

2017年度（第53回）水工学に関する夏期研修会講義集

水工学シリーズ 17-B-7

防護機能を維持するための 海岸保全施設の長寿命化計画

（株）建設技術研究所 北陸支社長
前 建設コンサルタント協会 海岸・海洋専門委員会委員長

原文宏

土木学会
水工学委員会・海岸工学委員会

2017年8月

防護機能を維持するための海岸保全施設の長寿命化計画

Plan for Extending Service Life of Coastal Facilities to Maintain Protective Function

原 文宏

Fumihito HARA

1. はじめに

本講義で一番伝えたいことは、海岸保全施設の維持管理は、砂浜の保全と維持管理にかかっているということである。“砂浜の保全と維持管理”および“海岸保全施設の維持管理”が一体とならなければ、海岸の維持管理の目的である、海岸の防護機能を維持できないと考える。そして、本講義が、“ヒト”と“カネ”（人口減少、少子高齢化）も段々少なくなり、地球温暖化による海面上昇が予測される将来に向け、海岸もインフラストラクチャー（以下、「インフラ」と称す。）の一つとして、これからの海岸の維持管理、海岸保全施設の長寿命化のあり方について、それぞれの立場で考えて頂ける機会となれば幸甚である。

従って、本講義は、「海岸保全施設維持管理マニュアル」を解説しながら、長寿命化計画を作成するための方法を述べるものではないことをご理解頂きたい。長寿命化計画は、海岸を含む各沿岸域の自然環境特性、社会環境特性等を考慮して地域の実情に応じて海岸の防護機能を維持管理することを目的とする計画にならなければならないと考える。

本テキストを作成するに当たり、海岸工学論文集データベースより、維持管理をキーワードとして検索したところ、1983年（昭和58年）に発表された大河原ら（1983）の「被災事例から見た海岸堤防・護岸に関する一考察」という論文が検索された。堤防・護岸は、1953年（昭和28年）の台風13号および1959年（昭和34年）の伊勢湾台風等の被災経験を踏まえてとりまとめられた設計基準等によって設計され、整備されてきた。本論文では、1983年当時の堤防・護岸前面の砂浜の侵食に起因する破壊、老朽化による目地の開き、コンクリートの劣化等が報告されていた。当時としては新しいこれらの問題への対応を含めた堤防・護岸の設計方法および、維持管理手法の確立が強く望まれたことから、堤防・護岸の被災事例に関する資料を統計的手法により被災要因を分析されたものである。全国から収集された被災事例は、337件、57,020mであった。主な結論は、以下のとおりであった。

- ・設計値より小さい外力条件下での被災が圧倒的に多いこと
- ・侵食、洗掘、吸出し（空洞化）による被災頻度が最も多く、次いで波力・越波、老朽化の順であること
- ・老朽化による被災の場合、大半が侵食、洗掘、吸出しおよび波力・越波による被災と重複していること
- ・砂浜幅10m未満で勾配1/10以下の海岸において被災率が高いこと
- ・前面地盤高T.P. -1～1mの範囲で被災率が高いこと

これらの事例のとおり、堤防・護岸は、老朽化に関わらず被災し、防護機能が低下する事例が多くあったことから、本論文では、被害を軽減するために離岸堤の設置および養浜工等により砂浜を保全し、育成しながら、海岸保全機能を発揮させる面的防護方式の提案がなされた。

温故知新ではないが、堤防・護岸の防護機能の維持は、30年以上前から課題とされてきたことがわかる。また、老朽化のみで防護機能が低下するのではなく、侵食、洗掘の構造物前面の海浜の変状と堤体の空洞化によって海岸保全施設の変状が発生し、侵食性の海岸であれば、計画外力以下の潮位・波浪であっても、海岸保全施設の防護機能が短期間で低下することにも留意して維持管理しなければならないと考える。さらに、土砂は、計画外力以下の波浪で常に移動し、短期間で海浜地形が変化し侵食が生じる場合があることも忘れないでほしい。

2. 海岸保全施設の機能

2014年（平成26年）6月13日に改正された海岸法第1条において、海岸法の目的は「津波、高潮、波浪その他海水又は地盤の変動による被害から海岸を防護するとともに、海岸環境の整備と保全および公衆の海岸の適正な利用を図り、もって国土の保全に資すること。」とされている。「海岸保全施設」は、海岸法第2条において、「海岸保全区域内にある堤防、突堤、護岸、胸壁、離岸堤、砂浜（海岸管理者が、消波等の海岸を防護する機能を維持するために設けたもので、主務省令で定めるところにより指定したものに限る。）その他海水の侵入又は海水による侵食を防止するための施設（堤防又は胸壁にあっては、津波、高潮等により海水が当該施設を越えて侵入した場合にこれによる被害を軽減するため、当該施設と一体的に設置された根固工又は樹林（樹林にあっては、海岸管理者が設けたもので、主務省令で定めるところにより指定したものに限る。）を含む。）をいう。」とされている。

海岸法の改正により海岸保全施設の種類が増えて行った経緯は、次の通りである。1999年（平成11年）に改正された海岸法では、1956年（昭和31年）に制定された海岸法の目的であった「防護」に加え、自然環境の保護と回復に焦点をあてた「環境」と、海岸を上手に利用してもらうための管理に焦点をあてた「利用」の2つの目的が追加された。また、「砂浜」も海岸保全施設として位置付けられ、「砂浜」に防護機能、環境機能および利用機能が期待された。2014年（平成26年）の海岸法の改正では、東日本大震災の津波による沿岸域の甚大な被害を契機に、海岸堤防を乗り越える津波に対して海岸堤防が直ちに破壊されることなく、粘り強く耐えることによって津波の到達時間を遅らせ、浸水深を浅くする等の機能を海岸堤防に持たせ、人々が避難する時間を少しでも長く稼ぐことによって、何としてでも人々の生命を守る減災対策のため、堤防と一体に設置された根固工又は樹林を含む粘り強い海岸堤防等も海岸保全施設に位置付けられた。

海岸保全施設の技術上の基準を定める省令（最終改正：平成26年12月10日）において、それぞれの海岸保全施設の機能が示されており、抜粋して表1に示す。

表1 海岸保全施設の技術上の基準を定める省令による海岸保全施設の防護機能

海岸保全施設	防護機能
堤防および護岸	設計高潮位の海水若しくは設計波又は設計津波の作用に対して、次の各号のいずれかに掲げる機能を確保する。 ① 高潮又は津波による海水の侵入を防止する機能 ② 波浪による越波を減少させる機能 ③ 海水による侵食を防止する機能を確保する。
突堤	漂砂の観測又は推算の結果に照らして当該突堤の近傍の海域において発生するものと予想される漂砂に対して、漂砂を制御することにより汀線を維持し、又は回復させる機能を確保する。
胸壁	設計高潮位の海水若しくは設計波又は設計津波の作用に対して、次の各号のいずれかに掲げる機能を確保する。 ① 高潮又は津波による海水の侵入を防止する機能 ② 波浪による越波を減少させる機能
離岸堤	設計高潮位の海水および設計波の作用又は漂砂の観測若しくは推算の結果に照らして当該離岸堤の近傍の海域において発生するものと予想される漂砂に対して、次の各号のいずれかに掲げる機能を確保する。 ① 消波することにより越波を減少させる機能 ② 漂砂を制御することにより汀線を維持し、又は回復させる機能
砂浜	設計高潮位以下の潮位の海水および設計波以下の波浪の作用に対して、次の各号のいずれかに掲げる機能を確保する。 ① 消波することにより越波を減少させる機能 ② 堤防等の洗掘を防止する機能
消波堤	設計高潮位の海水および設計波の作用に対して、消波することにより汀線を維持する機能を確保する。
津波防波堤	設計津波の作用に対して、当該津波防波堤の内側において、津波による水位の上昇を抑制する機能を確保する。

堤防および胸壁については、上記の機能に加え、当該施設の背後地の状況等を考慮して、設計高潮位を超える潮位の海水若しくは設計波を超える波浪又は設計津波を超える津波の作用に対して、当該施設の損傷等を軽減する機能が確保されるという、いわゆる粘り強い性能も求められている。また、津波防波堤については、当該津波防波堤

の背後地の状況等を考慮して、設計津波を超える津波の作用に対して、当該津波防波堤の損傷等を軽減する性能も求められている。

一方、砂浜の機能が他の海岸保全施設の機能と異なるところは、堤防等の洗掘を防止する機能を有することによって、堤防等の海岸保全施設の防護機能も維持することである。大河原ら（1983）が示したとおり、海岸侵食から堤防および護岸の前面洗掘が引き金となって、これらの施設の変状が発生し、破壊に至るため、砂浜は海岸保全施設に位置付けられなくとも、防護のみならず環境、利用の面から様々な機能を有し、国土保全の見地からも重要な財産である。

3. 海岸保全施設の維持管理

（1）海岸法における「海岸保全施設の維持管理」の位置付け

2014年（平成26年）6月13日の改正された海岸法の第15条の5において、「海岸管理者は、その管理する海岸保全施設を良好な状態に保つように維持し、修繕し、もつて海岸の防護に支障を及ぼさないように努めなければならない。」とされた。1956年に海岸法が制定され、58年の歳月を経て初めて「海岸保全施設の維持管理」が海岸法で位置付けられた。また、海岸法の改正にあわせて策定された海岸保全基本方針（2015）において、「海岸保全施設の維持又は修繕に関する基本的な事項」が表2のとおり示された。

表2 海岸保全基本方針における「海岸保全施設の維持又は修繕に関する基本的な事項」

既存の海岸保全施設の老朽化が進行する中、費用の軽減や平準化を図りつつ、所要の機能を確保する必要がある。

このため、海岸保全施設の構造、修繕の状況、気象・海象の状況等を勘案して、適切な時期に巡視又は点検を実施し、長寿命化計画を作成するなど予防保全の考え方に基づいた計画的かつ効果的な維持又は修繕を推進する。また、海岸保全施設の新設又は改良に関する記録だけでなく、点検又は修繕に関する記録の作成および保存を適切に行う。

