

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

GUIDELINE OF COMPREHENSIVE SEDIMENT MANAGEMENT IN TOTTORI PREFECTURE

安本善征¹・宇多高明²・松原雄平³・佐藤慎司⁴

Yoshiyuki YASUMOTO, Takaaki UDA, Yuhei MATSUBARA and Shinji SATO

¹鳥取県 総務部 財政課(前 県土整備部 河川課)(〒680-8570 鳥取県鳥取市東町1丁目220番地)

²正会員 工博 (財) 土木研究センター理事なごさ総合研究室長(〒110-0016 東京都台東区台東1-6-4)

³正会員 工博 鳥取大学教授 工学部土木工学科(〒680-8552 鳥取市湖山町南4丁目101)

⁴正会員 工博 東京大学教授 大学院工学系研究科社会基盤学専攻(〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1)

A guideline of the comprehensive sediment management in littoral system including rivers, being main supply source of sand to coasts, was made to simultaneously solve not only beach erosion, but also surplus accumulation of fine sand inside the fishing ports, ports and river mouths. The method of sand recycle (sand back pass) is proposed instead of local optimization using hard structures against beach erosion. To overcome ordinary inconsistent measures under the sector-by-sector system, unique target to preserve coastal land was set in entire Tottori Prefecture. The plan was put into practice in 2005.

Key Words : *Comprehensive sediment management, guideline, Tottori Prefecture, PDCA cycle*

1. はじめに

わが国の砂浜海岸はどこも急速に人工化が進み、コンクリートで覆われた無味乾燥な風景が広がってきている。古くから白砂青松と謳われてきた砂浜の多くが急速に失われつつある¹⁾。総延長約129kmを有する鳥取県の海岸もこの例外ではない。全長の約60%は鳥取砂丘、白兎海岸、皆生海岸等に代表される砂浜海岸であり、これらの海岸は古くから海水浴や散策など広く県民に利用されてきているが、砂浜は極めて脆弱であり、ほとんどの海岸では海岸侵食が深刻化している。一方、砂の異常な堆積により、港湾・漁港では航路や泊地の埋没が起り、船舶の航行や漁業活動に支障を来すと同時に、河口ではその閉塞がしばしば問題となっている。これらの問題に対して、従来は個々の管理者によってバラバラの対応がなされた結果、対策を行えば行うほど侵食が進むという悪循環も見られるようになった。例えば、航路や泊地の浚渫土砂の沖捨てや別目的での利用が隣接海岸の侵食要因となることなどがその例である²⁾。

こうした状況下で、本県では2002年5月に地域住民の意見等を反映した「鳥取沿岸海岸保全基本計画」を策定

し、海岸を県民共有の財産として「みんなで守り・創り・育てる海辺」を次世代に継承していくことを海岸保全の基本理念として、防護・環境・利用の調和のとれた総合的な海岸保全を計画的かつ重点的に進めている。こ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」に関わる問題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、2005年6月には「鳥取沿岸の総合的な土砂管理ガイドライン」を策定した。本ガイドラインは、県民への情報公開とアンケートによって幅広く県民の意見を取り入れ、学識経験者および関係管理者から構成された検討委員会の提案を受けて策定したものである。本論文では、本ガイドライン策定の背景、内容を紹介し、砂浜海岸を次世代に残すために各管理者が連携し、県民と一体となって取り組むべき課題を明らかにする。

2. 鳥取沿岸の土砂問題の現状

宇多¹⁾は、わが国の海岸侵食を主に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た（順不同）。

- 1) 河川供給土砂量の減少に伴う海岸侵食
- 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
- 3) 港湾・漁港の航路浚渫等に伴う海岸侵食
- 4) 卓越沿岸漂砂の阻止に起因する海岸侵食
- 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
- 6) 保安林の過剰な前進に伴う海浜地の喪失
- 7) 緩傾斜護岸の過剰な前出しに起因する砂浜の喪失

