

参 考 資 料

令和5年9月5日

国土交通省 四国地方整備局 高知河川国道事務所
高知県 土木部 港湾・海岸課

気候変動を踏まえた計画外力の検討

～現行計画(計画波浪)の概要～

現行計画(計画波浪)の概要

計画波浪 (波高)

波高: 波浪推算・観測データより極値統計解析を実施し、30年確率波高を設定

1) 検討方法

補助建設海岸(高知県)の設定値は、運輸省推算資料(S26~S55)を採用して設定しているが、その後観測データの蓄積があるため、これを含めて確率波高の算定を行う。

2) 使用資料

運輸省推算資料 (S26~S55) 30年
高知沖観測データ (S56~H1) 9年
桂浜観測データ (H2~H8) 7年

3) 検討ケース

ケース1 運輸省推算資料で確率計算
ケース2 運輸省推算資料+高知沖データで確率計算
ケース3 運輸省推算資料+高知沖データ+桂浜データで確率計算

4. 検討結果

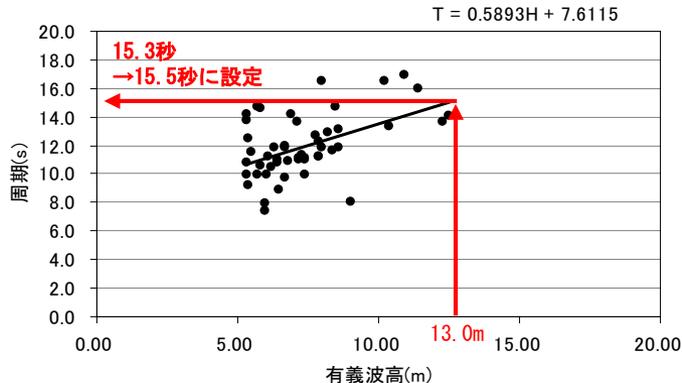
確率年	ケース1		ケース2		ケース3	
	計算値	設定値	計算値	設定値	計算値	設定値
10	10.9	11.0	10.26	10.5	10.02	10.5
20	12.0	12.0	11.44	11.5	11.16	11.5
30	12.6	13.0	12.10	12.5	11.80	12.0
50	13.3	13.5	12.91	13.0	12.58	13.0
100	14.2	14.5	13.97	14.0	13.60	14.0

30年確率波高
12.6m
→13.0mに設定

出典: 高知海岸計画外力の検討 四国地方整備局高知工事事務所

計画波浪 (周期)

周期: 全ての波浪推算・観測データより波高と周期の関係式を作成し、30年確率波高に対応する周期を設定



出典: 高知海岸計画外力の検討 四国地方整備局高知工事事務所

算定に使用されたデータ

波浪推算データ
旧運輸省推算値
(S26~S55)30年間

	台風	有義波高(m)	周期(s)
1	3412	2.9	9.5
2	2106	7.9	11.2
3	5115	6.7	9.7
4	5202	0.9	7.2
5	5313	10.9	16.9
6	5405	7.9	12.3
7	5415	7.4	9.9
8	5526	1	7
9	5609	7.3	11.3
10	5612	4.9	8.9
11	5615	4.7	14.8
12	5707	3.1	7.6
13	5710	7.2	11.1
14	5817	6.3	11.8
15	5821	6.9	14.2
16	5906	4.6	11.3
17	5915	10.2	16.5
18	6012	0.3	5.5
19	6016	7.4	11
20	6118	11.4	16
21	6207	3.4	10.3
22	6309	8	11.8
23	6420	12.5	14.1
24	6523	8.5	14.7
25	6524	8	16.5
26	6624	3.3	10.9
27	6718	3.8	10.2
28	6734	3.2	12.7
29	6804	6.4	11
30	6810	4	7.6
31	6909	8.2	12.9
32	7002	3.4	13.5
33	7009	5.7	9.9
34	7010	12.3	13.7
35	7119	6.2	10.5
36	7123	6.8	10.9
37	7209	7.2	11
38	7416	7.9	11.2
39	7418	0.3	5.4
40	7505	8.6	11.8
41	7506	5.5	11.5
42	7611	3.5	7.1
43	7808	4.6	9.2
44	7916	7.1	13.6
45	7920	5.8	14.6
46	8013	10.4	13.3
47	8019	5.7	14.7

