

4. モデル地区における被害額及び適応策等の検討

モデル地区における気候変動による影響の評価と計画・設計として、本章では外力の将来変化予測結果（3章）を踏まえて、モデル地区における浸水範囲・被害額及び必要天端高・安全率等の将来変化を検討する。以降に各モデル地区の検討結果を記載する。

4-1 A 漁港海岸

本検討では、現在気候及び将来気候における沖波諸元及び潮位条件より、主要な評価年における気候変動を想定した被害額及び適応策を検討する。

4-1-1 設計外力の算定

本項では、沖波諸元から波浪変形計算を実施し、対象施設の堤前波を算定する。なお、当該地区海岸は護岸前面に離岸堤が整備されているため、離岸堤の対策有無それぞれについて、護岸の堤前波を算定する。

表 4-1.1 評価年における沖波、潮位偏差、海面上昇量

波向	評価年 [年]	沖波波高 [m]	沖波周期 [s]	H. W. L. [D. L. +m]	潮位偏差 [D. L. +m]	海面上昇量 [+m]
S	2005	14.80	16.20	3.00	1.60	0.00
	2050	15.01	16.30	3.00	1.66	0.18
	2070	15.10	16.34	3.00	1.69	0.26
	2100	15.24	16.42	3.00	1.73	0.38

表 4-1.2 評価年における堤前波の算定結果

波向	評価年 [年]	沖波波高 [m]	沖波周期 [s]	換算沖波波高 [m]	
				護岸前面 (離岸堤嵩上なし)	護岸前面 (離岸堤嵩上あり)
S	2005	14.80	16.20	1.16	0.92
	2050	15.01	16.30	1.28	1.03
	2070	15.10	16.34	1.39	1.09
	2100	15.24	16.42	1.50	1.15

※当該海岸で波浪諸元が卓越する波向（S方向）によって検討を実施する

4-1-2 所要天端高の算定

越波流量算定図を用いて、離岸堤嵩上の有無においてそれぞれ護岸の必要天端高を算定する。

① 離岸堤嵩上なし

表 4-1.3 及び図 4-1.1 に、気候変動の影響による対象年時における必要天端高の評価を示す。許容越波流量は現計画と同様に $1.0 \times 10^{-2} \text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ とする。

当該護岸における必要天端高は、許容越波流量を満たす天端高により設定されているため、現在気候（2005年時点）に対して外力が上振れした際、即時に天端高が不足する結果となる。

表 4-1.3 必要天端高の評価

対象年 [年]	必要天端高 [D.L. +m]	現計画高との差 [m]	必要天端高の 評価
2005	8.5	0.0	現計画高と同じ
2050	9.0	+0.5	天端高不足
2070	9.2	+0.7	天端高不足
2100	9.6	+1.1	天端高不足

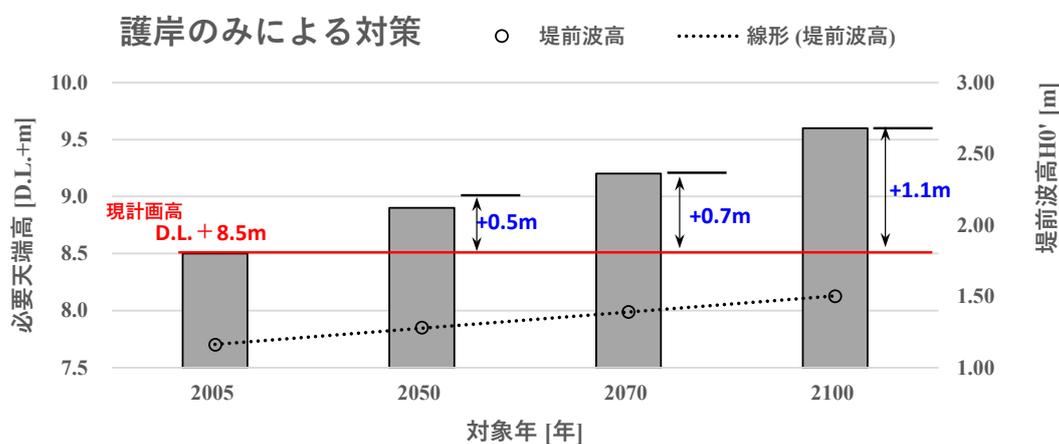


図 4-1.1 気候変動の影響による護岸必要天端高の推移

② 離岸堤嵩上あり

表 4-1.4 及び図 4-1.2 に、気候変動の影響による対象年時における必要天端高の評価を示す。

離岸堤の対策を行い堤前波が低減した状態でも、2050年までには必要天端高に対して護岸の天端高が不足する結果となる。

表 4-1.4 必要天端高の評価

対象年 [年]	必要天端高 [D. L. +m]	現計画高との差 [m]	必要天端高の 評価
2005	8.2	-0.3	現計画高 以下
2050	8.7	+0.2	天端高不足
2070	9.0	+0.5	天端高不足
2100	9.3	+0.8	天端高不足