鳥取県内各地の海岸の侵食状況を調べたところ、同様な侵食要因が見られた。とくに侵食が深刻化する一方で、港湾・漁港においては土砂が異常に堆積し、その対応として沖捨てなどにより土砂の除去がなされ、それが隣接海岸の侵食を助長する可能性が指摘された。また、河口閉塞も多くの河川で見られ、単純に土砂の除去を行えば、これもまた隣接海岸の侵食要因となる可能性が大きいことが判明した。このような問題については、港湾・漁港・河川の管理者による航路・泊地・河口の埋没対策と海岸管理者による砂浜の保全という個別の手法の積み重ねでは本質的に問題は解決されず、問題が深刻化することは土砂収支を考えれば明らかであり、それぞれの事業のみの最適化（局所最適化）ではなく、総合的見地からの政策を推進することが必要である。

3. 土砂問題解決に向けた対応策の必要性

(1) 総合的な土砂管理による海岸保全の必要性

海岸において、防護・環境・利用の全てに共通する基本要素は砂浜であり、調和のとれた海岸づくりを実現するためには砂浜の保全が基本である。一方で、砂浜は極めて脆弱であり、各種要因により変動を続ける。現在まで実施されてきた海岸侵食対策は、海岸侵食等が起こってから対症的に各種構造物の設置により海岸防護を図るもの（ハード対策）であった。しかし最近では、養浜、サンドバイパス、サンドリサイクルなどのソフト対策の重要性も認識され、ハード対策とソフト対策を効果的に組み合わせることも必要とされる。また水系一貫の土砂管理という総合的視点に立つとき、今後の海岸保全は、土砂移動を適正に制御することにより侵食問題を効率的・効果的に解決できると考えられる。このため、河川流域と漂砂系を含む流砂系を対象として、土砂移動を適正に管理するための総合的な土砂管理のルールづくりが必要となった。

(2) 土砂問題の解決法

総合的な土砂管理とは、河川流域と漂砂系を含む流砂系を対象として、土砂管理ルールに基づいて定められた土砂管理目標のもとで対策を実施するものである。本県では侵食が進行しており、これまでの対処療法的な対策では侵食を防ぎえず、抜本的対策として早急に総合的な

土砂管理を行う必要があること、本県の中で土砂生産性の高いと考えられる大河川（千代川、天神川、日野川：いずれも一級河川）では支川にはダムが設置されているものの、本川にはダムがなく土砂移動の連続性が断たれていないことから、土砂生産の問題よりも海岸部での土砂移動の適正化が土砂問題の解決への近道であると考えた。また、問題を放置すれば海岸の状況はさらに悪化すると考えられるので、まずは可能な部分から総合的な土砂管理を実施していくことが重要と考えた。

4. 目指すべき海岸の姿／総合的な土砂管理の目標

(1) 目指すべき海岸の姿

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・回復を目指すことが目標であり、図-1に目指すべき海岸のイメージを示す。流砂系またはポケットビーチごとに以下の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含めた海岸地形の自然な状態での保全を考えた。

- 1) 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。
- 2) 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。
- 3) 「〇mの浜幅の確保」「〇m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。

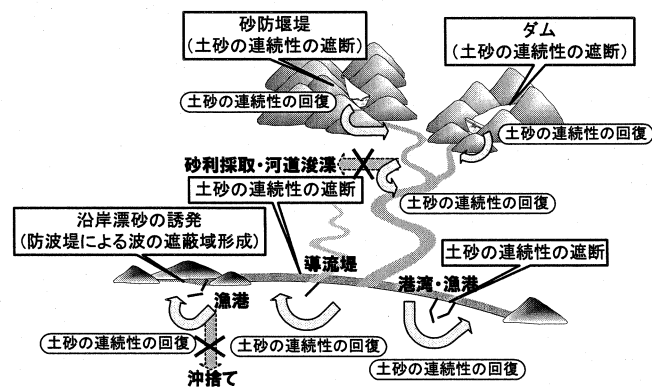


図-1 目指すべき海岸のイメージ

(2) 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各々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」「流砂系内のパ

ランス」に必ず配慮し、土砂問題への対応策を実施することになる。このために各管理者は、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、解決しつつ土砂管理の目標を達成しなければならない。また、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各々の役割分担のもと目標に向かって協力していくことが必要である。