前述したとおり1983年頃から海岸保全施設の維持管理が課題とされていたが、この課題が放置されていたのは、問題が顕在化するまで世の中は動かないということだろうか。蛇足ではあるが、2012年（平成24年）12月2日に、中央自動車道笹子トンネル天井板落下事故によって9名の尊い命が奪われた後、2013年（平成25年）11月にインフラ老朽化対策の推進に関する関係省庁連絡会議によって「インフラ長寿命化基本計画」がとりまとめられ、2014年（平成26年）5月21日に「国土交通省インフラ長寿命化計画（行動計画）」が策定された。

災害や事故を契機として海岸法が制定・改訂され、これに応じた技術的な動向や技術基準等の年表を表3に示す。災害が多発した戦後の1945年から1953年の期間を経て1956年（昭和31年）に海岸法が制定された。これを受けて1957年（昭和32年）に土木学会によって「海岸保全施設設計便覧」、1960年（昭和35年）に「海岸保全施設築造基準解説」が作成された。その後、これらの基準等に基づいて海岸保全施設が設計され、整備されてきて今日までに至っているわけであるが、1960年の「海岸保全施設築造基準解説」の作成から48年後の2008年（平成20年）に「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）」がとりまとめられたことは、遅すぎたのではないか。

（2）「海岸保全施設維持管理マニュアル」の概要

2014年（平成26年）3月に「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）」を改訂した「海岸保全施設維持管理マニュアル～堤防・護岸・胸壁の点検・評価および長寿命化計画の立案～（2014）」

（以下、「本マニュアル」と称す。）が作成された。本マニュアルは、事前調査による重点点検箇所抽出、巡視（パトロール）の導入等点検の効率化、長寿命化計画の策定方法の具体化等に係る検討が行われ、海岸管理者による海岸保全施設の適切な維持管理を推進するための技術的な助言として示された。

表 3 海岸に関わる災害・事故，海岸法，技術的な動向および技術基準等に関わる年表

年	災害・事故 (死者・行方不明者数)	法律	技術的な動向，技術基準等
1945 1946	枕崎台風 (3, 122) 南海地震 (1, 330)		
1950 1951 1952 1953 1954	ジェーン台風 (534) ルース台風 (943) 十勝沖地震 (33) 台風 13 号 (500)		海岸工学研究発表会 (神戸市で開催)
1956 1957		海岸法 防護	海岸保全施設設計便覧
1959 1960 1961	伊勢湾台風 (5, 098) チリ地震津波 (142) 第 2 室戸台風 (200)		海岸保全施設築造基準解説
1969 1970	台風 10 号 (13)		海岸保全施設設計便覧の改訂
1983 1985 1987	日本海中部地震 (267) 台風 13 号 (3)		改訂・海岸保全施設築造基準解説
1993 1995	北海道南西沖地震 (230)		「海岸長期ビジョン」
1997	ナホトカ号重油流出事故		「流砂系の総合的な土砂管理に向けて」
1999 2000 2001	台風 18 号 (13) 大蔵海岸陥没事故 (1)	海岸法の改正 防護 環境 利用	海岸施設設計便覧[2000 年版]，海岸保全基本方針
2003 2004	十勝沖地震 (2) 台風 16 号 (2)，台風 23 号 (3)		海岸保全施設の技術上の基準・同解説
2007 2008	低気圧・寄り回り波 (1)	海洋基本法	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)
2011 2012 2013 2014 2015	東北地方太平洋沖地震 (21, 613) 笹子トンネル天井板落下事故 (9)	海岸法の改正 維持	インフラ長寿命化基本計画 国土交通省インフラ長寿命化計画 (行動計画)，海岸保全施設維持管理マニュアル 海岸保全基本方針
2017			

(高潮および津波災害の出典：理科年表，海岸ハンドブック，気象庁 HP，国土交通省資料)

本マニュアルの目次は表 4 に示すとおりである。後述するように、点検・巡視、評価、対策の 3 本柱の目次構成となっている。特に、第 2 章から第 4 章の点検・巡視に関わる事項が詳細に示されている。また、本マニュアルは“現時点の知見に基づくもの”であるが、“技術的な課題が多い”ことから、国は全国の海岸管理者の協力を得て、施設の状況を定期的に収集・分析し、本マニュアルの再度の改訂に向けた取組みを推進しなければならないことも述べており、本マニュアルが最善のものでないことにも留意しなければならない。

(3)「海岸保全施設維持管理マニュアル」における用語の定義

ここで、海岸保全施設の維持管理において鍵と考える用語について、共通の認識を持つために、用語の定義を本マニュアルから抜粋し、表 5 に示す。

表 4 海岸保全施設維持管理マニュアルの目次

第 1 章 総論
1-1. 本マニュアルの目的
1-2. 適用の範囲
1-3. 用語の定義
第 2 章 点検
2-1. 点検の種類と目的
2-2. 点検位置
2-3. 点検結果の記録・データベースの整備
第 3 章 巡視 (パトロール), 異常時点検
3-1. 巡視 (パトロール) における確認項目
3-2. 巡視 (パトロール) において変状を発見した場合の対応
3-3. 異常時点検
第 4 章 定期点検
4-1. 定期点検の種類
4-2. 一次点検の項目
4-3. 二次点検実施箇所の抽出
4-4. 二次点検の項目
第 5 章 評価
第 6 章 長寿命化計画の立案
6-1. 長寿命化計画の概要
6-2. 長寿命化計画の立案の考え方
6-3. 海岸保全施設の防護機能の低下について
6-4. 点検に関する計画
6-5. 修繕等に関する計画
6-6. ライフサイクルコストの考え方
第 7 章 対策工法等
7-1. 対策工法
7-2. 応急措置等

表 5 海岸保全施設の維持管理において鍵となる用語の定義

用語	定義
維持管理	海岸保全施設の防護機能の確保のために行う、点検、評価、予測および対策からなる一連の作業の総称
海岸保全施設の長寿命化計画	海岸保全施設の背後地を防護する機能を効率的・効果的に確保するため、予防保全の考え方に基づき、適切な維持管理により施設の長寿命化を目指すための計画
ライフサイクルコスト (LCC)	海岸保全施設の供用期間に生ずる全ての費用であり、既設構造物の場合には、点検、修繕、改良、更新および撤去の費用を含む 修繕、改良、更新により当初の供用期間が延びる場合には、延びた後の期間を「ライフサイクル」として考え、その期間に生ずる費用を指す
ライフサイクルマネジメント (LCM)	海岸保全施設の防護機能の低下を把握し、供用期間を通じた LCC の縮減と各年の点検・修繕等に要する費用の平準化および費用対効果 (B/C) (C: コスト, B: 効果) の最大化を目指す維持管理の手法
予防保全	海岸保全施設を構成する部位・部材の性能低下を進展させないことを目的として、所定の防護機能が確保できなくなる前に修繕等を実施する行為
事後保全	海岸保全施設を構成する部位・部材の性能を回復させることを目的として、所定の防護機能が確保できなくなった後、災害が発生する前に改良や更新等の対策を実施する行為
一定区間	海岸保全施設の法線が変わっている箇所、断面が変わっている箇所等を境として設定された区間
点検	初回点検、巡視 (パトロール)、異常時点検、定期点検の総称
初回点検	長寿命化計画の策定に必要な事前の状態把握のための調査並びに一次点検に準じた点検および必要に応じた二次点検に準じた点検
巡視 (パトロール)	定期点検等において確認された重点点検箇所 (地形等により変状が起りやすい箇所、実際に変状が確認された箇所等) 等の監視や施設の防護機能に影響を及ぼすような新たな変状箇所の発見を目的として定期的に実施する点検
異常時点検	地震、津波、高潮等の発生後に、施設の防護機能に影響を及ぼすような変状の発生の有無を把握するために行う点検
定期点検	海岸保全施設の健全度を把握することを目的として、定期的に行う点検 (一次点検および二次点検)
一次点検	防護機能に影響を及ぼす施設の変状 (天端高の不足、ひび割れ等) の有無を把握し、応急措置等の必要性の判断や、二次点検を実施すべき箇所の選別を行う目的で実施する点検
二次点検	構造物の部位・部材毎に変状の状況を把握し、健全度評価と必要な対策の検討を行う目的で実施する点検
健全度評価	海岸保全施設の防護機能について、その低下を A, B, C, D のランクに評価すること
修繕	海岸保全施設の防護機能の確保のために行う工事で、供用期間の中で反復的に行う軽易な工事を含む
改良	海岸保全施設の防護機能 (供用期間を含む) を増加させる工事
更新	現在の海岸保全施設を当初 (改良した施設については、改良後) の防護機能と同等のものに造り替える工事

(出典: 海岸保全施設維持管理マニュアル～堤防・護岸・胸壁の点検・評価および長寿命化計画の立案～ (2014))

(4) 海岸保全施設の維持管理に関わる論文のレビュー

次に海岸保全施設の維持管理に関わる論文についてレビューする。海岸保全施設の維持管理に関わる研究が、2014年（平成26年）の海岸法の改正に先駆けて、早くから実施されていたことがわかる。

1986年（昭和61年）に安間ら（1986）によって海岸保全施設の維持管理手法について、維持管理システム、海岸保全施設の変状現象、変状の点検方法、変状の評価方法、補修の基本的な考え方について検討されており、本マニュアルの元となった論文の一つと考える。海岸保全施設の維持管理の効率化を図り、変状が比較的軽く、補修費用も少なくすむ段階で適切な処理を実施していけるように、維持管理方法をシステム化すること、維持管理システムを現場に採用するに当たっては、点検・評価・対策の3本柱からなる総合的なシステムとすることが必要と述べられている。

点検について、施設全長を詳細に点検することは、相当な費用と時間がかかり現実的ではないため、比較的簡単に短期間で全体の状況を把握することができる目視点検を主体とした“一次点検”を実施すること。一次点検の結果ある程度進行した変状が発見され、目視点検を主体とする一次点検では変状の評価を十分に行うことができない場合はより詳細な“二次点検”を実施することとされ、“重点点検箇所”についても言及されている。また、荒天や地震後に実施する“異常時点検”についても示され、これらの点検手法が本マニュアルに反映されている。

また、一次、二次の点検記録、変状の評価結果、変状原因の検討結果、ならびに補修工事記録等は全てデータとして利用しやすい形で集積・管理しなければならないとされ、これらについては本マニュアルの付録にシートの例が提示されている。