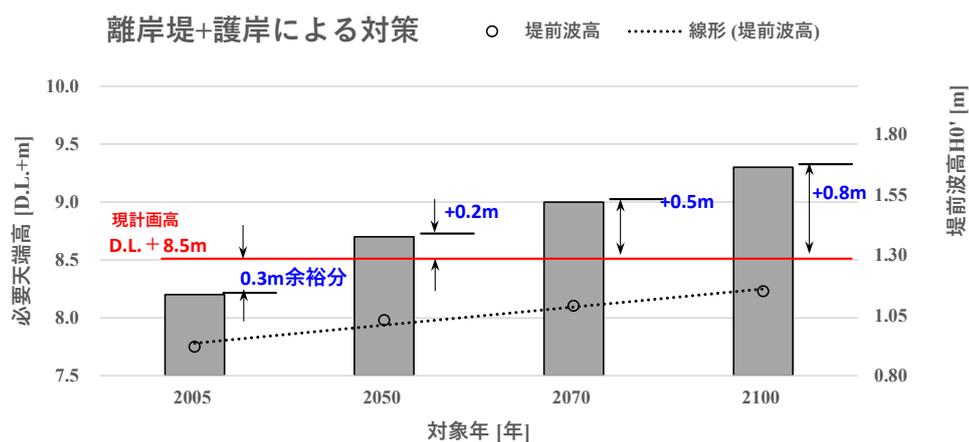


図 4-1.2 気候変動の影響による護岸必要天端高の推移

4-1-3 対策工の検討

(1) 検討方針

必要天端高の検討パターンは、以下の3パターンが想定されるが、既設構造物の安定性照査の結果によって適用可能なパターンが制限されることが想定される。このため、必要天端高の検討に際しては、既設構造物の安定性照査と一体となって検討を行う必要がある。

- ・ パターン①：離岸堤による対策
- ・ パターン②：護岸による対策
- ・ パターン③：離岸堤及び護岸による対策

(2) 検討フロー

既設構造物の安定性照査及び必要天端高の検討フローを図 4-1.3 に示す。なお、図 4-1.3 に示すフローに基づいて設定した対策方針に対して、経済性、施工性、維持管理、周辺環境への影響等を考慮して最適案の設定を行う必要がある。

