

## 四国における海岸保全施設長寿命化計画の検討について

福間 正\*・山本高士\*\*・由木 誠\*\*\*・廣松智樹\*\*\*\*・高尾俊輝\*\*\*\*\*・西森 忍\*\*\*\*\*

\* (財) 沿岸技術研究センター 調査役

\*\* (財) 沿岸技術研究センター 調査部 研究員

\*\*\* 前 (財) 沿岸技術研究センター 研究主幹

\*\*\*\* 前 国土交通省 四国地方整備局 港湾空港部 港湾計画課 課長

\*\*\*\*\* 前 国土交通省 四国地方整備局 港湾空港部 港湾計画課 課長補佐

\*\*\*\*\* 国土交通省 四国地方整備局 港湾空港部 港湾計画課 海岸・環境係長

四国沿岸域の海岸保全施設は、建設後の経年に伴う老朽化、切迫する東南海・南海地震等に対する耐震化、さらには、地球温暖化に伴う海面上昇、及び波浪や潮位偏差の増大に対処しつつ、施設の機能をできるだけ長期にわたって維持していくことが求められている。四国地方整備局では、管内の海岸保全施設の劣化状況や耐震性能等の調査・把握を行い、気候変動に伴う海象条件の変化も見込んだ、中長期的な維持管理方策を策定するための「考え方」を検討・整理した。ここでは、その概要を取りまとめて報告する。

キーワード：海岸保全施設、長寿命化計画、地球温暖化、LCC、LCM、維持管理、更新

### 1. はじめに

既存の海岸保全施設は老朽化が進行し、今後、維持管理費用や更新費用が増大することが予想される。このため、海岸保全施設の定期的な点検と適時・適切な保全対策により、必要な防護水準を確保しつつ、供用期間中に生じる費用を最小化することが課題となっている。

また、四国沿岸域では、東南海・南海地震の発生が今後30年以内に60～70%と予想され、それによる施設の倒壊、津波浸水被害が危惧されているため、効果的・効率的な耐震化対策及び津波対策の実施が課題となっている。

さらに、今後予想される地球温暖化に伴う海面上昇及び台風強大化により、沿岸域における高潮災害リスクの増大が予想される。このため、地球温暖化影響への戦略的取り組みの推進が課題となっている。

このような課題に対応するために、海岸管理者が長寿命化計画を作成する際の参考・目安となる基本的考え方を検討・整理した。

## 2. 長寿命化計画の概要

### 2.1 計画の構成

中期計画として補修・改良・更新に関する基本方針を定め、今後の維持管理に関する点検・補修計画を作成する。計画は、以下の効果を得ることを目標とする。

- ・海岸全域における投資の平準化
- ・個別施設におけるライフサイクルコスト（以下、LCCという）の低減
- ・意思決定のプロセスの「見える化」による説明性の向上

### 2.2 対象期間の目安

中期計画の対象期間は、現実的な計画期間として30年程度を目安とする。点検・補修計画の対象期間は10年程度を目安とする。自然外力の変化を考慮する期間は、気候変動に関する政府間パネル（以下、IPCCという）の第4次評価報告書の予測期間が2100年までであることから、2100年までを参考にすることとした。

### 2.3 計画の見直し

長寿命化計画は、海岸保全施設のライフサイクルマネジメントシステム（以下、LCMシステムという）の中核を担う計画に位置付けられ、継続的に改善を図ることが重要である。計画の見直しは、劣化予測の見直し、地球温暖化予測の更新、社会情勢の変化などを受けて適宜行う必要がある。

### 2.4 「考え方」の利用方法と適用範囲

四国沿岸域では巨大地震・津波への対応が急がれることから、長寿命化計画作成は、できることから段階的に進めることを基本的な取り組み姿勢とし、基本的な考え方を提示するとともに、適用事例及び引用可能なデータをあわせて提供するものとした。

適用範囲は、四国沿岸域の海岸を対象とする。

## 3. 長寿命化計画の検討手順

長寿命化計画の検討項目及び検討の流れを図-1に示す。

長寿命化計画は、対象施設の現況及び将来の外力変化等の情報に基づいて作成する必要があるため、手順①～④において基礎情報を整理し、その結果を利用して手順⑤で維持管理・更新計画を検討する。

