプを用いた車両の乗降に支障が出る。
	エプロン背後での防潮壁の整備【既存施設の改良】	段階的対策（事後対策）	・エプロンより内陸側に防潮壁を設置する場合、駐車スペースが減少する。	・エプロンより内陸側に防潮壁を設置することは可能だが、車両が通行できるよう一部をゲート式とする必要がある。

注：本表は船社等の港湾利用の関係者（それぞれ1者）に対して行ったヒアリング結果を整理したものである。

船種		バルク船（石炭）	バルク船（穀物）
平均海面水位上昇による影響		・アンローダーによる荷役に関し、揚程は水位変動分程度の余裕はある。 ・栈橋下部に水面があるが、水位上昇した場合に浮力が働くことで床版への影響が懸念される。 ・装置への影響は、それが設置された水面からの高さによるが、既存装置については問題はないと想定される。	・アンローダーによる荷役に関し、ある程度の水位の上下では荷役作業への大きな支障はないと想定している。 ・装置への影響は、それが設置された水面からの高さによるが、既存装置については問題はないと想定される。
対策と利用者の意向	施設の嵩上げ	・荷役からコンベアを経て背後の貯炭場に至るまで輸送装置が一体化しており、一旦整備をしてからの嵩上げは容易にはできない。	・ある程度の水位の上下では荷役作業への大きな支障はないため、予め栈橋のみを嵩上げした場合でも荷役への問題はないと想定される。 ・荷役からコンベアを経て背後のサイロに至るまで輸送装置が一体化しており、一旦整備をしてからの嵩上げのためには大規模な工事が必要。
	防潮壁の整備	・貯炭場の浸水は許容されないため、これを防止できる適切な位置に防潮壁の整備が必要。	・問題はないが、雨水の排水への配慮が必要。

注：本表は港湾関係者（２者）に対して行ったヒアリング結果を整理したものである。

◆ 気候変動対策については、

- ・港湾の利用形態や利用者の意向、施設の状況には多様性があり、これに応じた柔軟な導入を行う必要がある。
- ・対策にはそれぞれ適性があることから、船種や利用形態も踏まえつつ、適切に使い分けを考える必要がある。