2003年（平成15年）に難波ら（2003）が発表した「海岸保全施設におけるLCM（ライフサイクルマネジメント）の導入検討」において、“予防保全”としてLCMの考え方を導入した管理の必要性が示された。点検方法の提案として、一次点検は、技術レベルが低い点検実施者でも短時間で対応できる手法とし、二次点検は、一定のスキルを持った上級技術者が対応するとされた。評価を行う上級技術者は、「堤体前面の地盤洗掘または侵食が進行し、土砂の吸出しが生じ、空洞化へ発展する。」ことを理解し、小さな変状が構造物全体の安定に影響を与えないか否かも極めることが重要と述べられている。このような点検実施者の育成とともに、さらに、管理コストの低減や住民の自衛力の向上のためにも地元市町村を含む現場事務所と地域住民やNPOとの協力体制を構築するなど、多様な主体の連携・共同による管理手法を構築する仕組みが重要とされた。

2004年（平成16年）に難波ら（2004）が発表した「海岸保全施設の維持管理へのライフサイクルマネジメントの導入手法の提案と検討例」において、国土交通省港湾局、水管理・国土保全局および農林水産省から全国の海岸管理者へのアンケート調査により、国、自治体、現場ともに防護施設（河川を除く）の維持管理が重要であることが十分認識されておらず、いわゆる災害待ち状態になっている可能性が明らかにされた。これを解決するためには、LCMの重要性を専門技術者が理解する必要があると考えられ、検討例によりLCM実施指針（案）が提案された。このLCM実施指針（案）は、本マニュアルの骨格となっている。

長寿命化計画には、海岸管理を担う国、自治体、現場の技術者の教育・訓練、維持管理に関わる技術の伝承や技術開発（点検・評価に関わる人工知能（AI）等）、海浜地形変化や海象状況の把握を含む海岸保全施設の目視点検ができる地域の人材の発掘と育成、多様な主体の連携・共同による管理手法も含んだ計画にしなければならない。

建設コンサルタントも現地を確認しながら維持管理について自ら学び、維持管理の効率化に関わる新たな技術を開発する必要がある。さらに専門技術者としての建設コンサルタントは、新規に海岸管理に関わる技術者の教育・訓練、地域の人材の発掘と育成も、今後は担う必要があり、社会貢献活動の一つである。このため、（一社）建設コンサルタント協会海岸・海洋専門委員会は、海岸を専門としない地域コンサルタントと海岸を専門とする学識経験者とともに海岸の現場視察を実施し、情報交換を実施してきたところである。この事例については、後ほど紹介する。

(5) 海岸保全施設の長寿命化計画の策定の視点

本マニュアルを踏まえて、筆者が業務を遂行するため整理した海岸保全施設の長寿命化計画を策定するまでの

手順（私案）を図 1 に示す。これは本マニュアルに示されるものではないため、参考程度にみて頂きたい。この手順に従って、本マニュアルでは読み切れないところ、判断に経験を要すると思われる一定区間の設定、一定区間の健全度評価、重点点検箇所の設定について、私見を述べる。逆に読み切れないことによって、本マニュアルには融通性があり、海岸管理者の裁量によって長寿命化計画を策定できるメリットもある。

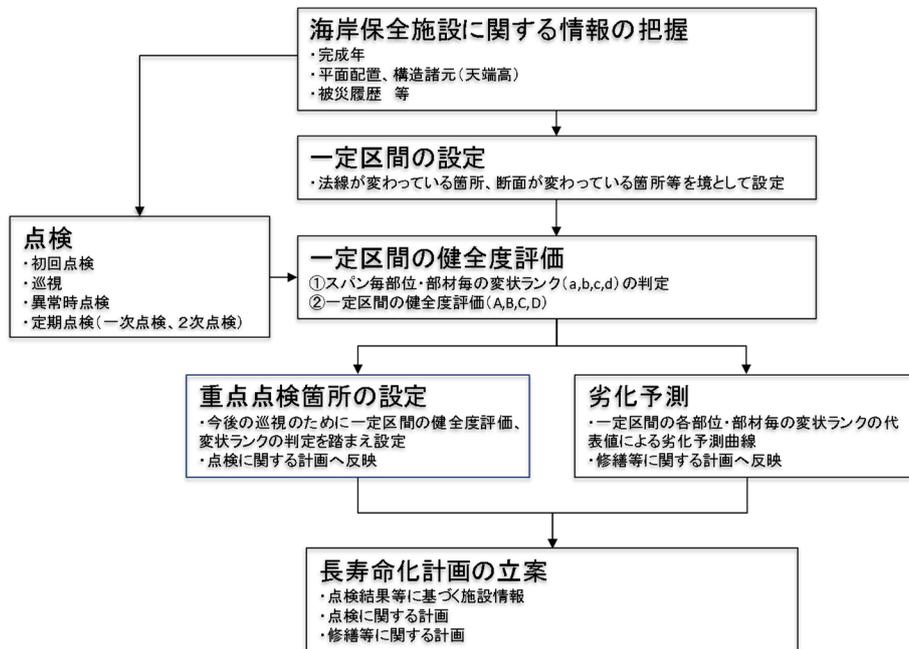


図 1 海岸保全施設の長寿命化計画を策定するまでの手順（私案）

① 一定区間の設定

一定区間の説明は、本マニュアルの「定義」と「6-2.長寿命化計画の立案の考え方」中で、「法線が変わっている箇所、断面が変わっている箇所等を境として設定された区間」と簡単に説明されている。一定区間は、健全度評価をするために設定する必要がある。しかし、なぜ一定区間で健全度評価をしなければならないのかは、本マニュアルには明確に説明されていない。また、一定区間の定義からは、堤防・護岸の構造的な条件から設定するようにも解釈される。ある県の護岸を対象に、定義に従って一定区間を設定したところ、当初同じ断面（構造）であったが被災した箇所の護岸が更新され、パッチワーク状に異なる断面（構造）となったため、一定区間が細切れになったところもあった。

「6-2.長寿命化計画の立案の考え方」において、地区海岸に海岸保全施設の長寿命化計画を立案することを基本とされている。地区海岸は、原則として、市町村の大字または字に区域によって区分されている。地区海岸毎に海岸保全施設の防護機能を効率的かつ効果的に確保するため、予防保全の考え方に基づいて、一定区間を設定する必要がある。このため、定義に示される設定に加え、堤防・護岸の防護機能を離岸堤や人工リーフ等の沖合消波施設の有無、砂浜の状況、背後地の土地利用と地盤高および施設の被災履歴等を勘案して一定区間を設定する方法もある。このようにして、一定区間が細切れになったところは、元々同じ構造であったことから区分せず、沖合消波施設の整備と砂浜の状況および、背後地の土地利用を勘案して、一定区間が細分化されないように設定し直した。

② 一定区間の健全度評価

1) スパン毎部位・部材毎の変状ランクの判定

一定区間の健全度評価をするために、まず、堤防・護岸の目地を区切りとする約 10m 間隔のスパンを設定し、スパン毎の各部位の変状ランクを判定する。表 6 に示すとおり部材毎に必ず変状ランクの判定を実施しなければ

表 6 変状ランクの判定を実施する部材と項目の分類

分類	部材（判定項目）
必ず変状ランクの判定を実施	波返工（ひび割れ、剥離・損傷、目地の開き相対移動量） 天端被覆工（沈下・陥没、ひび割れ、目地部・打継ぎ部の状況、剥離・損傷） 表法被覆工（沈下・陥没、ひび割れ、目地部・打継ぎ部の状況、剥離・損傷） 裏法被覆工（沈下・陥没、ひび割れ、目地部・打継ぎ部の状況、剥離・損傷） 消波工（移動・散乱および沈下、ブロック破損） 砂浜（侵食・堆積） 排水工（目地の開き相対移動量）
必要に応じて変状ランクの判定を実施	波返工（鉄筋の腐食） 天端被覆工（吸出し・空洞化） 表法被覆工（吸出し・空洞化） 裏法被覆工（吸出し・空洞化） 前面海底地盤（洗掘、吸出し（根固部）） 根固工（移動・散乱および沈下、ブロック破損） 基礎工（ひび割れ、剥離・損傷、目地ずれ、移動・沈下）

ならない項目と、必要に応じて変状ランクの判定を実施する項目に分類されている。各部材の変状ランクは、本マニュアルに従って設定することができる。

必要に応じて変状ランクの判定を実施する部材と項目は、堤体内や海中で起きている変状であり、地上からの目視での点検や直接計測できないため、必要に応じて変状ランクを判定するとされたものとする。これらの変状は、堤防・護岸の防護機能の低下に直結するものであり、変状の程度よりもそのような事象が起きていることの方が重要である。また、前面海底地盤、根固工、基礎工の変状の判定については、目視点検が可能な消波工や砂浜の変状に応じて、それらの変状の有無を推定できる能力を有する必要がある。元々、砂浜に堤防・護岸が設置されていたのであれば、砂浜がある地形・地盤条件で設計されていたと考え、侵食によって砂浜が無くなれば地形・地盤条件が当初（従前）と変わり、施設の安定性が損なわれていると推定する。本マニュアルに示される変状連鎖図等を参考に変状の有無を推定することも必要である。

また、砂浜も変状ランクの判定を必ず実施しなければならないが、変状ランクを判定する指標は、定性的な表現がされている。例えば、変状ランク a を判定する指標として次の 3 つが示されている。最初の 2 つは、顕在化した事象であるため難なく判定できると考えるが、3 つ目はどのように判定すれば良いのかわからないところがある。

- ・侵食により基礎工が浮き上がり、堤体土が既に流出している場合
 - ・侵食により前面の砂浜が消失し、基礎工下端・止水矢板が露出している場合
 - ・堤防・護岸等の防護機能が損なわれるほど、堤防・護岸等の前面の砂浜の侵食が進んでいると認められる場合
- 変状ランク b の判定指標は、「堤防・護岸等の防護機能が将来的に損なわれると想定されるほど、堤防・護岸等の前面の砂浜の侵食が進んでいると認められる場合」とされ、益々、判定ができなくなってくる。