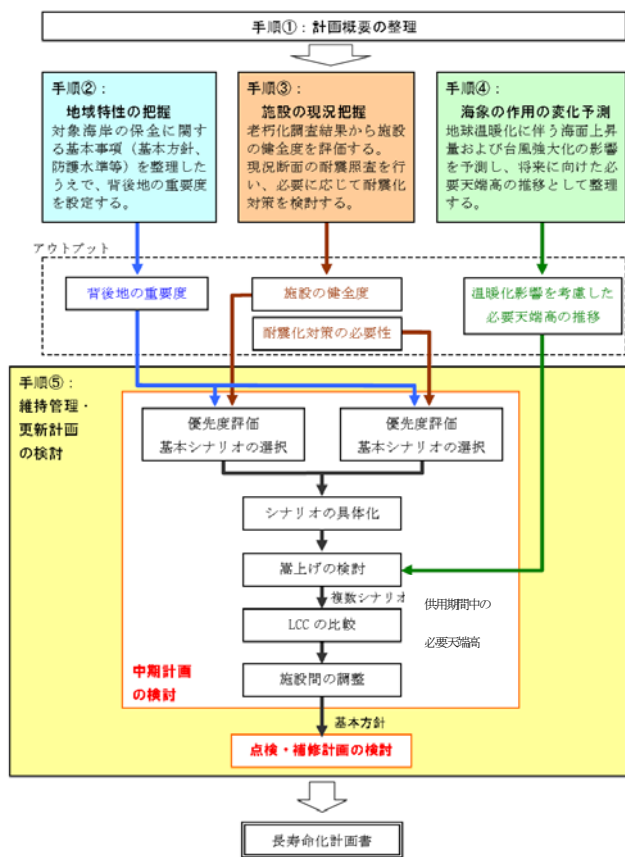


図-1 長寿命化計画検討の流れ

### 3.1 計画概要の整理

長寿命化計画の目的、体系及び対象施設を整理する。

長寿命化計画の目的は、海岸保全施設の機能を永続的に確保しつつ、施設の維持管理・改良・更新の効果的・効率的な実施を促進することを基本とし、これに各地域の実情を踏まえて目的を定める。

### 3.2 地域特性の把握

#### (1) 保全に関する基本事項の確認

海岸保全基本計画との整合性を図るため、対象海岸の保全に関する基本事項を確認する。

#### (2) 背後地の重要度の設定




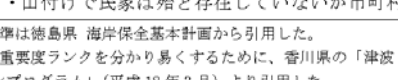
整備の優先度を決定する一つの指標として、背後地の重要度を評価する。

維持管理・改良・更新を効果的・効率的に進めるためには、施設毎に投資の優先順位を定め、それに応じて整備を進める必要がある。優先順位は「背後地の重要度」と「対策の緊急度」が評価指標となる。

背後地の重要度は、海岸保全基本計画等において評価されている場合は、それを基本とし表-1 の評価ランクを参考に設定する。ただし、災害時・復旧時に重要な役割

を果たす施設が隣接する場合はそれを考慮することができる。また、施設整備により企業立地が促進される等の効果を考慮することができるものとした。

表-1 背後地の重要度ランク

重要度	評価基準
A	<ul style="list-style-type: none"> <li>市街地や工業地帯が形成されている。</li> <li>人口集中地区（DID地区）である。</li> </ul> 
B	<ul style="list-style-type: none"> <li>集落が連担して形成されている。</li> <li>国道や主要地方道などの幹線道路が沿岸に隣接している。</li> </ul> 
C	<ul style="list-style-type: none"> <li>集落が点在している。</li> <li>広大な農地が存在する。</li> </ul> 
D	<ul style="list-style-type: none"> <li>谷あい等に小規模な農地が存在する。</li> <li>山付けで民家は殆ど存在していないが市町村道等を有する。</li> </ul> 