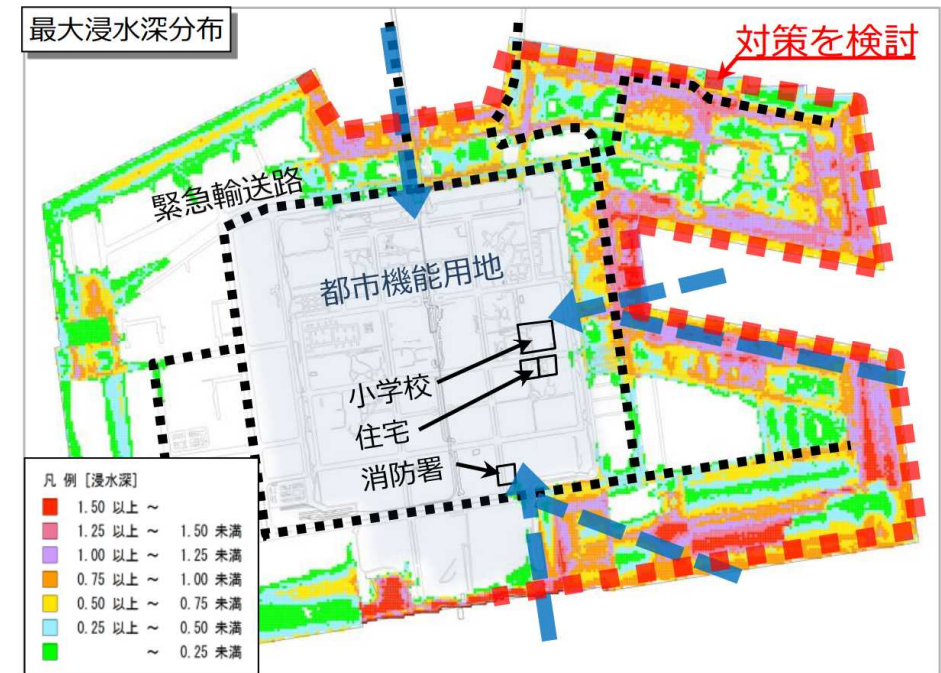
◆ 今後の検討における視点（例）

- ・それぞれの対策の有する特性の具体化と、導入円滑化ための配慮事項の検討
- ・対策検討のプロセスの明確化（利用者との調整等）
→引き続きヒアリングや国内外の事例収集等を行い、
「一般的事項」と事例に分けて整理。

ターミナルの継続的な利用を極力阻害しない配慮が必要。

(例) 神戸港六甲アイランドでの高潮浸水対策

- 神戸港ではH30台風21号により広範囲に浸水被害が発生
- 同被害を受け、「大阪湾港湾等における高潮対策検討委員会(神戸港部会)」で対策を検討し、六甲アイランドでは、ヤード嵩上げ等の対策を実施中

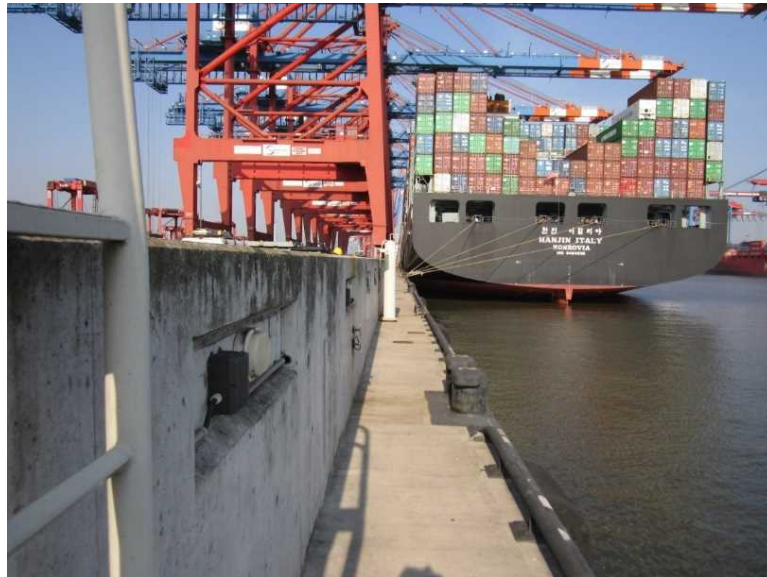


※第3回大阪湾港湾等における高潮対策検討委員会(神戸港部会)より引用

既設ターミナル嵩上げにおける配慮事項例

- 区画に分け段階的に段取り替えしながら嵩上げを実施し、施工中の部分は避けて荷役を行うよう利用者と調整する。
- 部分嵩上げにより生じる段差にスロープを設け、荷役機械等の往来を可能とする。
- 同一港湾内の空きスペース利用や隣接するターミナルとの連携を検討する。
- ターミナルの稼働状況等を勘案し、中長期的な視点で適切な嵩上げの実施時期を計画する。

岸壁水際位置等での活動を阻害しない配慮が必要。



ハンブルグ港の事例

- 係船柱近傍に陸閘を設置し、係留作業に配慮



高松港の事例

- 要所に階段を設け、作業員の往来に配慮

岸壁水際線の防潮壁設置における配慮事項例

- 防潮堤内外の作業員等の往来に配慮し、乗り越し階段又は陸閘等を設ける。
- 防潮壁と係船柱との離隔を係船作業に支障の無いよう定める。
- コンテナ岸壁の場合、荷役機械や構内トレーラー等の走行に支障の無い位置に防潮壁を設ける。
- 海側のガントリークレーンの設置・撤去に支障の無いよう配慮する。