堤防・護岸等の安定性を評価する上で、堤防・護岸前面の砂浜のみの変状ランクを判定することは必要である。しかし、砂浜は防護上、重要な役割を果たしており、堤防・護岸等が整備されている漂砂系全体の土砂移動実態を理解した上で、漂砂系全体の砂浜の健全性を評価することが、海岸の防護機能を確保するための維持管理で優先されるべきである。このため、点検実施者は、漂砂系の砂浜の動きを理解した上で、砂浜の変状ランクを判定する能力を身につけなければならない。将来、人工知能（AI）が、過去の航空写真を診て現状の砂浜の状況から、砂浜の変状ランクの判定や砂浜の健全性を評価しているかもしれない。

2) 一定区間における海岸保全施設の健全度評価

一定区間における海岸保全施設の健全度評価は、スパン毎の点検結果および変状ランクをもとに評価される。健全度は、A ランク（要事後保全）、B ランク（要予防保全）、C ランク（要監視）、D ランク（問題なし）の 4 つのランクに分類されている。

本マニュアルに示される健全度評価のフローに従えば、天端高が不足し堤防・護岸の防護機能の低下が明確な場合、堤防・護岸の防護機能に影響を及ぼし変状ランク a でさらに空洞化がある場合は、A ランク（要事後保全）で

評価される。A ランク（要事後保全）と判定されたものについては、海岸保全施設の防護機能を確保するために改良、更新等、必要な対策を優先し計画的に実施されることになる。

ある県では、計画の見直しによって、計画堤防高が引き上げられ天端高不足としてA ランクの堤防・護岸の延長が長くなったことから、海岸の防護機能として背後地の土地利用および地盤高を考慮して、堤防・護岸に空洞化もなく侵食傾向になれば、背後地に家屋が無かつ背後地盤高が計画堤防高より高ければランクを下げて評価された事例もある。これによって、改良、更新等に係る費用が削減され、既存の海岸保全施設を活かしながら維持管理を図ることになる。

B ランク（要予防保全）、C ランク（要監視）、D ランク（問題なし）については、変状ランク a, b, c, d の状況によって評価される。B ランク（要予防保全）については、適切な修繕等を検討し、施設の防護機能を確保するための対策を検討することになる。C ランク（要監視）については、すぐに施設の防護機能に影響を及ぼすような変状は生じていないが、変状が進展する可能性があるため、監視が必要とされている。

③ 重点点検箇所

本マニュアルには、重点点検箇所の定義が明確に記されていない。巡視（パトロール）の定義から解釈すると、重点点検箇所は、「海岸保全施設の防護機能に影響を及ぼすような新たな変状箇所の発見を目的として、地形等により海岸保全施設の変状が起こりやすい箇所、実際に変状が確認された箇所等に設定する」とすることができる。

本マニュアルの付録-1 に重点点検箇所について、次のとおり説明されている。

重点点検箇所は、平面図、航空写真、衛星写真等から、海岸の地形や構造物の配置等によって劣化や被災が起こりやすい箇所および定期点検等により確認された一定区間における最も変状が進展した箇所等をいい、例えば以下のような箇所である。

- ・ 屈折、回折などにより来襲する波浪が集中（収れん）する箇所や、施設法線が変化し波浪が収れんする箇所
- ・ 局所的な越波が確認されている箇所
- ・ 前面水深の変化による砕波や水位上昇が生じやすい箇所
- ・ 波あたりが激しく砂浜の侵食による基礎部の露出が懸念される箇所
- ・ 排水路等があり、堤防・護岸等が吸出しを受けやすい箇所
- ・ 近隣地区の状況から判断し、地盤沈下が起こりやすいと判断される箇所
- ・ 一定区間における最も変状が進展した状態の箇所 等

本マニュアルには、何故このような箇所に重点点検箇所を設定しなければならないのか、その理由は説明されていない。簡単に言えば、これらの箇所は、海岸の防護機能上危険な箇所である。ただし、最後の例の「一定区間における最も変状が進展した状態の箇所」については、本マニュアルに従って点検・評価すれば誰でも設定できるかもしれない。海岸を頻繁に利用し、熟知している地元の人、漁師、サーファー等であれば、経験的に危険な箇所を知っており、重点点検箇所を容易に設定されるかもしれない。数値計算をしても重点点検箇所を設定できるものでもない。砂浜が有るのか無いのか、これまでどのように地形が変化してきたのか、現場を良く見るしかない。これも将来、人工知能（AI）が重点点検箇所を設定しているかもしれない。

（6）ソフト対策による防護機能の向上

本マニュアルには、「ソフト対策による防護機能の向上」について特出しはされていないが、第7章の対策工法の解説で、「地球温暖化による海面上昇の影響や東日本大震災での津波被害の教訓を踏まえると、海岸保全施設のみで災害を完全に防止することが難しい場合も生じてきている。このような場合には、被害の防止（防災）に加え、避難対策といったソフト的な対策と粘り強い構造の堤防等の整備といったハード的な対策を組み合わせることで被害を軽減させる（減災）考え方も導入されつつあり、施設が確保すべき防護機能の設定や対策工法の検討に当たっては、このような点にも配慮するものとする。」と書かれている。また、安全確保措置として、「施設の防護機能が確保されていることが確認できない状態において、地震・津波・高潮等が発生した際に、背後地や利用者の安全を確保するために事前に講じる措置。市町村の防災担当者や地震・津波・高潮等の発生時における背後地の住民等や利用者

の避難等の連絡体制を整備すること、水防関係機関と重要水防箇所を情報共有すること、水防警報海岸に指定し水防警報を発令すること、要注意箇所をハザードマップに明示すること等が考えられる。」と書かれている。これらは、非常に重要な対策である。

海岸の防護機能の向上に資するソフト対策は、長寿命化計画がなくとも早急を実施できる対策であり、費用の掛からない対策である。避難等のソフト対策は、自助や共助によって全ての住民によって実行されるものであり、技術者や専門家は必要とされない。「ヒト」がこれから少なくなる中で、地域に根ざした海岸の維持管理における一つの方向を示唆している記述である。

(7) 海岸保全施設の維持管理が優先されるのか

国土交通省インフラ長寿命化計画（行動計画）（2014）に、国土交通省が所管するインフラを対象に平成25年3月現在の建設後50年以上経過する施設の割合が示されている。インフラの分野は13分野、17施設である。最も割合が高い施設は、自動車道（道路法による道路（高速自動車国道、一般国道、都道府県道、市町村道〔道路法第3条〕）以外）のトンネル67%（施設数9本）である。第2位は鉄道分野のトンネル60%（施設数4,737本）、第3位は鉄道分野の橋梁51%（施設数102,293本）である。

海岸分野の海岸堤防等は、10%（施設数7,989km）の第9位である。同じ国土保全のためのインフラの分野に含まれる河川・ダム分野の河川管理施設は、6%（施設数29,731施設）、砂防分野の砂防堰堤・床固工は3%（95,675基）である。海岸堤防等と同じように施設数が距離で評価される下水道分野の管渠は、2%（施設数427,878km）である。それぞれの分野、施設の優劣は無いと考えるが、「ヒト」と「カネ」が限られていく中、割合とか施設数を見ながら、維持管理に係る予算が割り振られていくこと、道路、鉄道、港湾、空港といった日々の国民の生活や社会経済活動を支える産業インフラに重点的に予算が配分されることを危惧する。

海岸は、生活や社会経済活動のために直接利用されるものでなく、津波等の災害時にその重要性に人々が気付くインフラではないかと考える。しかし、海岸は、国土を安定的に形成する重要なインフラであることに、全ての人が早く気が付いてほしい。

4. 砂浜の保全と維持管理

(1) 大蔵海岸における陥没事故

砂浜の維持管理については、利用者の安全性の確保も重要と考える。砂浜に関わる死亡事故として、2001年（平成13年）12月30日に発生した、兵庫県明石市の大蔵海岸での陥没事故が記憶に残る。土木学会海岸工学委員会がとりまとめた「大蔵海岸陥没事故調査報告書（2002）」によると、事故が発生した砂浜は、兵庫県と明石市が計画した人工海浜であり、突堤で囲まれた内側に砂等を投入して造成され、平成10年3月から供用開始されていた。平成13年12月30日12時51分頃、父親と散歩していた4歳の少女が、突堤際の砂浜に突然発生した陥没穴に転落し、生き埋めとなる事故が発生した。事故は、少女が砂浜から突堤の上へ上がろうと突堤部に近づいた時に、突堤部際の砂浜下に発生していた空洞が、少女の重みで陥没したことで起きた。報告書では、より安全な海浜として復旧するための工法の提案とあわせて、今後、人工海浜がより安全で快適な空間として市民に提供されるよう、「人工海浜の設計技術の向上」と「巡視・点検」の必要性が示された。「巡視・点検」は海岸保全施設の維持管理に関わる重要な項目の一つであるので、次にそのまま引用して示す。

「海浜地は日常的に地域住民など公衆の利用する空間であるため、管理者における巡視・点検のみでは手の届きにくいきめ細かな情報を海浜利用者から募ること等により、危険な状態を早期に検知できる住民と行政の連携による管理体制の充実が期待される。」

ここで特筆すべき点は、管理者の巡視・点検の限界を明言し、住民等の海岸利用者からの情報を募り、住民と行政の連携した管理体制に言及されたことである。それから13年後、東日本大震災を契機に2014年（平成26年）に改正された海岸法で、海岸管理者は、海岸の維持等を適正かつ確実に行うことができる法人・団体を海岸協力団体として指定することが規定された。今後の海岸保全施設の維持管理では、少子高齢化の社会環境の中、海岸保全

施設以外の多種、多様なインフラ施設を維持管理することが求められ、まず、維持管理の前提となる巡視・点検を如何に効率的に実施していくかということが喫緊の課題である。このため、砂浜のみならず、海岸保全施設に関わる情報を集める方法を地域の社会特性、海岸特性等に考慮して検討しなければならない。

(2) 海岸侵食の要因

宇多 (2004, 2005) は、日本で起こる海岸侵食を主に7要因に分類し、次のいずれか、あるいはそれらの重ね合わせによって侵食が起きていると指摘している (順不同)。なお、海岸侵食要因の名称およびイメージ図は、後述する砂浜の維持管理について、「鳥取沿岸の総合的な土砂管理ガイドライン、鳥取県 (2005)」を紹介するが、鳥取沿岸の土砂問題の現状に合わせて作成されたものである。