注1：評価基準は徳島県 海岸保全基本計画から引用した。

注2：挿絵は重要度ランクを分かり易くするために、香川県の「津波・高潮対策整備推進アクションプログラム」（平成18年3月）より引用した。

### 3.3 施設の現況把握

求められる性能（要求性能）を対象施設が満たすか否かを確認するため、「老朽化状況」及び「耐震性能」に関する調査・解析を実施する。

対策の緊急度は、対象施設が要求性能を既に満たさない場合が最も高く、要求性能を満たさなくなる時期に応じて低下する。

緊急度の評価項目は、表-2 の「老朽化状況」及び「耐震性能」を基本とする。

表-2 施設の現況把握項目

項目	実施内容	結果
老朽化状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>老朽化調査</li> <li>健全度評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設の変状</li> <li>施設の健全度（A B C Dの4段階）</li> </ul>
耐震性能	<ul style="list-style-type: none"> <li>耐震照査</li> <li>対策検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>耐震化対策の必要性</li> <li>対策断面、概算費用</li> </ul>

#### (1) 老朽化状況の把握と対策工法の検討

施設の健全度は、老朽化調査の結果に基づいて評価する。老朽化調査は、ライフサイクルマネジメントのための海岸保全施設維持管理マニュアル（案）（以下、維持管理マニュアルという）に準拠し、一次点検と二次点検に分けて実施する。

施設の健全度の評価は、変状が施設の設置目的と性能の低下に及ぼす影響及び致命的な変状に至る変状の進展（変状連鎖）等を考慮し、A～Dの4段階で行う。

対策工法は、点検結果及びコンクリートの劣化調査等

から変状要因を推定した上で、現状で対策が必要な部材及び劣化の進行により変状の発生が予想される部材について検討する。進行型の変状に対しては、変状が軽微な段階で予防保全的な対策を行うことにより、LCCを低減できる可能性がある。

## (2) 耐震性能の把握

レベル2地震動に対する耐震照査を実施し、施設の耐震性能を評価するとともに、必要に応じて対策工法の検討を行う。

性能照査は、地域特性を考慮した性能規定を定めて行う。地震に対する性能を確保する場合は、水平変位、擁壁の傾斜角、矢板に発生する断面力等を、地震発生後の津波高又は高潮高以上の天端高を確保する場合は、鉛直変位を性能規定とすることができる。

解析に当たっては、チャート式耐震診断システムによりスクリーニングを行ったうえで、必要に応じて動的FEM解析により評価する。

## 3.4 海象作用の変化予測

地球温暖化に伴う海面上昇及び台風強大化の影響を考慮し、温暖化適応策を検討する。検討に必要なデータは付属データ集から引用して使用できるようにした。

### (1) 地球温暖化に伴う海面上昇

各地域における海面上昇のトレンドを2010年における傾きとし、2100年にIPCC第4次報告書の最悪シナリオA1FIの海面上昇量予測値(上限59cm～下限26cm)を与える2次関数で検討時点の海面上昇量を推定した(図-2参照)。