海外における検討事例

1. 将来の気候変動の可能性を理解するために、世界の代表的な港湾で想定されている気候変動シナリオについて紹介。
2. また、気候パラメータが港湾施設に与える影響について例示。

各港で想定する気候変動シナリオ

港	項目	想定するシナリオ(外力)
ロンドン	気温	2080年代までに平均+3~4℃
	海面水位	2100年までに+0.2~0.9m(最大+2.7m)
	降雨量	2080年代までに冬期+10~20% 夏季-20~30%
	霧	2080年代までに+20%アップ(冬季の頻度)
コロンビア	気温	2050年代までに+1.2~2.2℃、2080年代までに+1.7~3.7℃ (ダウンスケールモデルでは2050年代までに+6℃)
	海面水位	2100年までに+0.5m(観測データによる予測) 上位シナリオでは2100年までに+1.3m
	降雨量	0.6%/年で降雨日が増加(観測データによる予測)
	風	2020年代までに+0.2m/s、2050年代までに+0.5m/s 3~10m/sの風速の発生頻度上昇
ロングビーチ (アメリカ)	気温	2050年までに+0.6~6.4° F(+0.33~3.56℃)、2100年までに +4.1~8.6° F(+2.28~4.78℃) 2050年までに95° F(35℃)以上の日の頻度が2~3倍
	海面水位	2050年までに+0.13~0.61m、2100年までに+0.43~1.68m
	降雨量	2050年までに総降雨量-9%、日降雨量-13% 2100年までにハリケーンによる降雨量+10~25% 2100年までに20年確率ハリケーンが4~15年確率に変化
	酸性化	2050年までに-0.5pH
ベルギー	気温	2100年までに+3.7~7.2℃、年間2~9回の熱波
	海面水位	2100年までに+0.6m、最大+2.0m
	波浪	1mの海面上昇量に対して波高+4.0m
	降雨量	冬期:2030年までに+3%、2100年までに+12% 夏季:2030年までに-4%、2100年までに-15%

航路

外郭施設

岸壁

荷捌き地

港湾設備

倉庫 / 事務所

加工 / 製造

背後地との接続



気候パラメータ

影響

気温 水温 降雨強度 / 降水量 平均海面 / 天文潮 風況 / 台風 水質	気温 水温 降雨強度 / 降水量 平均海面 / 天文潮 風況 / 台風 水質	気温 水温 降雨強度 / 降水量 平均海面 / 天文潮 風況 / 台風 水質	気温 水温 降雨強度 / 降水量 平均海面 / 天文潮 風況 / 台風 水質
着氷 雪又は雹 霧又は可視性 水深変化 潮流変化 堆積物 波の特性 風荷重 生物学的変化 腐食	着氷 雪又は雹 霧又は可視性 越流 洗掘 波圧 生物学的変化 腐食	着氷 霧又は可視性 水深変化 潮流 洗掘/堆積 波の特性 風荷重 生物学的変化 腐食	過度の熱 / 湿気 着氷 雪又は雹 霧又は可視性 浸水 越流 水深変化 潮流変化 洗掘/堆積 波の特性 波圧 内水氾濫 負の遺産 風荷重 生物学的変化 腐食

気候パラメータと港湾施設への影響

- 1. 「安全性」「経済効果」「地域社会への影響」「持続可能性」の観点から、気候変動による影響度合いを判断する指標を紹介。
- 2. 指標を基に、港湾資産に対する気候変動適応策の適応性について整理方法を例示。
- 3. 外力の設定方法等について引き続き検討中。

