

土佐湾沿岸の海岸保全施設における 気候変動適応策の検討結果

高知河川国道事務所 工務課 武田 侑大
高知河川国道事務所工務課長 松坂 善仁
高知河川国道事務所 建設専門官 滝本 隆也

土佐湾沿岸中央部では、「土佐湾沿岸海岸保全基本計画」において、高潮・波浪、侵食、地震及び津波に対する防護の目標・水準を設定のうえ、対策に取り組んでいる。今後、将来においても防護水準を確保していくため、気候変動による影響を明らかにしたうえで、気候変動の影響を考慮した新たな海岸保全へ転換していく必要がある。本稿では、全国に先駆けて「気候変動を踏まえた土佐湾沿岸海岸保全施設技術検討会」を設置し、気候変動を踏まえた防護水準（計画高潮位、設計波、設計津波の水位等）の見直し、及び適応策（段階的な対策、優先順位等）の検討等、直轄海岸で初のとりまとめを行った内容について報告する。

キーワード 海岸事業、気候変動、防護水準、段階的な対策、

1. はじめに

(1) 土佐湾沿岸の概要

土佐湾沿岸は、高知県室戸岬から足摺岬に連なる四国南部の太平洋に面した沿岸である。本稿で紹介する中央部（高知中央地域海岸、南国香南地域海岸）では、河川からの土砂供給量の減少、海砂利の採取、港湾施設の整備等によって海岸侵食が進行し、越波等により海岸堤防の被災や県道の通行止め等の被害が発生している。また、砂浜前面の水深が比較的深く、台風常襲地帯であるため、台風期における波浪と高潮によって甚大な被害が発生する危険性が高い地域である。さらに、南海トラフを震源とする地震が発生した場合、既存堤防の沈下や倒壊、高知市中心部では広域的な地盤沈下による長期浸水など、地震・津波による甚大な被害が懸念される地域でもある。



図-1 土佐湾沿岸の区域

(2) 気候変動を踏まえた土佐湾沿岸海岸保全施設技術検討会

「気候変動に関する政府間パネル（IPCC）」による報告書では、気候システムの温暖化には疑う余地がなく、世界平均海面水位は上昇が続くであろうことが報告されている。また、「気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討委員会」により「気候変動を踏まえた海岸保全のあり方提言」がとりまとめられ、「海岸保全を、過去のデータに基づきつつ気候変動による影響を明示的に考慮した対策へ転換」することが提言された。

土佐湾沿岸においても将来的に海岸保全の防護水準を確保していくため、気候変動による影響を明らかにしたうえで気候変動の影響を考慮した新たな海岸保全へ転換していく必要があることから、「気候変動を踏まえた土佐湾沿岸海岸保全施設技術検討会」を設置し、気候変動を踏まえた防護水準（計画高潮位、設計波、設計津波の水位等）や適応策（段階的な対策、優先順位等）について検討した。本稿ではその検討内容について報告する。

2. 気候変動を踏まえた計画外力の検討結果

(1) 計画外力の設定に関する基本的な考え方

計画外力の設定にあたって対象とする外力の将来予測は「気候変動を踏まえた海岸保全のあり方提言」に基づき、気候変動シナリオ RCP2.6（2℃上昇相当）とし、2100年時点の予測結果を基に設定した。

4. ハード・ソフト対策を組み合わせた気候変動への適応策

(1) 気候変動への適応策に関する基本的な考え方

気候変動には不確実性があること等から、段階的な防護水準を設定し段階的なハード対策を実施していく必要がある。その際、ハード対策のみで防御できるレベルには限界があること、ハード対策の完了までには時間を要すること等を踏まえ、ソフト対策についても適切に組み合わせる必要がある。

以上に基づいて、ハード対策、ソフト対策を進める際の考え方を以下のとおりとりまとめた。

a) ハード対策

気候変動の不確実性等を踏まえ、将来の施設改良等を考慮した手戻りのない（施設改良等が容易な）構造等を適用していくとともに、粘り強い構造の堤防整備等についても取り組んでいく。

対策の実施にあたっては、施設の耐用年数（50年程度）、災害発生の危険度、地域ごとの特性

（背後地の人口、社会インフラの整備状況、土地の利用状況）等を踏まえ、効果的・効率的な対策となるよう整備時期・整備水準や実施箇所の優先順位についても検討していく。

また、段階的な対策を計画的に実施していくためには施設の健全度が適切に確保されていることが前提となるため、予防保全の観点から長寿命化計画等に基づき施設の維持管理を適切に実施していくとともに、ライフサイクルコストが最小となる施設整備や維持管理を進めることも重要となる。さらに、堤防等の高さの確保等による防護だけでなく、総合土砂管理や順応的砂浜管理等も含めた面的防護を進めていく。

b) ソフト対策

ソフト対策については、長期的な視点から関連する他分野とも連携することが重要であることを踏まえ、国と県と市がそれぞれの役割のもと密接に連携し、総合的な対策を行う必要がある。

c) ハード・ソフト対策の適切な組み合わせ

ハード・ソフト対策の組み合わせの検討に当たっては、まず、外力の規模だけでなくその発生確率と発生する人的・経済的被害を掛けあわせた地域の災害リスクを定量化し、その上でハード対策、ソフト対策のそれぞれの限界を認識して適切な組み合わせを提示し、避難や土地利用といったソフト対策との関係性の中で堤防高等のハード対策を決定することが重要である。