- ・河川供給土砂量の減少に伴う海岸侵食 (図 2)
- ・防波堤等による波の遮蔽域形成に伴って周辺海岸で起こる海岸侵食 (図 3)
- ・港湾・漁港の航路浚渫等に伴う海岸侵食 (図 4)
- ・卓越沿岸漂砂の阻止に起因する海岸侵食 (図 5)
- ・侵食対策のための離岸堤・人工リーフ建設に起因する周辺海岸の侵食 (図 6)
- ・保安林の過剰な前進に伴う海浜地の喪失 (図 7)
- ・緩傾斜護岸の過剰な前出しに起因する砂浜の喪失 (図 8)

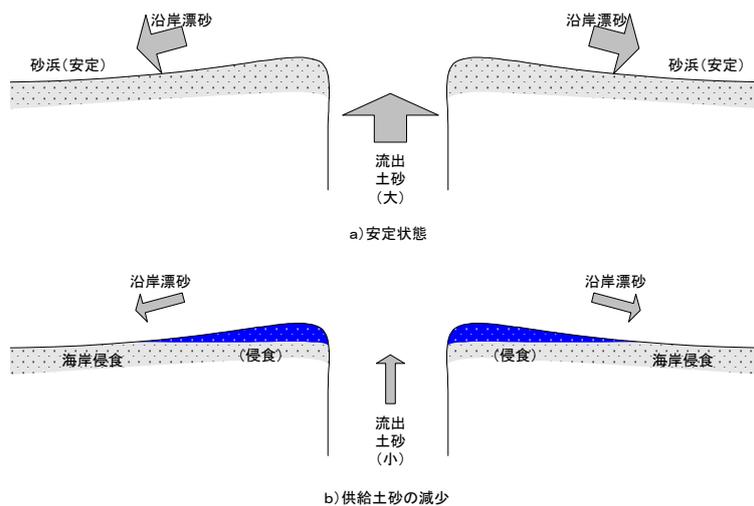


図 2 供給土砂量減少による侵食 (鳥取県, 2005)

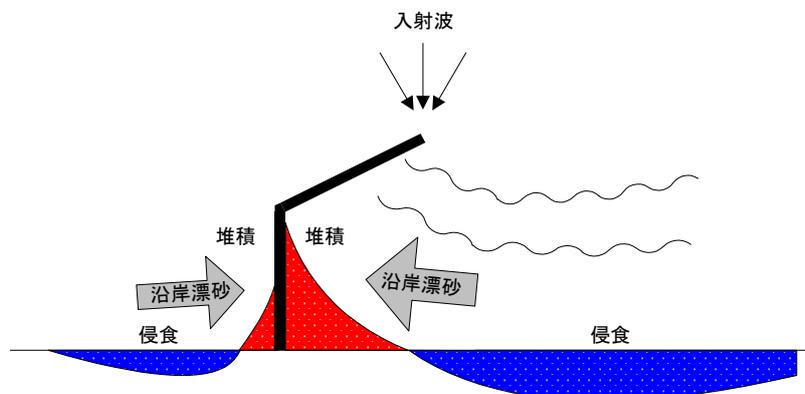


図 3 遮蔽域形成による侵食 (鳥取県, 2005)

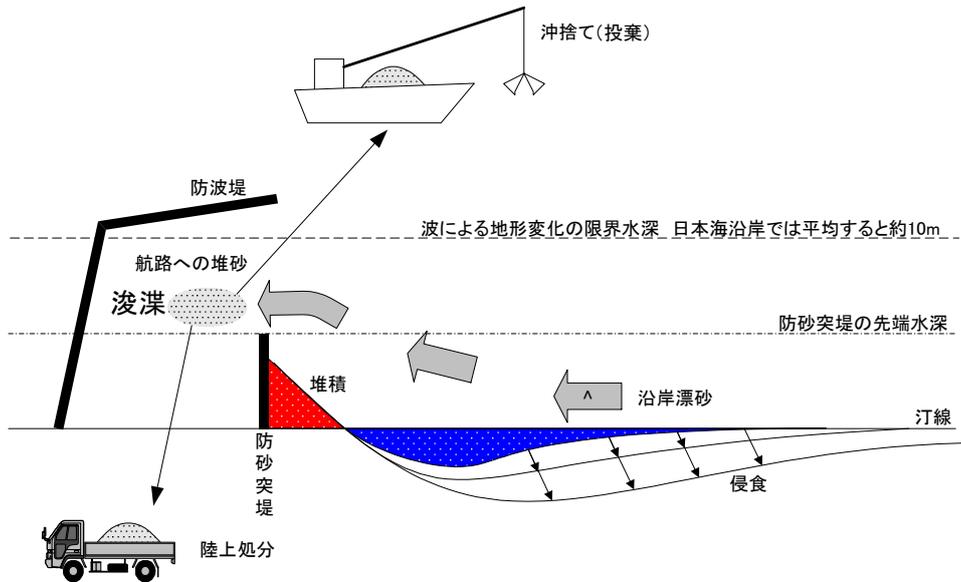


図 4 航路浚渫等に伴う海岸侵食（鳥取県，2005）

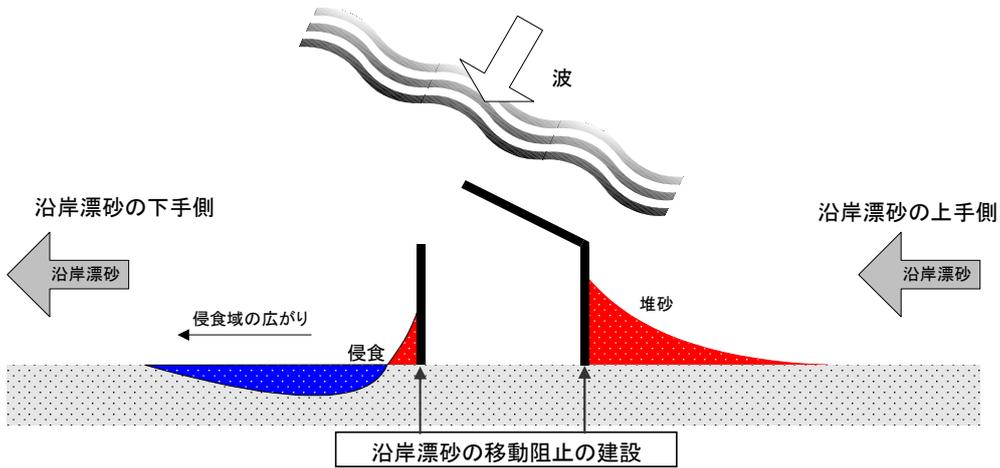


図 5 沿岸漂砂阻止による侵食（鳥取県，2005）

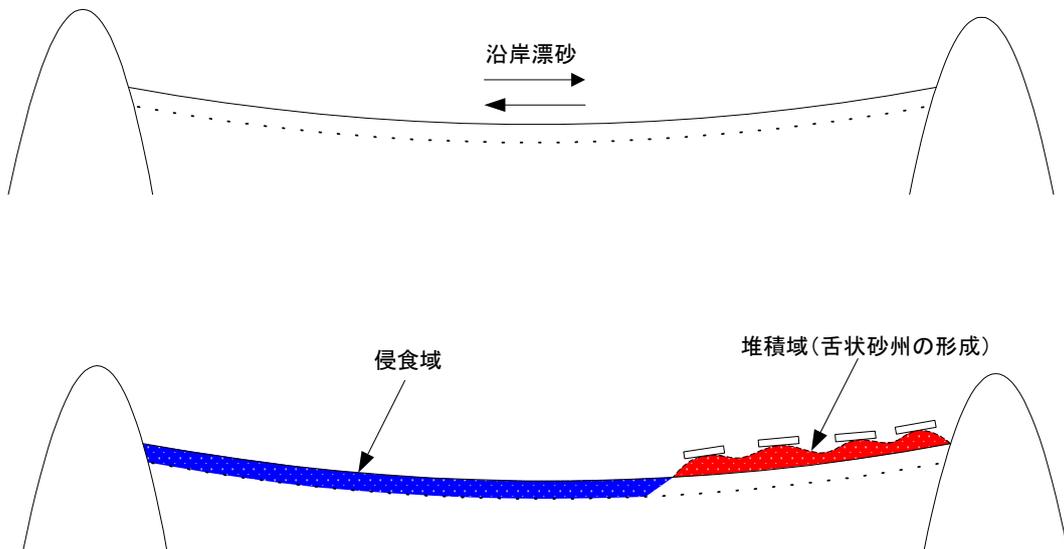


図 6 一連海岸の端部の離岸堤・人工リーフ建設に起因する周辺海岸の侵食（鳥取県，2005）

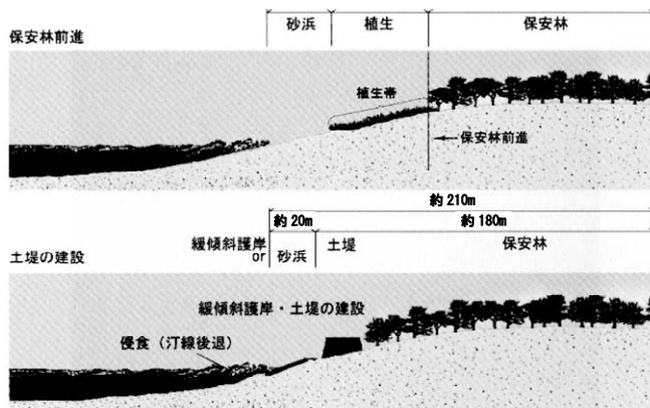


図 7 保安林の過剰な前進に伴う海浜地の喪失
(鳥取県, 2005)