5. 具体的対応策／土砂管理の本質となる対応策

(1) 鳥取沿岸の総合的な土砂管理の基本原則

鳥取沿岸の総合的な土砂管理の基本原則は、県民への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。

PDCAサイクルとは、図-2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。

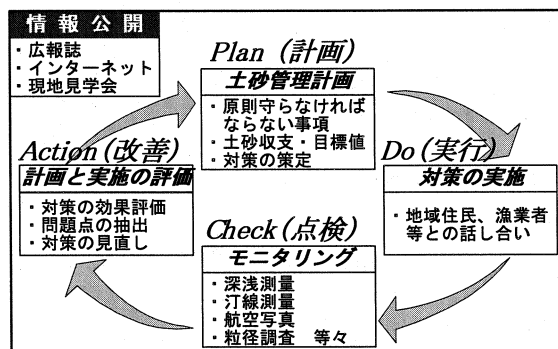


図-2 PDCAサイクル

(2) 土砂管理の本質となる対応策

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」を断ち切ることが土砂管理の中で最も重要である。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、「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。この対応策では、防護・環境・利用に配慮した必要最小限の構造物の整備等によって海浜の安定化を図るとともに、土砂収

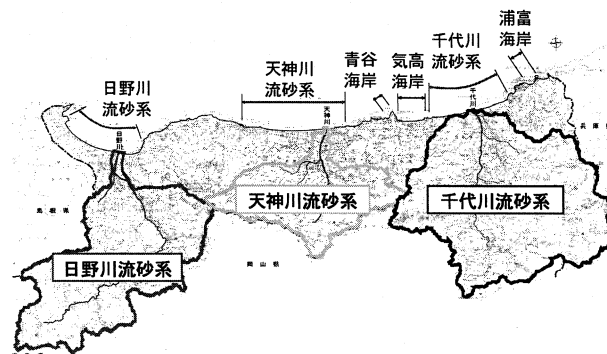


図-3 鳥取県の検討対象海岸：千代川、天神川、日野川流砂系、および浦富、気高、青谷海岸