(2) 気候変動への適応策

a) 高潮・高波に対する対策（案）

気候変動を踏まえた外力の変化が施設機能に与える影響を段階的に評価するため、①. 平均海面水位の上昇、②. ①+高潮偏差の増大、を考慮した2ケースについて波のうちあげ高を算定し、現

況堤防高と比較し評価した。

評価の結果、表-3 のとおり多くの海岸において現況堤防高のままでは不足することが分かった。

表-3 現況堤防高の評価結果

海岸	波のうちあげ高に対する現況堤防高の評価結果	
	① 平均海面水位の上昇 を考慮した場合	② ①+高潮偏差の増大 を考慮した場合
新居海岸	堤防高満足	堤防高満足
仁ノ海岸	堤防高満足	堤防高満足
戸原海岸	堤防高不足 (最大0.15m)	堤防高不足 (最大0.56m)
長浜海岸	堤防高不足 (最大0.34m)	堤防高不足 (最大0.67m)
十市前浜海岸 (西側、国管理)	堤防高満足	堤防高不足 (最大0.27m)
十市前浜海岸 (東側、県管理)	堤防高不足 (最大0.60m)	堤防高不足 (最大1.06m)
香南海岸 (古川・赤岡・岸本)	堤防高不足 (最大0.59m)	堤防高不足 (最大1.17m)

このため、2100年までには、追加のハード対策として、堤防の嵩上げ、離岸堤の嵩上げ、ヘッドランドの改良、養浜等の順応的砂浜管理、さらには山地から海岸までの総合土砂管理等の気候変動適応策を実施することとした。ただし、想定よりも砂浜が減少する場合や、既往最大の高潮偏差は昭和45年台風10号の2.35mであり気候変動を考慮した高潮偏差（1.64m）よりも大きなものが発生していることを踏まえ、将来においても計画規模を超える高潮や最大クラスの高潮が発生する可能性があること等も念頭に、ソフト対策を適切に組み合わせることも必要となる。ソフト対策については、高潮浸水想定区域の指定、ハザードマップや避難計画の作成、土地利用規制などの都市計画との調整、防護ラインの見直し、浜堤の保全、津波避難タワーの高潮避難での活用を想定した改良など、実現性を踏まえながら検討する必要がある。

b) 侵食に対する対策（案）

気候変動の影響を考慮した侵食対策については汀線の維持または回復を目標とし、離岸堤の嵩上げやヘッドランドの改良等を行うとともに、養浜等の順応的砂浜管理、さらには総合土砂管理による海岸域への土砂の供給に取り組むなど、総合的な対策を行うこととした。また、海岸侵食が進行し海岸堤防前面の水深が深くなると、基礎部の露出等により海岸堤防が被災することや、平均海面水位の上昇量以上に波のうちあげ高が増大する危険性が高まることも想定される。このため、海岸保全基本方針に示されている「予測を重視した順応的砂浜管理」の考え方に沿って、継続的なモニタリングにより海浜地形の変化や越波の状況を適切に把握しつつ、海浜地形の将来変化の予測に基づき必要に応じた対策を実施し、さらにその効果をモニタリングで確認したうえで、次の対策を検討していく必要がある。

c) 津波に対する対策（案）

気候変動後の津波水位（海岸毎の平均値）は現行の設計津波の水位を上回る結果ではなかったことから、基本的には気候変動に適応するための追加のハード対策は必要ないが、海岸保全施設の整備状況や地形の特性等により、局所的に設計津波の水位を超える場合には、堤防の嵩上げ等の追加のハード対策が必要となる。なお、設計津波の水位は比較的頻度の高い数十年から百数十年の頻度で発生している津波を対象にしており、設計津波以上の規模の最大クラスの津波等に対しては住民避難等のソフト対策で対応する必要がある。

(3) 段階的な対策の考え方

気候変動を踏まえた海岸保全施設の整備・更新はRCP2.6に基づく2100年時点の防護水準を目標に進めるが、気候変動には不確実性があること、対策範囲は広範囲にわたり対策実施には長期間を要することから、施設の耐用年数、背後地の将来変化等を考慮し、段階的な防護水準を設定し段階的に対策を実施していく必要がある。