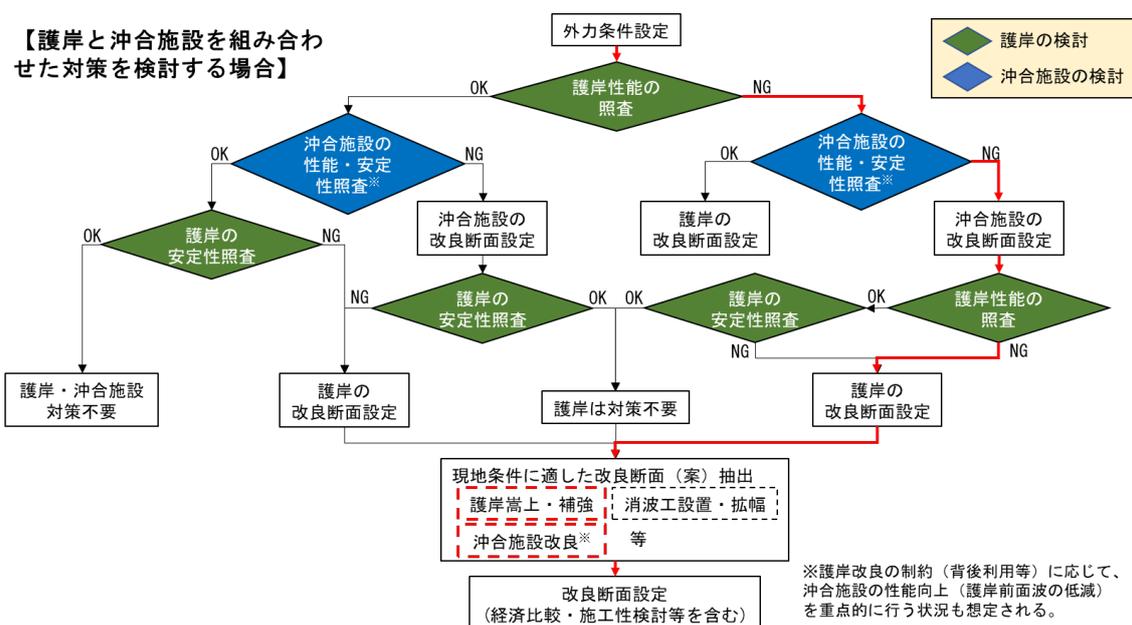
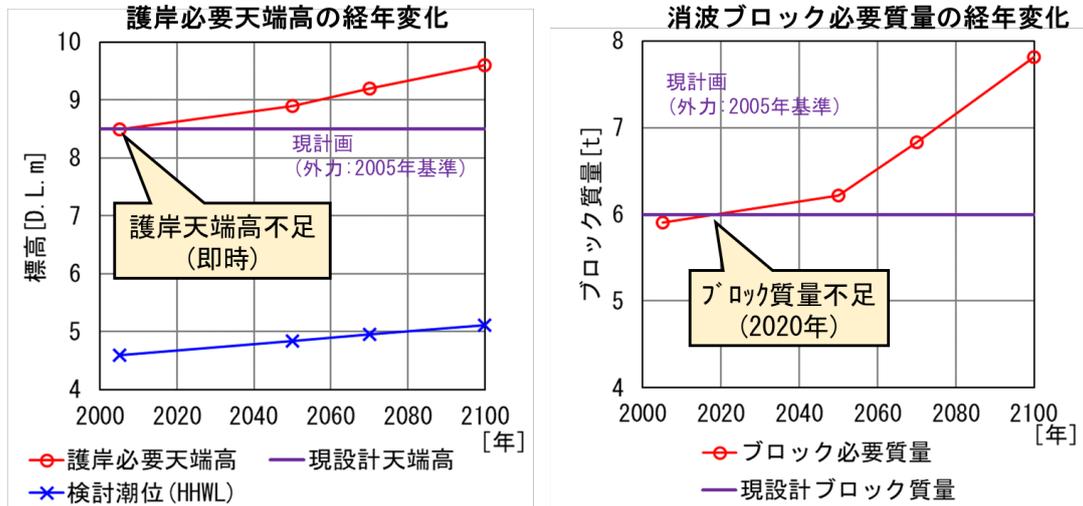


図 4-1.3 護岸と沖合施設を組み合わせた対策を検討する場合の検討フロー (案)

※赤矢印は本検討結果

(3) 必要性能の整理

護岸及び離岸堤の必要性能の経年変化の算定結果を以下に整理する。前述のように離岸堤の嵩上げを行っても、護岸の嵩上げが必要となるため、本地区の適応策は「護岸嵩上げ+離岸堤嵩上げ」が選定される。



- 越波対策の観点：気候変動が生じた時点で対策（護岸または離岸堤の嵩上げ）が必要。
- 構造物の安定性の観点：離岸堤消波ブロック質量不足について、2020年までに対策が必要。

(4) 対策工断面の設定

1) 基本断面の考え方

離岸堤についてハドソン式によるブロック質量の安定性照査を行った結果は、表 4-1.5 に示すとおりであり、評価基準年の 2070 年時点において既設ブロック質量は不足することとなり、既設離岸堤は、消波ブロックのランクアップが必要である。

なお、護岸については必要天端高に基づき嵩上げ（50cm）をする際、差筋により安定性を確保することとする。

2) ブロック質量の安定性照査

消波ブロック質量の計算式は、「H30 海岸基準、P2-52」において示されているハドソン式を使用する。

(2) ハドソン式

傾斜堤などの斜面被覆材は、内部の捨石を保護するものであり、それ自体が散乱しないように安定な質量を確保する必要がある。この安定な質量(所要質量)の算定には、適切な算定式を用いることができる。Hudson (ハドソン) は、Iribarren-Hudson (イリバレン-ハドソン) 式に代わる斜面被覆材の所要質量算定式として、次式で表されるハドソン式を発表した⁹⁶⁾。

$$M = \frac{\rho_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \alpha} \quad (2.3.5.16)$$