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。

(3) 流砂系における土砂管理計画の策定

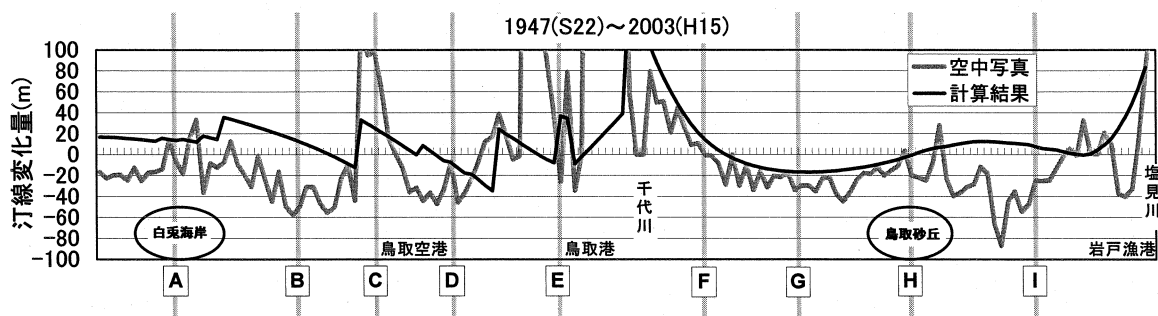
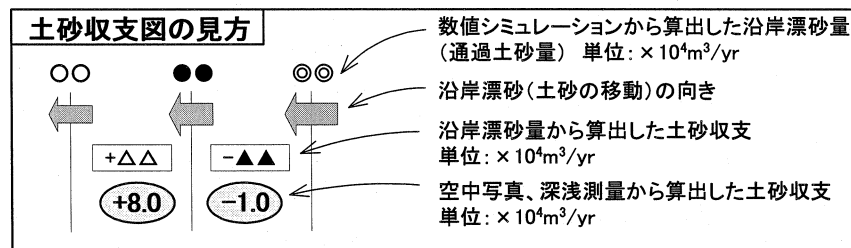
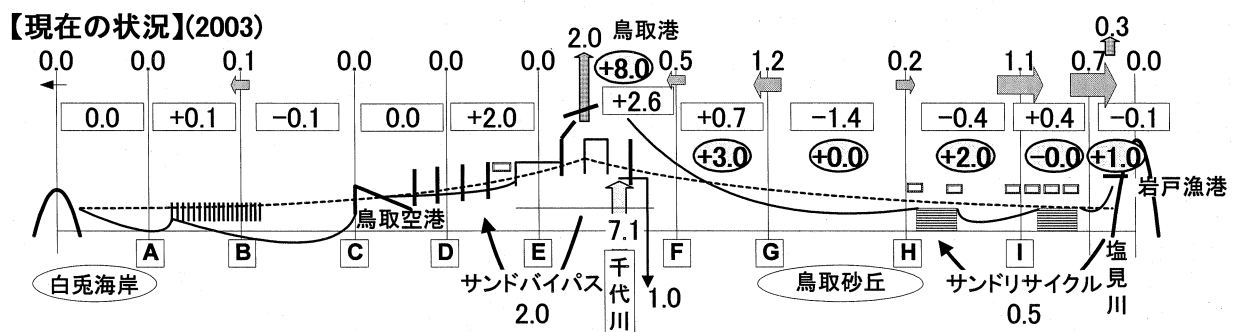
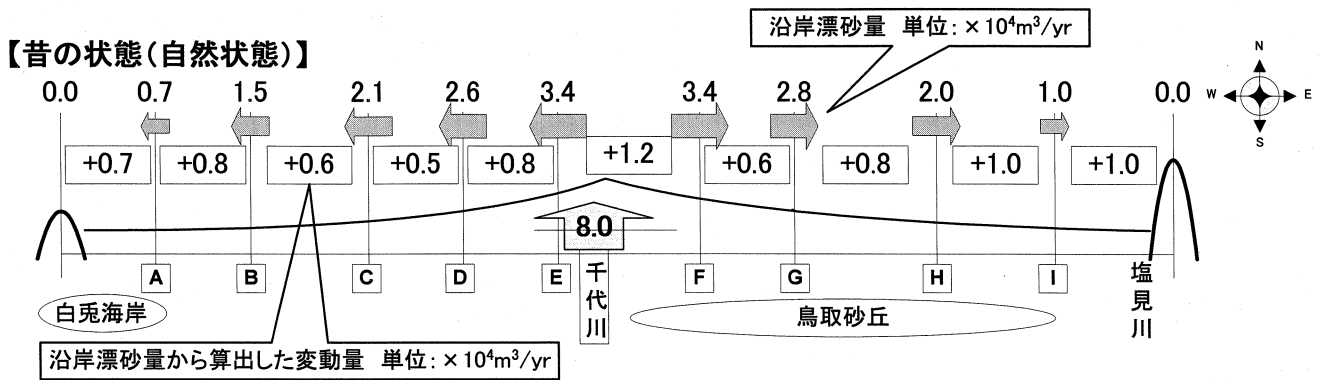
河川と海岸を一体とした流砂系の総合的な土砂管理計画の策定のために、1次元河床変動計算と混合粒径の分級過程を考慮した海浜変形モデル^{3) 4) 5)}を組み合わせた計算を行った。本ガイドラインにおいては、図-3に示す千代川、天神川、日野川流砂系と、ポケットビーチの浦富海岸、気高海岸、青谷海岸を検討対象としたが、本論文では、一例として千代川流砂系の事例について述べる。

千代川は、鳥取県八頭郡智頭町の中国山地(1,319m)に源を発し、佐治川・八東川・砂見川・袋川・野坂川等の支川を合わせて北流し、鳥取平野中央を貫流して鳥取市賀露町より日本海に注ぐ流域面積1,190km²、長さ52kmの一級河川である。河口西側には鳥取港、東側には日本有数の規模を誇る鳥取砂丘が広がり、東端の岩戸漁港から西端の白兎海岸まで約15kmの砂浜が広がっている。