段階的な対策の検討では、まず施設毎の更新時期を整理するとともに、2100年時点の平均海面水位の上昇量と高潮偏差の増大量を基に、現況堤防高では堤防高が不足する箇所や時期、更新後の堤防が再び耐用年数を迎える時に必要となる防護水準を予め確認・設定する。その上で、この段階的な防護水準に対応するための対策を設定する。その際、施設の健全度、事後的な対策の難易度、背後地の将来変化等も考慮し、ハード対策の整備水準を検討するとともに、土地利用規制などソフト対策による対応についても検討する。

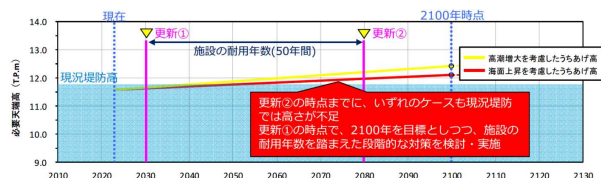


図-4 現状の施設機能の評価に基づく対策必要時期の確認・整理イメージ

(4) 土佐湾沿岸中央部における対策の優先順位

気候変動の影響を考慮した波のうち上げ高に対して、多くの海岸で堤防高が不足することから、高潮・高波に対する対策の実施箇所の優先順位を堤防高に着目し検討した。施設の更新時期は、海岸保全施設台帳等から現況堤防の整備・更新年を整理し、高知海岸では耐用年数を50年として次の更新時期を整理した。気候変動を考慮した将来の被害想定は現況堤防高が不足する時期及び2100年時点での不足高を整理するとともに、背後地の状況は現時点の主な土地利用、高潮・高波による浸水想定区域内人口を整理した。

以上の条件にて検討した結果、堤防の不足高が大きく、被害発生が早期に予測され、背後地に人

口・資産が多く存在している「長浜海岸」「香南海岸」の対策を優先すべきと考えられた。

表-4 高潮・高波に対する対策の優先順位の整理

項目/海岸	新居海岸	仁ノ海岸	戸原海岸	長浜海岸	十市前浜海岸 西側	十市前浜海岸 東側	香南海岸 (吉川・赤岡・本)
2100年時点 の堤防高 の不足高	海面上昇 (堤防高満足)	海面上昇 (堤防高満足)	0.15m	0.34m	0.27m	0.80m	0.59m
海面上昇 +偏差増加	海面上昇 (堤防高満足)	海面上昇 (堤防高満足)	0.56m	0.67m	0.27m	1.06m	1.17m
施設の更新時期 (耐用年数50年を想定)	2060年代	2070年代	2070年代	2070年代	2070年代	2070年代	2010年代
堤防高が 不足する 時期	海面上昇	—	2080年代	2040年代	—	2030年代	2050年代
海面上昇 +偏差増加	—	—	2050年代	2030年代	2080年代	2020年代	2030年代
背後地	土地利用 浸水想定 区域内人口	宅地・農地	宅地・農地	宅地	農地・宅地	農地・宅地	宅地
	808人	440人	615人	2882人	1174人	715人	2958人
優先度	—	—	○	◎	△	○	◎



図-5 土佐湾沿岸中央部の海岸の位置図

5. 今後の検討課題

気候変動の影響を考慮した外力の検討は、全国的に進められている途中段階にあり、今後様々な検討手法や知見が得られていく可能性がある。そのため、今後の新たな知見や将来予測データの更新等に基づき、外力の将来変化の予測・評価方法等についても、概ね5年毎を目安に、適宜、見直しや更新を行っていく必要がある。

また、波のうち上げ高の重要な要素である海浜地形（砂浜）は、気候変動に伴う平均海面水位の上昇や波高の変化に加え、波向の変化にも影響を受けることから、それらによる海岸侵食についても検討していく必要がある。ただし、特に波向の変化については現時点では不明確な部分が多いことを踏まえ、将来の海浜地形の検討にあたっては、潮位や波浪、海浜地形のモニタリングを継続的に実施するとともに、海岸侵食に影響する波向の将来変化を精度良く予測できる手法を検討する必要がある。

6. まとめ

本稿では、「気候変動を踏まえた海岸保全施設技術検討会」にて検討した、計画外力、防護水準及び適応策について報告した。今後、気候変動を踏まえた海岸保全施設の整備・更新はRCP2.6に基づく2100年時点の防護水準を目標に進めるが、気候変動には不確実性があること、対策範囲は広範囲にわたり対策実施には長期間を要することから、新たな知見や観測データ等を蓄積し、適宜、計画を見直し、順応的な管理を推進していくことが重要である。