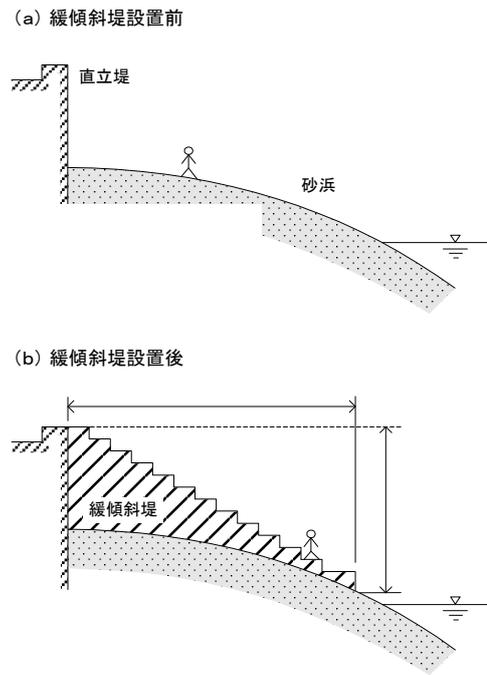


図 8 護岸の過剰な前出しに起因する砂浜の喪失
(鳥取県, 2005)

海岸管理者は、どこで侵食し、どこで堆積しているのか事前に空中写真や Google earth 等で把握し、その侵食要因を考えた上で、点検を実施し、評価しなければならない。海岸保全施設の維持管理のための長寿命化計画を作成する場合、侵食域と堆積域では同じ構造、天端高の堤防・護岸であっても、その劣化、変状も異なり、堆積域は、侵食域と比べ海浜を含む全体の防護機能は高い。侵食域と堆積域で、同じ点検をする必要もなく、堆積域では堤防・護岸の劣化が進んでいたとしても、砂浜の安定性がデータから確認され、今後も堆積すると判断されれば、点検対象から外し、修繕を行うことも止めて、維持管理に掛かるコストを軽減する必要がある。

空中写真を用いた海岸侵食の実態把握と要因分析の事例を鳥取県の千代川流砂系を対象に示す。

2003 年の空中写真を図 9 に示す。西端には鳥取港の防波堤が伸び、それに隣接して千代川が流入している。河口部から東方に広がる海岸一帯の中央部以西に鳥取砂丘が位置し、中央より東側では保安林（松林）が海岸線近傍まで迫っている。一方、東端には岩戸漁港の防波堤があり、その背後では防波堤による波の遮蔽効果により三角形形状の海浜が形成されている。また、その一番奥には塩見川が流入している。塩見川の河口は、岩戸漁港の航路の出口に当たることから、漁港への堆砂が想定される配置となっている。千代川河口部においても東端と同様に、鳥取港の防波堤による波の遮蔽効果により堆積域が形成され遮蔽域外では侵食が考えられるが、この空中写真のみではそれを十分に判読することができない。

そこで、自然状態の砂浜が形成されていたと考えられる 1947 年の空中写真から読み取った汀線を基準として 2003 年までの汀線変化を求めた。図 10 は当区域における 1947～2003 年の汀線変化の場所的分布である。これより、千代川河口東側直近では汀線が最大約 80 m 前進する一方、鳥取砂丘前面を中心として広い区域で汀線が後退している。また、東端の岩戸漁港および塩見川の西側隣接部では汀線が最大で約 130 m、三角形形状の前浜を形成しながら前進した。なお、図 10 の 5.0 km, 5.7 km, 7.2 km 付近の三角形形状の汀線の前進は 1997 年から現在までに建設された人工リーフによる堆砂効果が現れたことによる。

以上より、千代川右岸流砂系では主として防波堤による波の遮蔽効果による侵食要因が分析された。

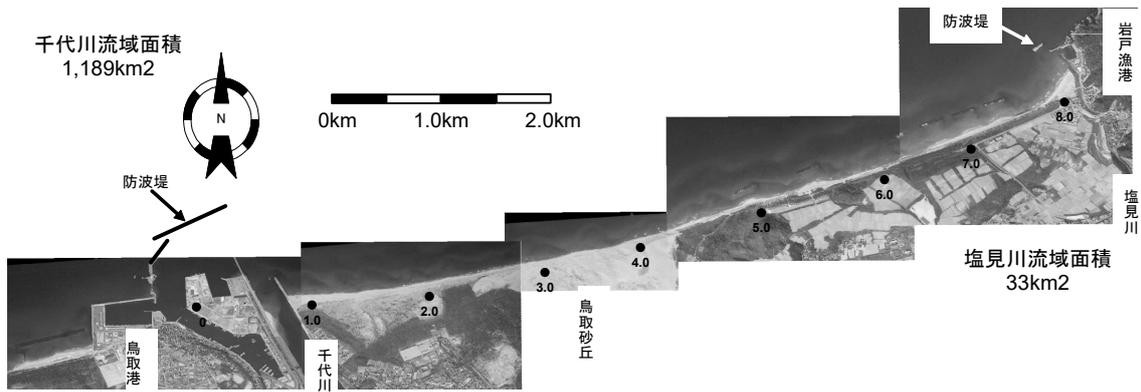


図 9 千代川右岸側流砂系の空中写真 (2003 年撮影) (鳥取県, 2005)

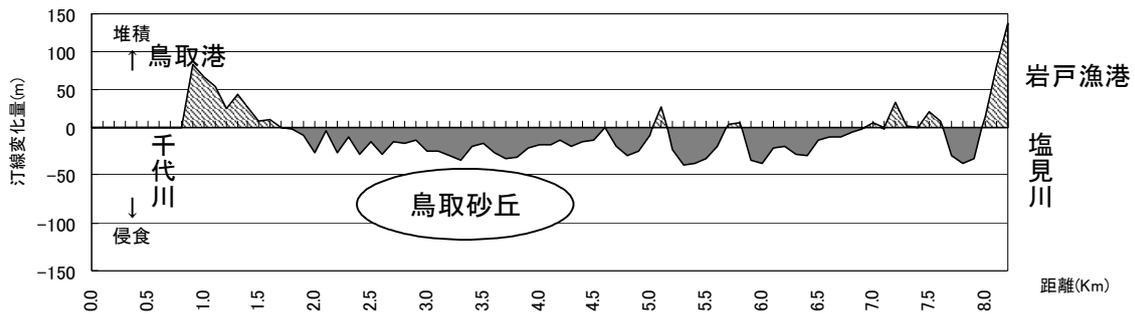


図 10 千代川右岸側流砂系の汀線変化 (1947~2003 年) (鳥取県, 2005)

(3) 砂浜の維持管理の事例「鳥取沿岸の総合的な土砂管理ガイドライン, 鳥取県 (2005), 安本ら (2006a, 2006b)」

砂浜の維持管理の事例として, 2005 年に鳥取県でとりまとめられた「鳥取沿岸の総合的な土砂管理ガイドライン」(以下, 「本ガイドライン」と称す.) を紹介する. 本ガイドラインは, 2002 年 (平成 14 年) 5 月に作成された鳥取沿岸の海岸保全基本計画の基本理念に基づいて, 港湾・漁港の航路や泊地の埋没, 河口閉塞, 海岸侵食など「砂」(土砂とも呼ぶ) に関わる問題 (単に, 土砂問題とも呼ぶ) を山地から海岸までの流砂系一貫の立場から, 各管理者および利用者が連携しながら解決していくために, 具体的な活動を推進していくためのツールとして策定された. この中身は, 「目指すべき海岸の姿」, 「連携による総合的な土砂管理の実施」, 「総合的な土砂管理の基本原則」, 「土砂管理の本質的な対策」 および 「目指すべき海岸の姿に向けた土砂管理計画」 で構成されている.

堤防・護岸の被災要因の多くは, 海岸侵食による洗掘, 吸出し (空洞化) であることを考慮すると, 砂浜等の海岸地形全体を見ずして堤防・護岸等の海岸保全施設のみに着目して, 点検・評価・修繕を繰り返しているのであれば, “元の木阿弥” である. 海岸保全施設の安定性を保ち, 長持ちさせ, 海岸の防護機能を維持管理するには, 砂浜の維持管理が前提となる. 鳥取県では, 早くから「砂」に関わる問題に着目し, 各管理者および利用者が連携しながら対策が講じられてきている. 砂浜の維持管理が, 結果的にトータルコストを下げ, 海岸の防護・環境・利用の便益の向上に資することになる. 砂浜の維持管理無くして, 海岸保全施設の長寿命化はあり得ない.

本ガイドラインの策定に携わった安本 (2016) は, 次のように述べている. この提案, 考えは, 海岸保全施設の防護機能の維持管理のための長寿命化計画の考え方にも通ずるものがある.

「今後の運用に当たっても, 土砂に係る各管理者 (河川・海岸・港湾・漁港・保安林・ダム・砂防管理者等) および利用者が土砂問題について共通認識を持ち, 個々の管理者への責任追及論ではなく, 10 年, 100 年後も見据え, さらには, これまでの各管理領域にとらわれず, 各管理者が連携し, 県民共有の財産である砂浜海岸を保全し, 回復を図る取り組みを続ける必要がある. これは, 次世代の管理者に向けての提案ともいえる.」

「土砂問題の解決に当たっては, 沿岸域の管理区域を横切って移動している砂の動きを人為的意味から総合的に調整することが必要である. 沿岸域での総合的な土砂管理, 具体的には土砂のリサイクル利用を真剣に検討し, 実

施しなければならない。また、沿岸域の行き過ぎた人工化を防ぐには、沿岸域での人工構造物建設の影響を正しく理解し、それに対して適正な対策がとれるよう、従来の考え方や各制度の運用を柔軟に変える必要がある。この際、河川・海岸・港湾・漁港・保安林・ダム・砂防等々の各管理者間での連携を保つことが重要で、そこに本ガイドラインが活かされている。」

① 鳥取沿岸の目指すべき海岸の姿

鳥取県では、流砂系における量と質（粒径）のバランスのとれた土砂の流れの連続性の確保・回復を目指すことを目標とし、目指すべき海岸のイメージを図 11 に示した。



図 11 目指すべき海岸のイメージ（鳥取県，2005）

また、流砂系またはポケットビーチごとに次の 3 点に基づいて具体的な土砂管理の目標を定めて、沖合から砂丘地までを含めた海岸地形を自然な状態で保全することとした。

- ・自然の土砂の流れを正しく理解し、人的行為が土砂の流れに影響を与えているならばその影響を緩和または復元する。
- ・各管理者は、流砂系内の土砂の連続性を回復するための目標値を協働して設定する。目標値は、連続性を確保するための目安であり、流砂系内の土砂動態を考慮した土砂移動量等とする。
- ・「0m の浜幅の確保」「0m の汀線の前進」など、海岸の形や構造物の配置を目指すものではない。