流砂系の総合的な土砂管理を策定するにあたり、はじめに種々の施設がなく、また砂利採取も行われていなかった時代における自然状態の土砂の流れを上記数値モデルにより再現した。自然状態の海岸を出発点として、その後の人為的インパクトが土砂の流れに与えた影響と土砂収支の変遷を把握することで、土砂問題を浮き彫りにすることが重要と考えた。これをもとに土砂収支図を作成した。

自然状態の海岸部の土砂収支を図-4に示す。河口にデルタ地形が形成され、千代川の左右岸へ3.4x10⁴m³/yrの沿岸漂砂量があり堆積性の砂浜が形成されていた。計算にあたって、初期地形は海底勾配1/50の一樣海浜、沿岸漂砂の平均移動高10mとした。入射波は、鳥取港の1990～2003年の観測によるエネルギー平均波より碎波波高H_b=1.57m、周期T=6sを汀線と直角方向から入射させた。千代川からの供給土砂量は、1次元河床変動計算に基づいて8.0x10⁴m³/yrとした。これは、汀線変化に直接寄与しないほぼ0.15mm以下の細粒分(wash load)を除外した供給土砂量であり⁶⁾、縄文海進以降千代川によって形成された沖積平野の総堆積土砂量から推定した結果と比較し妥当性を確認した⁷⁾。

次に、自然状態を初期条件として、千代川の河口付け



替えと鳥取港の建設、岩戸漁港の建設、突堤や人工リーフの設置、港内の浚渫土砂の沖捨てや埋立て、千代川でのダム建設や砂利採取の影響による供給土砂量の減少を加味しつつ現在までの土砂収支の変遷を再現した。2003年現在の土砂収支図を図-5に示す。本計算の妥当性は、図-6に示す空中写真から読みとった汀線変化量と計算値との比較によって確認した。ダム建設や砂利採取等によって千代川の供給土砂量は $7.1 \times 10^4 \text{m}^3/\text{yr}$ まで減少したと推定される。千代川左岸側では鳥取港の建設により千代川からの土砂供給が絶たれ、沿岸漂砂量は0となった。

このため、人工的に土砂を供給しない限り自然状態の土砂の流れを回復することができないことがわかった。河口右岸側では、鳥取港の防波堤による波の遮蔽効果に伴う鳥取砂丘前面から千代川への向かう沿岸漂砂が再現された。この沿岸漂砂の向きは自然状態の向きとは逆向きであり、本来鳥取砂丘の前浜にあるべき土砂が浚渫によって漂砂の系外へ運ばれ失われている状況を把握することができた。岩戸漁港でも同様に波の遮蔽域外から遮蔽域内への土砂移動が再現され、浚渫土砂が沖捨てや埋立て等される状況を把握することができた。

(4) 目指すべき海岸の姿に向けた土砂管理計画の策定

以上の検討から、千代川流砂系の土砂管理計画を図-7のように策定した。千代川流砂系では、鳥取砂丘前面の海浜砂が鳥取港による波の遮蔽域へと移動し、その浚渫土砂が沖捨てや埋立て土砂に利用されることによって鳥取砂丘が失われていくことが最も大きな土砂問題と考えられる。これを解決するために、浚渫土砂の沖捨てや埋立てを禁止し、鳥取砂丘前面での波による地形変化の限界水深 $h_c=10\text{m}$ 以浅に投入するサンドバイパスを実施することとした。

千代川流砂系全体としては、千代川から海岸への供給土砂量はあまり変わらないが、海岸部に設置した施設と浚渫土砂の沖捨て等の影響によって土砂のバランスが崩れ侵食が発生していると推定される。このため、堆積箇所から侵食箇所へ土砂を投入するサンドバイパスやサンドリサイクルを行う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対応策を基本として、土砂の流れの連続性、土砂収支バランスの確保・回復を図る土砂管理計画を策定した。なお、土砂管理の目標値（数値）は、過去からの推定による年平均値を示しており、遵守すべき目標値（数値）ではない。実際の堆砂量、浚渫量並び