気候変動の影響度合いの判断指標

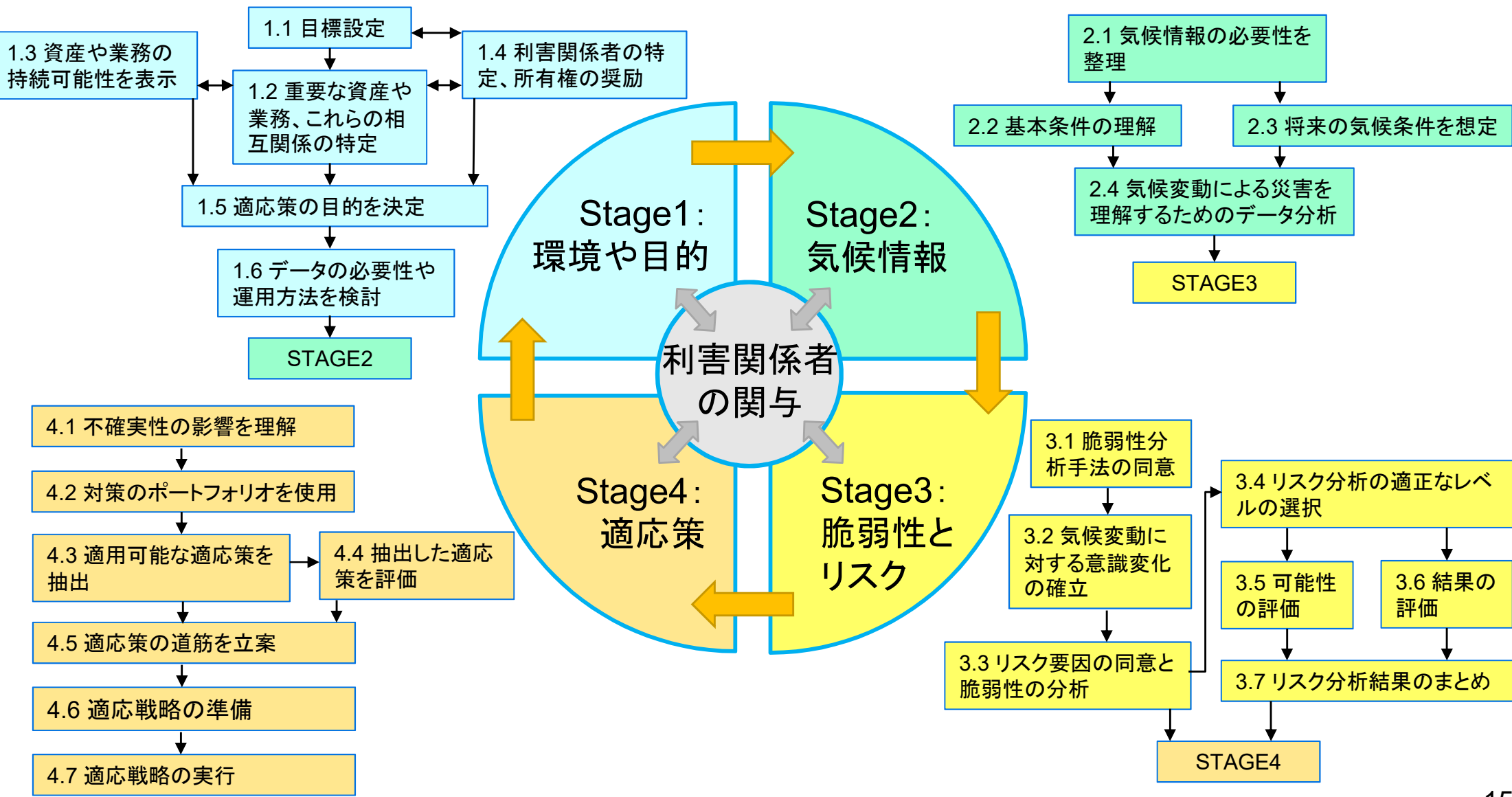
影響の規模:	安全性	経済効果;事業継続性	地域社会への影響	環境の持続可能性とコンプライアンス	致命的?
壊滅的	大人数の重症・死亡リスク	サプライチェーン・ビジネスの崩壊、または長期的な崩壊リスク	不可欠なサービスが失われ、日常生活が耐えられなくなり、容認できない身体的苦痛が生じる	回復不可能な損害、明確な違反、企業の罰則の可能性	Yes
大	小人数の重症・死亡リスク	ビジネスに深刻な影響を与える、大きな復旧措置が必要となる	日常生活の深刻な混乱、高いレベルの身体的苦痛	重大かつ継続的な損失、コンプライアンス違反に対処するために多大な管理努力が必要	Probably
中	小人数の怪我のリスク	ビジネスの継続性を守る行動が必要	重要なサービスの頻繁な中断;日常生活困難、中等度の身体的苦痛	軽度の回復可能な損傷、コンプライアンスの問題でアクションが必要	Unlikely
小	軽傷のリスク	個別の問題 (例: サプライチェーンに代替品が存在する)	必要不可欠なサービスと日常生活が断続的に中断され、身体的苦痛が少ない	ごくわずかな損傷、小さな違反で簡単に解決	Not critical