② 鳥取沿岸の連携による総合的な土砂管理の実施

鳥取県が示した総合的な土砂管理の行動目標は、「目指すべき海岸の姿を達成するために、流砂系に係わる人々が土砂に係わる問題を共有し、個々の立場を尊重しておのおのの役割分担のもと連携しながら土砂問題の解決を図ること」である。この行動目標が、鳥取沿岸の総合的な土砂管理の大きな特徴の一つである。また、次の 3 点に基づいて実施することとした。

- ・総合的な土砂管理では、「流砂系」「ポケットビーチ」を単位とし、「流砂の下手側」「流砂系内のバランス」に必ず配慮し、土砂問題への対応策を実施する。
- ・各管理者は、土砂問題の被害者・加害者意識を捨て、同じテーブル上で土砂問題を共有し、土砂問題を解決しながら土砂管理の目標を達成する。
- ・各管理者は、自らが実施する各管理領域での土砂問題の対策が他の領域に与える影響を理解し、それぞれの

立場を尊重しながらおのおのの役割分担のもと1つの目標に向かって協力していくことが必要である。

③ 鳥取沿岸の総合的な土砂管理の基本原則

鳥取県が示した鳥取沿岸の総合的な土砂管理の基本原則は、県民へ情報公開と県民の監視の下で、PDCA サイクルによって土砂管理を実施し土砂の連続性を確保・回復することである。

ここで、PDCA サイクルとは、図 12 に示すように土砂管理計画 (Plan) を立て、対策を実施 (Do) し、実施状況等をモニタリング (Check) し、計画と実施の評価 (Action) を行うという工程を継続的に繰り返すことにより、目標に近づけていく仕組み (スパイラルアップ) である。流砂系毎に PDCA サイクルにより新たな知見を蓄積し、それまでの土砂管理を評価することによって、次の土砂管理計画を策定し、目指すべき海岸の姿へ向かって継続的に土砂管理を実施する。

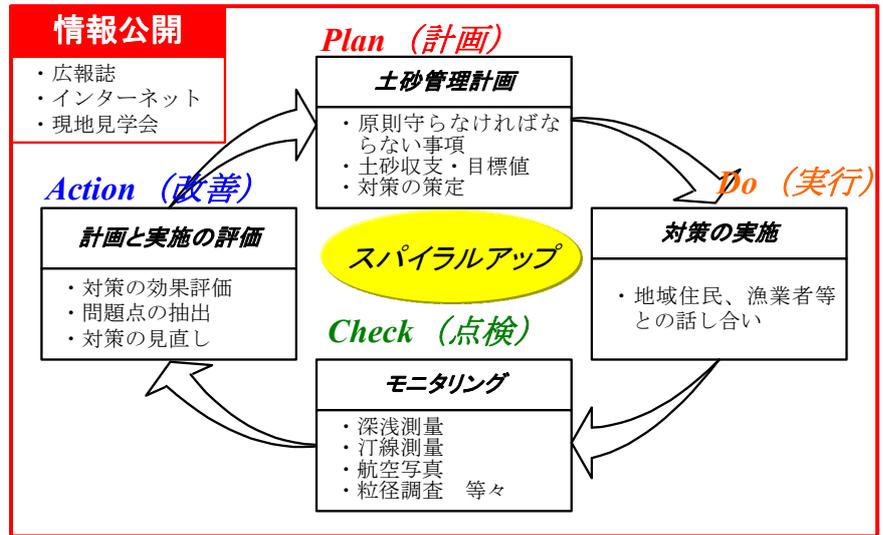


図 12 PDCA サイクル (鳥取県, 2005)

④ 鳥取沿岸の土砂管理の本質的な対策

総合的な土砂管理では、土砂の流れは連続しており、個々の場での対策がその場で効果を発現したとしても、ほかの海岸に悪影響を与え、新たな土砂問題を発生させるという「負の連鎖」を断ち切ることが最も重要である。

鳥取県が示した鳥取沿岸の総合的な土砂管理では、「構造物の設置を要しない土砂の流れの連続性を確保するための対応策」を本質的な対策と位置付けた。この対応策を実施しても、長期的な視点からの土砂収支や費用バランスを加味した上で目指すべき海岸の姿を実現することが困難と予想される場合には、必要最小限の「構造物の設置による土砂の流れを制御・調整するための対応策」を実施することとした (図 13)。また、後者の対応策では、防護・環境・利用に配慮した必要最小限の構造物の設置等によって海浜の安定化を図るとともに、土砂収支バランスの変化に伴う侵食か、自然変動の範囲内なのかを見極めることが重要となる。なお、土砂の流れの連続性を確保するため、海岸における土砂投入は、同系内の波による地形変化の限界水深 (日本海沿岸で平均約 10m) よりも浅い所とした。

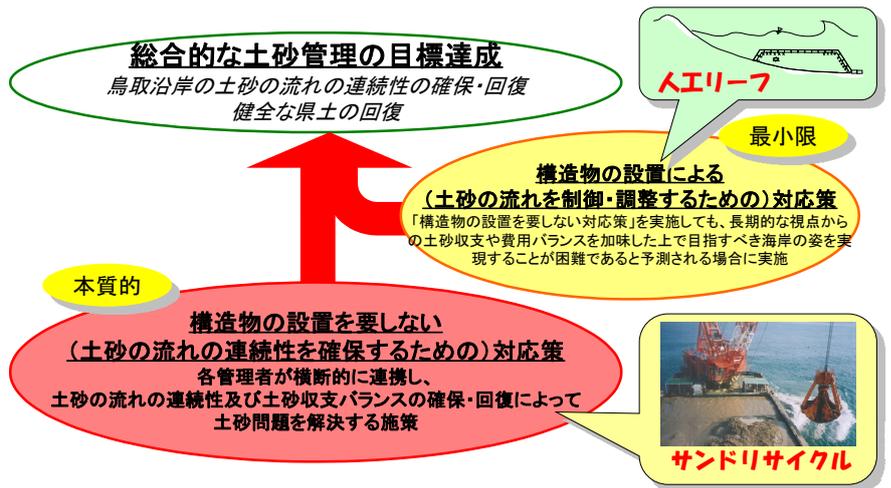


図 13 本質的な対策と必要最小限の構造物 (鳥取県, 2005)

⑤ 鳥取沿岸の目指すべき海岸の姿に向けた土砂管理計画

総合的な土砂管理を実行に移すために、前述の「鳥取沿岸の総合的な土砂管理の基本原則」および「土砂管理の本質となる対応策」に従って、土砂管理によって「目指すべき海岸の姿」と「それに向けた具体的な内容を示した土砂管理計画」が県民に示された。千代川流砂系の目指すべき海岸の姿に向けた土砂管理計画を図 14 に示す。20

年先, 30 年先といった長期的な視点で土砂管理計画を策定し, 土砂管理の問題点を踏まえ, 各管理者が連携して土砂の流れの連続性を確保するために原則的に守らなければならない事項が定められた。

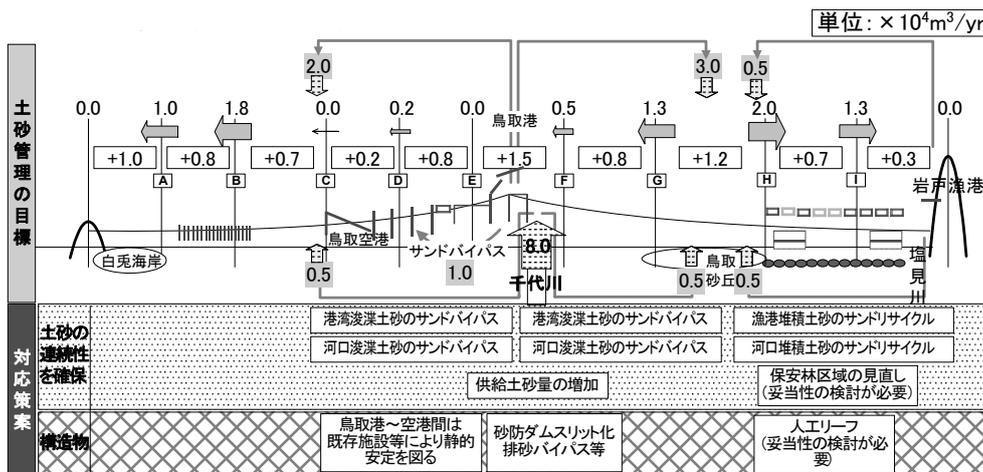


図 14 千代川流砂系の土砂管理計画 (鳥取県, 2005)

(4) 砂浜のモニタリング事例

内堀ら (2016) は, 石川県の片山津海岸を対象に養浜後の養浜材の移動状況と短期間の海岸の土砂移動実態の把握するため, 国土交通省北陸地方整備局金沢河川国道事務所が所有する CCTV 映像によって, 毎日 9 時と 16 時の海岸の状況を撮影し砂浜状況をモニタリングした. CCTV カメラは, 片山津海岸の東端の篠原地区, 西端の塩浜地区に設置され, 両方向から片山津海岸が捉えられた.

養浜期間中の 2013 年 11 月 17 日と養浜終了後の 2013 年 11 月 25 日, 2013 年 12 月 26 日および 3 ヶ月後の 2014 年 3 月 29 日の映像を写真 1 に示す. 2013 年 11 月 17 日時点では, 篠原地区には砂浜が無く, 塩浜地区に砂浜が存在していた. その後, 11 月 18 日に西寄りの有義波高 4m 程度の波が来襲し, 8 日後の 11 月 25 日時点では, 篠原地区で砂浜が形成された. 以降有義波高 5m を超える西向きの波浪が, 11 月 26 日, 12 月 13 日, 12 月 20 日の 3 回来襲し, 約 40 日後の 12 月 26 日時点では, 塩浜地区の砂浜が消失し, 篠原地区の砂浜が堆積した.