に土砂の質等に応じてバランスのとれた目標値（数値）と投入場所を考えながら、土砂の連続性を確保する行為、土砂管理計画に従った行為が重要である。

(5) 土砂管理計画の実施による将来予測

上記数値モデルによって、土砂管理計画による対策の有無について50年後の汀線変化を予測した結果を図-8に示す。鳥取砂丘前面の汀線は、対策の実施により現在より約60m汀線が前進するが、無対策では現在より約20m後退する。白兔海岸でも対策の実施によって汀線が前進する。総合的な土砂管理を実施することによって、鳥取砂丘が蘇り自然な砂浜が回復することが期待される。

6. 鳥取沿岸の総合的な土砂管理の実施とその効果

本ガイドラインにより、土砂管理に係わる各管理者の連携が強化され、限られた予算の中でより効率的・効果的な土砂問題解決の施策を行うことができるようになる。また、県民への情報公開と監視のもと、鳥取沿岸の総合的な土砂管理を実施することになるので、県

目指すべき海岸の姿へ向けた土砂管理計画

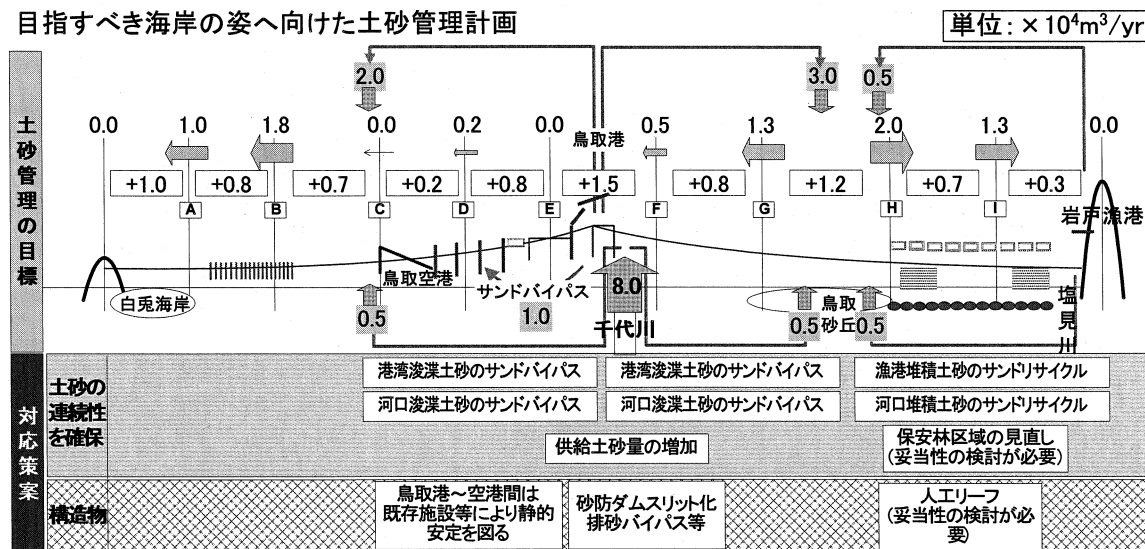


図-7 千代川流砂系の土砂管理計画

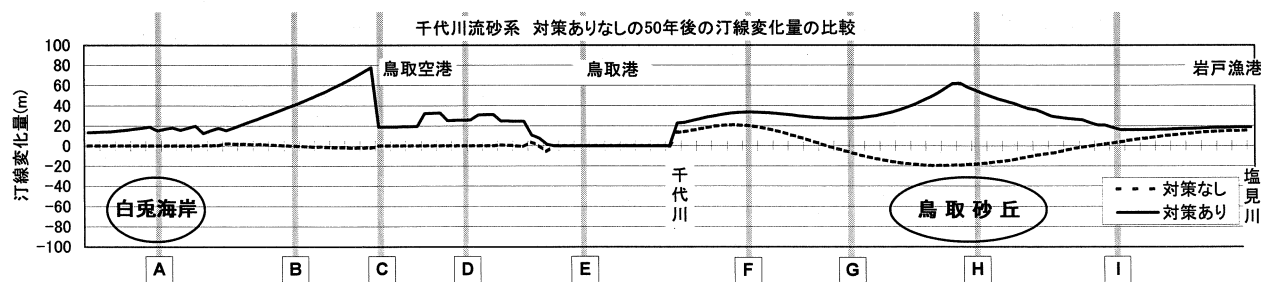


図-8 対策の有無による50年後の汀線変化の相違

民が土砂問題や海岸や河川に関する情報を得る機会が増え、注目されることによって、それが拘束力となり土砂管理計画がより推進されることも期待できる。また、鳥取沿岸の総合的な土砂管理の実施によって、最終的に砂浜の保全・回復による”魅力ある県土づくり”と”まちの活性化”に貢献できるものと考えてる。