ここに、

- M ; 斜面被覆材の所要質量(t)
- ρ_r ; 斜面被覆材の密度(t/m³)
- H ; 設計計算に用いる波高(m)
- K_D ; 被覆材の形状及び被害率などによって決まる定数(K_D 値)
- S_r ; 斜面被覆材の海水に対する比重(ρ_r/ρ_0)
- ρ_0 ; 海水の密度(1.03t/m³)
- α ; 斜面が水平面となす角

出典：H30 海岸基準、P2-52

表 4-1.5 ブロックの安定性照査一覧表

	必要質量	既設ブロック	改良ブロック
既往設計	5.91t	6t 型 (6.017t) …OK	—
2050 年時点	6.36t	6t 型 (6.017t) …NG	—
2070 年時点	6.83t	6t 型 (6.017t) …NG	8t 型 (8.023 t)
2100 年時点	7.82t	6t 型 (6.017t) …NG	8t 型 (8.023 t)

3) 護岸嵩上げ

護岸の嵩上げは、護岸前面に消波ブロックが設置されていること、護岸背後は用地境界が近接していることから、既設護岸の直上に嵩上げを行う方針とした。

また、嵩上げ部の安定性は、差し筋により安定性の確保を行うものとする。

4-1-4 概算事業費の算定

概算事業費（直接工事費）の算定結果を以下に示す。

- ・ 離岸堤嵩上げ（2層嵩上げ）：1,560 千円/m
- ・ 護岸嵩上げ（50cm）：5 千円/m

4-1-5 費用便益分析

概算事業費（C）及び高潮浸水防護便益（B）より費用便益分析（B/C の検討等）を実施する。

(1) 資産価値の整理

浸水防護便益の算定を実施するにあたって必要となる、評価地区における資産の整理を行う。

1) 将来人口及び資産の将来価値の推定

背後資産の将来価値の変化有無について感度分析する。背後資産の将来価値が変化するケースでは、簡易的な考え方として、現在における各資産価値が将来に渡り人口減少率と同割合で推移すると仮定する。

(2) 浸水防護便益の算定

1) 浸水防護区域及び越波流量の算定区域の設定

本調査では、レベル湛水法により高潮・高波に対する浸水想定区域の設定を行う。

2) 越波流量の算定

① 波浪条件の設定

前項で算定した波浪諸元を基に、表 4-1.6 に示す各確率波高間の比率を乗じて、その他確率外力（1/10～1/40 確率年）を算出する。

表 4-1.6 再現確率 50 年確率波に対する各再現確率年の確率波高の比率

地域名	KH _{1/10}	KH _{1/20}	KH _{1/30}	KH _{1/40}	KH _{1/50}	備 考
日本海沿岸	0.86	0.92	0.94	0.98	1.00	北海道～九州北岸
太平洋北東岸	0.84	0.90	0.94	0.97	1.00	北海道～房総沿岸
太平洋南西岸	0.85	0.91	0.95	0.98	1.00	房総沿岸～沖縄沿岸
オホーツク海沿岸	0.82	0.90	0.94	0.98	1.00	

注) d=50 以外を使用する場合は、上の表の比率を換算して使用

出典：海岸事業の費用便益分析指針、P. 34

② 潮位条件の設定

本検討では、算定した高潮偏差を 1/50 確率年相当と仮定し、表 4-1.6 に示す各確率外力間の比率を乗じて、その他確率外力（1/10～1/40 確率年）の偏差を算出するとともに、朔望平均満潮位 (H. W. L) に足し合わせて越波流量算出時の潮位条件を設定する。

③ 計画外力の時系列モデル化

背後地での湛水を想定するに当り、高潮の経時的な変化に関してモデル化を行う。当海岸は閉鎖性の海岸であるため、図 4-1.4 の「閉鎖性の海岸」の考え方を適用する。

<時系列に関するモデル化の考え方>

1. 閉鎖性の海岸

閉鎖性の海岸(東京湾、伊勢湾、大阪湾岸、瀬戸内海等)は静水面を基本とした。

6 時間後にピークに達し、12 時間で $1/2 \times H1/n$ に戻るという時系列経過のモデル化を行うこととする。

2. 外洋に面する海岸

外洋に面する海岸については、12 時間後にピークに達し、24 時間で $1/2 \times H1/n$ に戻るという時系列経過のモデル化を行うこととする。

階段状に近似した時間ステップ (Δt 、次頁図を参照) は、ピークに達するまでの時間を t とし、もとに戻るまでの時間 $2t$ (12 時間または 24 時間) を 5 分割した時間 $2/5t$ を基本とするが、適宜適当な値を設定してもよい。