実際の子測は、上限値(2100年において59cm上昇)を採用した。

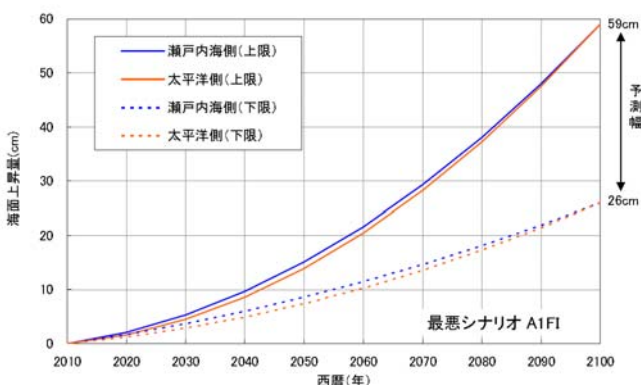


図-2 海面上昇量の予測結果

### (2) 地球温暖化に伴う台風強大化

気候変動に伴う台風強大化の影響予測は、各海岸の特徴や検討にかけることができる時間や費用を勘案して手法を選択できることとした。図-3にそのフローを示す。

津波により整備が行われている「津波タイプ」の海岸では、地球温暖化による台風強大化を考慮した場合でも、

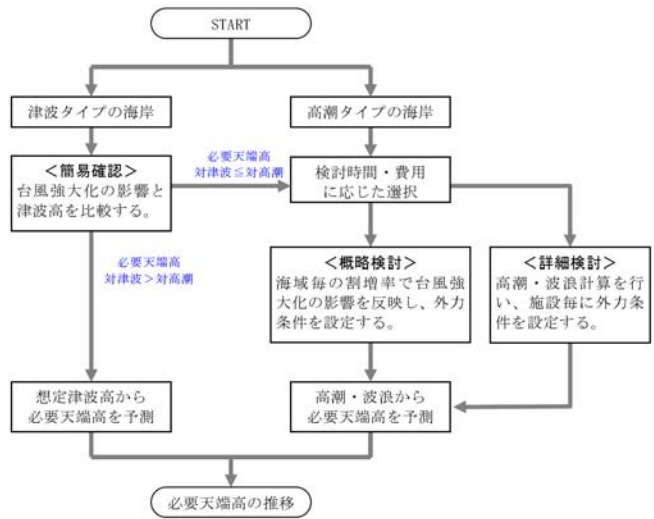


図-3 検討手法の選択の流れ

高潮に対する必要天端高より津波高に対する必要天端高が高くなる場合がある。このような海岸では、台風強大化の影響を簡易な方法で確認し、津波高の方が十分に高ければ、海面上昇量だけを考慮することにより、地球温暖化に対応できる。

$$\text{必要天端高} = \text{想定津波高} + \text{海面上昇量}$$

簡易な確認は、対象施設の中から数施設について、次項に示す概略検討の手法で行うものである。

### (3) 台風強大化の影響予測

既往最高潮位で施設整備が行われている場合は、既往台風の将来気候下における中心気圧を、気象研究所が開発した高解像度全球気候モデルによる予測値(GCM20メッシュデータ)の現在気候と将来気候の中心気圧の極値統計解析から、20hPa程度降下するものとして設定した。

中間気候における台風規模(最低中心気圧)は、海水温の上昇傾向と関連付けた。

特定の台風条件が設定されていない場合は、100年確率の台風規模のモデル台風を設定した。

現在気候及び将来気候におけるモデル台風から、検討対象港に影響を及ぼすものを想定台風として選定した。

概略検討は、対象エリアをブロック分けし、各ブロックを代表する港について、現在・中間・将来の気候下における高潮・波浪シミュレーションを行い、その結果から高潮偏差及び50年確率波の現在気候下に対する割増率を整理した。

## 3.5 維持管理・更新計画の検討

中期計画の検討では、作業を簡略化するために、施設毎の優先度に応じてあらかじめ定めた3種類程度の基本シナリオを選択して検討を進める方法を採用した。

### (1) 基本シナリオの設定

基本シナリオは、対策の実施時期(いつまでに)と老

朽化・耐震化・地球温暖化に対する対策レベル（何をするか）を定める。表-3 にシナリオの設定例を示す。

表-3 基本シナリオの設定例

	対策の時期 (いつまでに)	対策のレベル (何をするか)
シナリオ①	概ね10年以内に 対策を行う	老朽化対策： ・補修または更新により健全度Dまで回復する対策を行う。 耐震化対策： ・地震に対する性能を確保する。 ・地震発生後も津波または高潮高以上の天端高を確保する。 温暖化適応策： ・耐用期間中の必要天端高を確保する。
シナリオ②	20XX年までに 対策を行う	老朽化対策： ・補修または更新により健全度Dまで回復する対策を行う。 耐震化対策： ・地震に対する性能を確保する。 ・地震発生後も津波または高潮高以上の天端高を確保する。 温暖化適応策： ・耐用期間中の必要天端高を確保する。
シナリオ③	20XX年以降に 対策を行う	老朽化対策： ・補修または更新により健全度Dまで回復する対策を行う。 耐震化対策： ・地震に対する性能を確保する。 ・地震発生後も津波または高潮高以上の天端高を確保する。 温暖化適応策： ・耐用期間中の必要天端高を確保する。

(2) 優先度評価と基本シナリオの選択

施設の健全度や背後地の重要度などを指標として、優先度を評価し、基本シナリオを選択する。優先度評価はここまでに整理した表-4の指標に基づき、図-4の流れで行う。

表-4 優先度評価の指標

背後地の重要度（投資の優先順位の指標）	
重要度	評価基準
A	・市街地や工業地帯が形成されている。 ・人口集中地区（D I D地区）である。
B	・集落が連担して形成されている。 ・国道や主要地方道などの幹線道路が沿岸に隣接している。
C	・集落が点在している。 ・広大な農地が存在する。
D	・谷あい等に小規模な農地が存在する。 ・山付けで民家は殆ど存在していないが市町村道等を有する。