一方、流砂系の土砂収支の定量化では、限られたデータを用いて土砂管理の方向性を見誤らないよう、長期的・マクロ的な観点で土砂収支の精度を保つモデルを構築した。本ガイドラインでは、土砂動態の実態や土砂管理の対策の効果については不明な点が多くあるため、土砂管理の実施状況を確認し、対応策の効果・土砂環境の変化・構造物の維持管理状況等を把握するモニタリングをPDCAサイクルの中で実施することを位置付けた。モニタリングによって得られた知見や積み重ねた議論の蓄積をもとに、土砂動態変化の予測精度の向上や対応策の評価手法の改善等の技術的發展にも寄与するものと考えてる。

7. おわりに

本ガイドラインの策定にあたっては、鳥取県が2003年度から既存資料収集、現地調査等を実施し、鳥取沿岸における土砂問題の分析や土砂移動のメカニズムを解明し、土砂移動の適正な制御の必要性を明らかにした。また、県民の意見を反映するため、土砂問題に対する認識、本ガイドライン策定の必要性及び鳥取の海岸に対する想い等に関するアンケート調査を実施した。さらに、海岸工学のみではなく、幅広い分野からの意見を取り入れるため、検討委員会を設置し公開のもと検討を進めた。

今後は、本ガイドラインに基づいて、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）及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囚われず、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。

また、鳥取県議会2005年9月定例会の一般質問で、鳥取砂丘の保全に関し「鳥取砂丘に海岸からの砂の供給が少なくなっているのではないかと指摘があった。これに対して片山善博鳥取県知事は、「本ガイドラインを策定し、これに基づく施策に取り組み始めている」と答弁し、関連して本ガイドラインに基づいたサンドリサイクルの実績報告がなされた。

最後に、本ガイドラインの検討委員会の委員として、（独）港湾空港技術研究所の栗山善昭室長をはじめ、国土技術政策総合研究所の福濱方哉室長、鳥取大学の赤木三郎名誉教授、並びに鳥取環境大学、鳥取県漁業協同組合ほかより多大なるご協力・ご指導を受けた。また筆者の一人（松原）は委員長を務め、さらに他の二人（宇多、佐藤）も委員として参画した。

謝辞：本ガイドラインの策定にあたり、本県県土整備部治山砂防課の山田和成課長（前 県土整備部河川課課長補佐）より多くの助力をいただいた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 宇多高明：「海岸侵食の実態と解決策」，山海堂，p. 304, 2004.
- 2) 宇多高明：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, 2005.
- 3) 熊田貴之・小林昭男・宇多高明・芹沢真澄・星上幸良・増田光一：混合粒径砂の分級過程を考慮した海浜変形モデルの開発，海岸工学論文集，第49巻，pp. 476-480, 2002.
- 4) 熊田貴之・小林昭男・宇多高明・芹沢真澄・三波俊郎・増田光一：河口デルタの汀線・粒径変化の予測モデル-沿岸漂砂による分級作用の再現-，海岸工学論文集，第49巻，pp. 481-485, 2002.
- 5) 佐藤慎司・宇多高明・岡安徹也・芹沢真澄：天竜川-遠州灘流砂系における土砂移動の変遷と土砂管理に関する検討，海岸工学論文集，第51巻，pp. 571-575, 2004.
- 6) 宇多高明：「日本の海岸侵食」，山海堂，p. 442, 1997.
- 7) 鳥取県：鳥取沿岸の総合的な土砂管理ガイドライン，p. 18, 2005.