港湾施設の適応能力の評価例

海上および陸上の港湾インフラ			致命的か？				影響を及ぼすハザードへの耐性												主な内容									
			Not critical	Unlikely	Probably	Yes	浸水	越波	流速 / 高波	河川流量の減少	水深の変化	河床または堤防の浸食	霧または視界不良	風向きの変化	極端な寒さ・氷・氷結	極端な暑さ・湿度	水質環境の変化	生物学的変化	設計データ			資産の状態			性能について		取り得る適応策の有無	
																			供用期間（年）	建設年月日	残存寿命	良好	適度	悪い	維持管理費	費用対効果		
資産	構造物	岸壁 (i)				○	○	○		○	○	○	○	○		○		50	1994	25		○			↔	✖	✖✖	
		岸壁 (ii)				○					○	○	○	○	○		○	50	2014	45	○			↔	✓	✓		
		防舷材			○							○	○	○	○	○	15	2014	10	○			↔	✓	✓			
		はしご			○							○	○	○	○	○	15	2014	10	○			↔	✓	✓			
		船揚場	○																									
	物理システム	防食				○					○			○		○		10	2014	5	○			↔	✓	✓		
		資源	文化遺産（灯台）				○	○	○			○	○	○	○	○		N/A	1950	N/A		○			↑	✓	✖	
			養浜			○		○	○	○	○	○					○	15	2018	14	○			↔	—	—		
事業内容	水先案内					○		○	○	○	○	○	○				N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	↔	✓	✓			
	浚渫（しゅんせつ）／廃棄				○		○		○	○	○	○					N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	↑	✖	✖✖			
	セーリング／ウォータースポーツイベント			○																								
	水上スポーツ競技用ブイ			○																								