図 4-1.4 潮位時系列に関するモデル化の考え方

出典：海岸事業の費用便益分析指針、P.36

3) レベル湛水法による浸水流量の算定

総越波流量がそのまま背後地へ湛水する”と仮定した「レベル湛水法」を用いて、想定浸水区域内の浸水深を算出する。

4) 浸水防護便益の算定

浸水防護の効果とは、事業を実施しなかった場合 (without 時) に想定される浸水地域での被害が軽減されることであり、事業実施時に想定浸水地域で防護される資産額の総和をもって便益とする。

算出手法は、浸水地域の設定及び便益の算出の二段階となる。浸水地域は、高潮・波浪による越波量に基づいて、背後地の浸水量を算出して推定する。次に各々の浸水地域に対応する被害額を浸水高毎の被害率を勘案して算出し、確率年毎の総和を算出することにより年度別浸水防護便益を得る。

(3) 【参考】費用便益分析評価

「①気候変動を考慮した場合」及び「②気候変動+人口減少を考慮した場合」の2パターンについて、費用便益分析結果を以下に示す。なお、本結果は、傾向を把握するためのもので精緻に算出したものではない。

【費用便益分析結果】

- ・ 本地区の人口減少影響を考慮すると CBR は低下する。(②/①=0.39)
- ・ 便益及び費用の算定に関する各種指標の将来推計が可能になれば、詳細な感度分析が可能となる。

表 4-1.7 費用便益分析結果

	費用便益比 CBR(B/C)	便益-費用 NPV(B-C)
①気候変動	4.84	57.10
②気候変動+人口減少	1.87	12.88
②/①	0.39	0.23

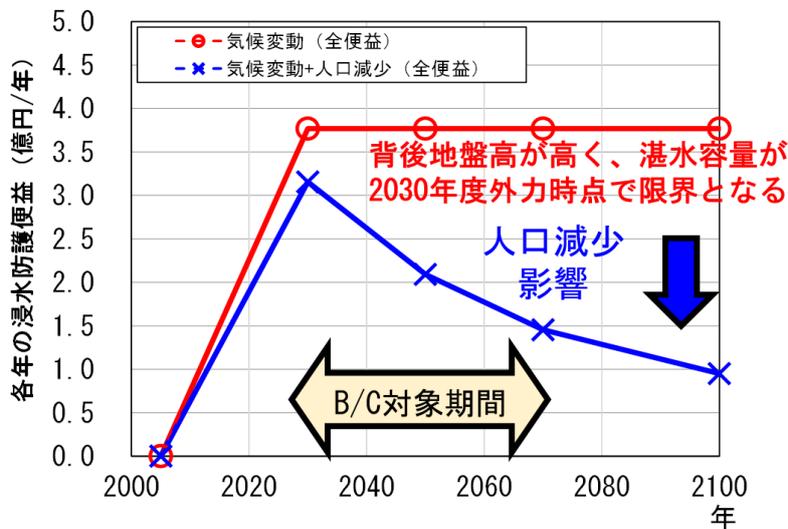


図 4-1.5 各年の便益額の推移(現在価値化前)

4-1-6 背後地への気候変動による高潮浸水影響の評価

本地区の海岸背後には住宅地等が密集しており、気候変動に伴う外力増大等により堤内地への越波越水が生じた場合は資産被害が大きい恐れがある。一方、海岸から100～300m程度内陸は標高8m以上の高地であり、人的被害の防止という視点では迅速に高台避難が可能な地域と想定される。

また、本地区の護岸は海岸へのアクセス路(階段)が複数整備されており、現況は階段部前面のパラペットにより越波を防ぐ構造となっている。本地区は高潮よりも波浪の影響が大きい地区であるが、将来の海面上昇や顕著な高潮が生じた際にアクセス路の開口部を閉鎖できなければ、アクセス路から越流が生じ海岸背後への浸水が大きくなる恐れがある。