施設の健全度（老朽化対策の緊急度の指標）	
健全度	評価基準
A 要対策	施設の主要部に大きな変状が発生しており、施設の性能低下が生じている。
B 重点監視	施設の主要部に変状が発生しており、施設の性能低下や変状連鎖の進行が懸念される。
C 重点点検	施設の主要部以外の部分や附帯施設に変状が発生しているが、施設の性能低下には至っていない。
D 問題なし	軽微な変状が発生しているが、施設の性能低下には当面至らない。

(3) シナリオの具体化

基本シナリオを踏まえ、老朽化対策及び耐震化対策の実施時期を決定する。老朽化対策の実施時期は劣化予測を行い決定することを基本とし、耐震化対策は可能な範囲で老朽化対策と同時に実施することで効率化を図る。

(4) 嵩上げの検討

温暖化適応策としての天端の嵩上げは、老朽化対策もしくは耐震化対策と同時に実施することを基本とする。

温暖化適応策は、漸近的適応策に基づき段階的な施工計画とし、天端の嵩上げは施設の改良・更新時に余裕高として見込むことを基本とする。

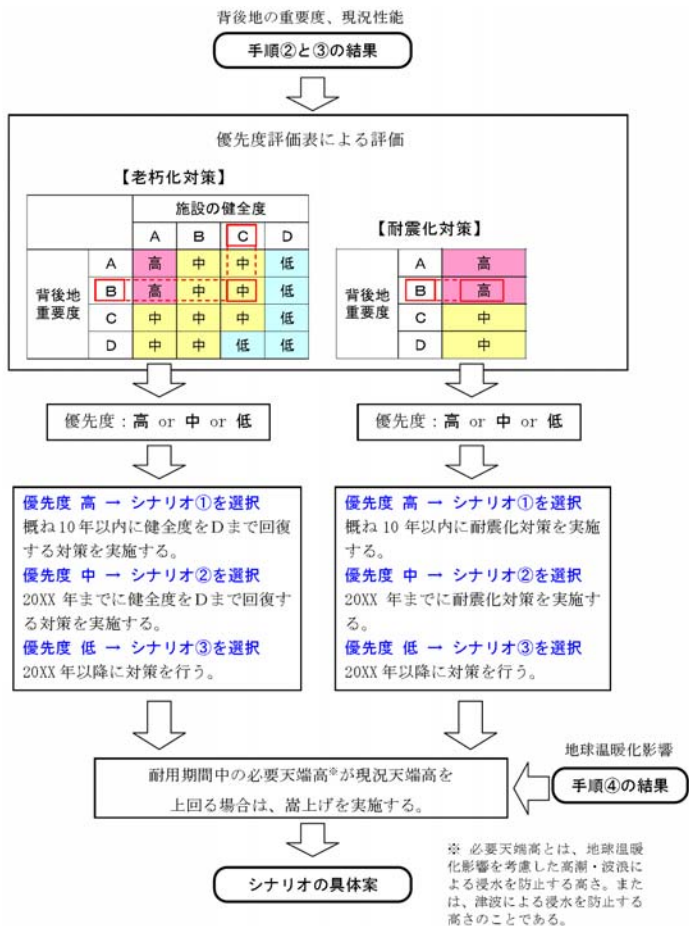


図-4 優先度評価の流れ

(5) LCCの比較

基本シナリオに基づき、具体化したシナリオについて概算費用を算出し、LCCを比較し、最適案を選定する。

(6) 施設間の調整

施設毎のLCCを集計し、投資の集中が確認された場合は、対策時期を調整することで平準化を図る。

3.6 点検・補修計画の検討

中期計画として定めた基本方針を踏まえ、今後の維持管理の最適化に資する短期レベルの点検・補修計画を検討する。計画期間は10年程度とし、適宜見直しを図るものとする。

4. おわりに

四国の地域特性を考慮した、海岸保全施設長命化計画作成の考え方を取りまとめた。

本稿は国土交通省四国地方整備局発注による「管内海岸保全施設長寿命化検討業務」での検討の一部を取りまとめたものであり、検討実施に当たっては、「海岸保全施設長寿命化計画検討委員会」（委員長：中野晋徳島大学大学院教授）を設置し委員、関係者各位のご指導、助言を得て取りまとめた。ここに記して厚く御礼申し上げます。