凡例	金額が高い	適度	金額が低い
増加	↑	↔	↓
安定	↔	↔	↔
削減	↓	↔	↑

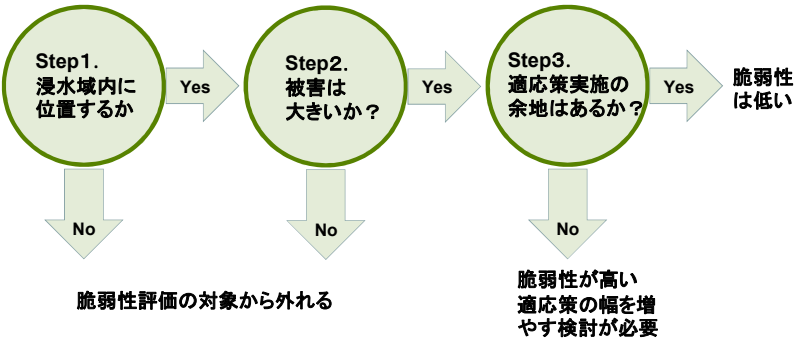
○気候変動に対する適応計画の検討手順を4つのステージに分類して示している。



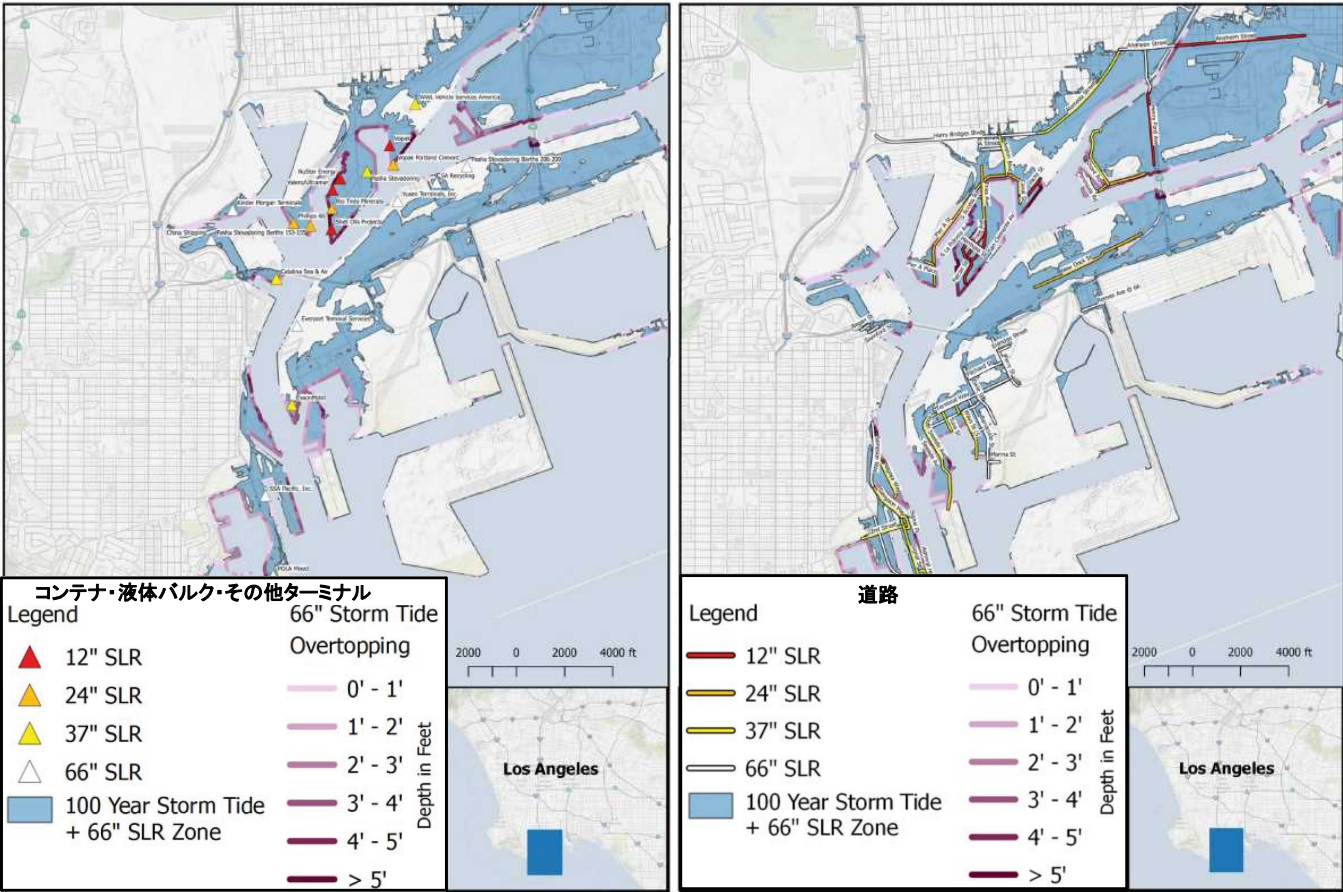
- 1. ロサンゼルス港はNRC (National Research Council)の2030年、2050年、2100年における海面上昇量の予測値を対象に、気候変動に対する適応策を検討。
- 2. 複数シナリオの海面上昇量に対する浸水予測結果を踏まえ、脆弱性評価の検討フローに基づいた港湾施設の評価を実施。