写真 1 2013 年 11 月 17 日～12 月 26 日および 2014 年 3 月 29 日 CCTV 映像の比較 (内堀ら, 2016)

これらは, 西寄りの高波浪によって, 西 (塩浜地区) から東 (篠原地区) 方向の沿岸漂砂が卓越し, 12 月 26 日には篠原地区に砂浜が形成されたものと考えられた. その後, 2014 年 3 月 29 日には, 2013 年 11 月 17 日時点と同様の海浜状況となった.

これが, はじめに述べた, 「土砂は, 計画外力以下の波浪で常に移動し, 短期間で海浜地形が変化し侵食が生じる場合があること」の事例である. 空中写真や深淺測量データはその時々々の海岸の状況であり, 短期的な地形変化を捉えるには限界がある. 一方, 前述の千代川右岸側流砂系の汀線変化で示したとおり, 長期的な地形変化を把握するには有効である.

このように CCTV カメラは、初期費用を除けば、安価に人手を掛けずに、日々の砂浜の変化をモニタリングすることができる。また、重点点検箇所には安価なネットワークカメラを設置して砂浜および海岸保全施設の変状を把握し、巡視（パトロール）、異常時点検を補完する方法もある。

5. (一社) 建設コンサルタンツ協会海岸・海洋専門委員会の役割

海岸・海洋専門委員会は、海洋基本法が 2007 年（平成 19 年）7 月 20 日に施行され、2008 年（平成 20 年）3 月 18 日に海洋基本計画が閣議決定されたことを受けて、2008 年（平成 20 年）6 月に設置した。海岸・海洋専門委員会では、海洋基本法に関わる動向、海岸・海洋に係る施策を把握しながら、特に、海洋基本計画に示された施策のうち「沿岸域の総合管理」の分野を中心に、建設コンサルタントとしての新たな役割の開拓を目指し、これまで情報収集と分析等を行ってきた。

ここで海洋基本法の概要について説明する。海洋基本法は、海洋の平和的かつ積極的な開発および利用と海洋環境の保全との調和を図る新たな海洋立国を実現することを目指し、2007 年 7 月 20 日（海の日）に施行された。同法第 25 条に沿岸域の総合管理についての条文があり、「国は、沿岸域の総合的な管理を講ずるに当たっては、特に海岸が、厳しい自然条件の下にあるとともに、多様な生物が生息し、生育する場であり、かつ、独特の景観を有していること等にかんがみ、津波、高潮、波浪その他海水又は地盤の変動による被害からの海岸の防護、海岸環境の整備および保全並びに海岸の適正な利用の確保に十分留意しなければならない。」とされている。

海岸保全施設の維持管理は、沿岸域の総合管理に含まれる。沿岸域の自然特性、社会特性等を勘案しながら、中長期的な視点で海岸保全施設の維持管理を行うことによって、海岸の防護、海岸環境の保全、海岸の適正な利用の確保に資することができる。

沿岸域の総合管理は、沿岸域の自然特性、社会特性等を勘案して、地域に根ざしたものでなければならず、地域の方々が主体となって沿岸域の総合管理を担わなければならない。このため、海岸・海洋専門委員会では、地域コンサルタントも海岸のことを知り、海岸を見る目を養うとともに、海岸に関わるデータを取得する目的を知ることによって、沿岸域の総合管理の一翼を担わなければならないと考え、地元の海岸に関わる大学の先生、現場事務所の海岸担当者、地域コンサルタントが参加した現地視察会と意見交換会を、写真 2 および写真 3 に示すとおり鳥取県皆生海岸、宮崎県宮崎海岸で開催してきた。



写真 2 2014 年鳥取県皆生海岸での現地視察と意見交換会



写真 3 2015 年宮崎県宮崎海岸での現地視察と意見交換会

参加した地域コンサルタントからは、次の感想、意見が出された。

- ・ 深淺測量の全体の目的（使われ方）がよく見えていない。データの持つ意味や活かされ方や役割を発注者と地域コンサルタントの両方が考えるべきではないか。
- ・ データの一元管理が課題と感じる。地域コンサルタントとして今後役に立っていききたい。
- ・ 専門家の方々と一堂に会して、現場を見るというのは大事だと思う。
- ・ 海岸の維持修繕の基準は広域コンサルタントが作成し、地域コンサルタントが調査を実施していくことが良い。地域コンサルタントは、海岸の長寿命化を目指して頑張りたい。
- ・ 地域の海岸は地域の人々が関わっていくことが大事だと理解できた。ただし、地域コンサルタントは、広域コンサルタントに比べて海岸に関する技術やノウハウが乏しく、今後はそれを教えていただきたいと感じる。
- ・ 地域コンサルタントはフットワークの良さがあると認識した。このような機会によって、ノウハウを得る機会も多くなったが、地域コンサルタントが生き残るための方策が必要であると感じる。

地域コンサルタントは、海岸の業務に関わった経験が乏しく、海岸に関する知識が多くないことが意見交換で明らかになった。地域コンサルタントもこのような状況下であり、地域で海岸保全施設の維持管理に関わる点検実施者、技術者を発掘し育成していくことが大きな課題である。しかし、地域の重要なインフラは、海岸保全施設よりも、身近な生活や地域の社会経済活動を支える道路施設ではないか。地域コンサルタントが、これらの維持管理を担うことになれば、海岸保全施設の維持管理に関われる人材は益々少なくなるのではと危惧するところである。いかにして海岸保全施設の維持管理に関わる人材を増やして行くのか、巡視・点検・評価・修繕の省力化・効率化が、今後の課題である。

注釈：「広域コンサルタント」、「地域コンサルタント」とは・・・

建設コンサルタントは営業活動範囲により、「広域コンサルタント」と「地域コンサルタント」に分けられている。「広域コンサルタント」は、営業活動の範囲を全国的に展開している企業とされている。「地域コンサルタント」は、おおむね企業本社のある都道府県内での営業活動が中心で、かつ単一ブロック（国土交通省地方整備局）内で営業活動を行っている企業とされている。

6. おわりに

これまで述べてきたことは、「海岸保全施設維持管理マニュアル」に則った建設コンサルタンツ（複数形）の共通の考えではなく、長年海岸に関わる業務に携わってきた一建設コンサルタントとして、これからどのような考え方で海岸を維持管理し、そして、海岸の長寿命化を図って行けば良いのか私見を述べてきた。

地域に根ざしたやり方で防護機能・環境機能・利用機能を有する海岸を維持管理し、国土保全のためのインフラとして重要な海岸をより良い形で、次の世代へ残して行くことが、「海岸の長寿命化」ではないかと考えている。



写真 4 地元住民、地元企業、県や町が参加した海岸清掃状況（左）と養浜の実施（右）
（鳥取県陸上海岸、2017年6月14日 安本氏撮影）

謝辞：本テキストを作成するに当たり，鳥取県県土整備部鳥取県土整備事務所の安本善征氏（博士）から貴重な資料を快くご提供頂くとともに，ご助言も頂いたことに感謝の意を表します。また，海岸・海洋専門委員会の委員諸氏【委員所属会社（五十音順）：いであ（株），（株）エコー，国際航業（株），三洋テクノマリン（株），セントラルコンサルタント（株），（株）東京建設コンサルタント，日本工営（株），（株）日本港湾コンサルタント，パシフィックコンサルタント（株），八千代エンジニアリング（株）】には，海岸・海洋専門委員会設置当初から9年間に渡りご指導，ご協力頂きました。特に，沿岸域の総合管理について活発にご議論頂き，そして多くの活動を共にしたことで，本テキストの執筆に至ったことに感謝の意を表します。

参考文献

宇多高明(2004)：「海岸侵食の実態と解決策」，山海堂，304p.

宇多高明(2005)：漁港・港湾・河川の基準における浚渫の取扱いと海岸侵食，海洋開発論文集，第21巻，pp. 463-468.

内堀伸吾・藤田和恵・福田晃正・神保正暢・澤樹征司・原文宏(2016)：石川海岸片山津工区の土砂動態を活かした動的養浜手法の検討，土木学会論文集B2（海岸工学），Vol. 72, No. 2, I_841-I_846.

大河原満・橋本宏・斉藤雄三朗(1983)：被災事例からみた海岸堤防・護岸に関する一考察，第30回海岸工学講演会論文集，pp. 264-268.

大蔵海岸陥没事故調査報告書(2002)：

<http://www.jsce.or.jp/committee/cec/active/okura/memo/siryohokoku/hokoku.pdf>

海岸保全施設維持管理マニュアル～堤防・護岸・胸壁の点検・評価および長寿命化計画の立案～(2014)：

http://www.mlit.go.jp/kowan/kowan_fr7_000014.html

海岸保全基本方針(2015)：<http://www.mlit.go.jp/river/kaigan/main/coastact/pdf/bp.pdf>

国土交通省インフラ長寿命化計画（行動計画）(2014)：

http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/sosei_point_mn_000011.html

鳥取県(2005)：鳥取沿岸の総合的な土砂管理ガイドライン，p. 18. (<http://www.pref.tottori.lg.jp/73976.htm>)

難波 喬司・横田 弘・橘 義規・田中 樹由・岩田 好一朗(2003)：海岸保全施設におけるLCM(ライフサイクルマネジメント)の導入検討，海岸工学論文集，第50巻，pp. 916-920.

難波喬司・久米秀俊・横田弘・田中樹由・岩田好一朗(2004)：海岸保全施設の維持管理へのライフサイクルマネジメントの導入手法の提案と検討例，海岸工学論文集，第51巻，pp. 881-885.

安間清・石渡友夫(1986)：海岸保全施設の維持管理手法，港湾技研資料，No. 557，52p.

安本善征・宇多高明・松原雄平・佐藤慎司(2006a)：鳥取沿岸の総合的な土砂管理ガイドラインの策定と実施，海洋開発論文集，第22巻，pp. 415-420.

安本善征・宇多高明・松原雄平(2006b)：鳥取沿岸の侵食実態と総合的な土砂管理の検討—千代川右岸流砂系の例—，海岸工学論文集，第53巻，pp. 641-645.

安本善征(2016)：沿岸域における総合土砂管理手法と3次元海浜変形モデルの導入に関する研究，博士論文，160p.

以上