2000年に対する海面上昇量の予測

年	海面上昇量
2030	5.8 in ± 2.0 in (14.7 cm ± 5.1 cm)
2050	11.2 in ± 3.5 in (28.4 cm ± 8.9 cm)
2100	36.7 in ± 9.8 in (93.2 cm ± 24.9 cm)



脆弱性評価の検討フロー



浸水域内の資産の例
(左:コンテナ・液体バルク等、右:道路)

1. 脆弱性評価を踏まえて海面上昇量のシナリオ毎に適応策を整理し、各適応策の実施計画を「Immediate(5年以内)」「Soon(2030年まで)」「Future(2030年以降)」の3パターンで分類。
2. 検討に際して関係者とのワークショップを開催。

海面上昇に対する基本計画の例

対象シナリオ	適応策	時間枠
全シナリオ	海面上昇の影響に関する適応策を検討 1.港湾マスタープラン 2.エンジニアリング設計ガイドライン(2009年) 3.LAウォーターフロントデザインガイドライン(2011年)	Immediate
94cmの海面上昇	脆弱性ゾーンマップを作成 最も可能性が高い予測である37インチの海面上昇量シナリオに基づくマップの作成を推奨	Immediate
全シナリオ	港湾計画・設計の手順書に海面上昇の可能性の影響と適応戦略に関する内容を記載	Immediate
全シナリオ	パンフレット作成・配布など、海面上昇に関する周知を実施	Immediate
全シナリオ	5年毎に海面上昇量に関する科学的知見を確認し、必要に応じて脆弱性評価を見直す	Immediate

海面上昇に対する地域連携の例

対象シナリオ	適応策	時間枠
全シナリオ	個別に気候変動に関する研究を実施しているPOLB、ロサンゼルス市、ロングビーチ市が協力し、情報交換や費用分担を実施	Immediate
全シナリオ	地域連携ー太平洋気候変動作業部会への参加。	Immediate
全シナリオ	CAPA(カリフォルニア州港湾局協会)の海面上昇グループに参加	Immediate
全シナリオ	海面上昇に対する適応策に関するワーキンググループを立ち上げ	Immediate
全シナリオ	海面上昇に対する天然資源・生息地(湿地など)の防護・適応戦略を策定	Immediate

ふ頭の気候変動適応策の例

対象シナリオ	適応策	時間枠
30cmの海面上昇 +高潮	約91cmの浸水からバルクターミナルを防護するように防潮壁を整備(延長約152m)	Immediate
94cmの海面上昇 +高潮	防潮壁を約61cm嵩上げ(延長約152m)	Future

重要施設の気候変動適応策の例

対象シナリオ	適応策	時間枠
61cmの海面上昇 +高潮	電気設備を約2.7m嵩上げ	Soon
94cmの海面上昇 +高潮	約2.7mの嵩上げで約0.9mの浸水	Future

輸送・交通の気候変動適応策の例

対象シナリオ	適応策	時間枠
30cmの海面上昇 +高潮	Water St.を約0.9m嵩上げ(延長約52m) Nissan St.を約0.9m嵩上げ(延長約69m) Yacht St.を約0.9m嵩上げ(延長約299m) ⇒消防署へのアクセスを確保	Immediate
61cmの海面上昇 +高潮	Water St.を嵩上げ(延長約511m増大) Nissan St.を嵩上げ(延長約62m増大) Yacht St.を嵩上げ(延長約11m増大)	Soon
94cmの海面上昇 +高潮	Nissan St.を嵩上げ(延長約56m増大) Yacht St.を嵩上げ(延長約11m増大)	Future

Immediate: 5年以内

Soon : 2030年まで

Future : 2030年以降