観測データ(高知沖)
(S56~H1)上位30波

順位	最大有義波の起時	波高	周期(s)	気象要因
1	82年9月25日4時	8.6	13.1	台風8219号
2	82年8月27日12時	8.35	11.6	台風8213号
3	81年7月30日22時	6.7	12	台風8110号
4	89年7月27日18時	6.68	11.9	台風8911,8912号及び台風8913号
5	88年8月27日6時	6.4	10.8	台風8917号
6	88年4月18日16時	6.03	10	二つ玉低気圧
7	88年4月13日4時	5.37	9.2	日本海低気圧及び南岸低気圧
8	81年10月22日14時	5.32	13.8	台風8124号
9	82年11月30日2時	5.27	10.3	二つ玉低気圧
10	85年6月30日16時	5.25	12.9	台風8506号
11	83年9月28日16時	5.23	9.9	台風8310号前れの低気圧
12	86年7月17日20時	5.21	11.6	日本海低気圧及び台風8608号
13	83年4月1日6時	4.84	10	南岸低気圧
14	89年9月19日22時	4.83	11.8	台風8922号
15	84年8月21日18時	4.58	8.9	台風8410号
16	81年10月1日10時	4.52	14.4	台風8122号
17	88年9月15日10時	4.51	13.6	台風8818号
18	88年6月2日22時	4.39	8.5	二つ玉低気圧
19	88年3月21日20時	4.34	9.2	南岸低気圧
20	82年9月3日16時	4.21	12.4	台風8215号
21	83年8月13日22時	4.16	13	台風8305号
22	83年6月13日2時	4.1	9.2	二つ玉低気圧
23	82年3月15日16時	4.07	9	二つ玉低気圧
24	82年8月1日14時	4.05	13	台風8210号
25	81年8月22日8時	3.98	13	台風8115号
26	82年3月5日8時	3.97	8.7	日本海低気圧
27	84年7月29日10時	3.86	10.2	台風8407号
28	89年4月23日0時	3.74	9.9	南岸低気圧
29	81年11月2日16時	3.74	8.5	二つ玉低気圧
30	85年6月8日12時	3.7	9.3	南岸低気圧

観測データ(桂浜)
(H2~H8)上位30波

順位	年月日	時間	波高	周期	気象要因
1	1990/7/30	10:00:00	9	8	
2	1990/8/22	10:00:00	7.79	12.7	9014
3	1991/9/27	22:00:00	7.38	11.1	9219
4	1992/8/8	18:00:00	6.46	8.9	9210
5	1990/9/19	14:00:00	6.06	11.2	9019
6	1990/9/29	0:00:00	6	7.4	
7	1994/9/25	14:00:00	6	7.9	9426
8	1993/8/10	8:00:00	5.82	10.6	9307
9	1994/9/29	14:00:00	5.39	12.5	9426
10	1993/8/9	12:00:00	5.34	14.2	9307
11	1991/9/28	0:00:00	5.3	10.8	9119
12	1992/8/18	20:00:00	5.3	9.9	9211
13	1992/8/17	22:00:00	4.95	13.6	9211
14	1993/9/3	22:00:00	4.79	8.4	9313
15	1996/8/14	10:00:00	4.59	10.1	9612
16	1990/9/18	22:00:00	4.48	12.4	9019
17	1994/8/13	8:00:00	4.41	11.7	9414
18	1993/6/11	20:00:00	4.4	6.2	
19	1993/7/27	20:00:00	4.35	10.1	9311
20	1992/12/8	0:00:00	4.32	9	南北の気圧の谷の通過
21	1990/5/4	10:00:00	4.3	8.6	
22	1994/7/25	14:00:00	4.29	9.7	9407
23	1991/9/19	18:00:00	4.27	12.8	9118
24	1994/5/5	6:00:00	5.27	8	
25	1993/10/7	8:00:00	4.17	14.8	9319,及び9320
26	1993/10/29	18:00:00	4.14	8	
27	1991/10/10	4:00:00	4.02	14.7	9121
28	1992/8/19	0:00:00	4.01	9.2	9211
29	1994/4/12	18:00:00	4	8.7	低気圧
30	1994/6/30	14:00:00	4	5.1	梅雨前線

出典: 土佐湾高知海岸(南国工区)直轄海岸保全施設整備事業 全体計画書 四国地方建設局

気候変動を踏まえた計画外力の検討
(将来予測される平均海面水位の上昇)

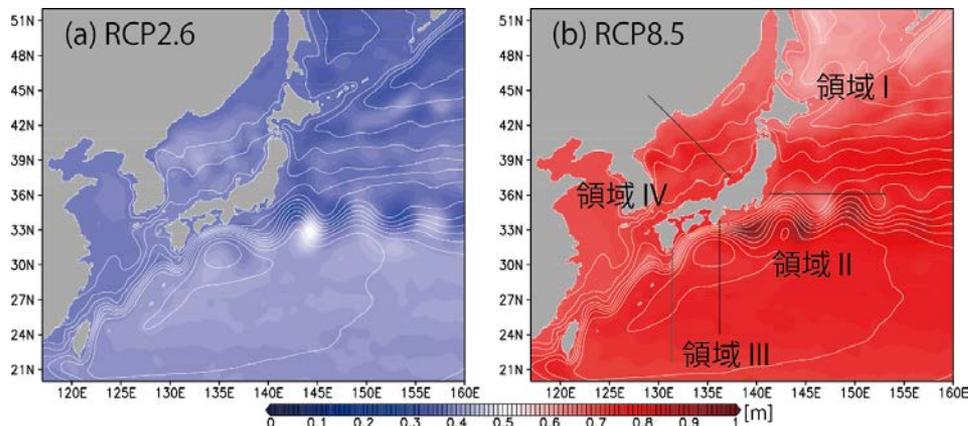
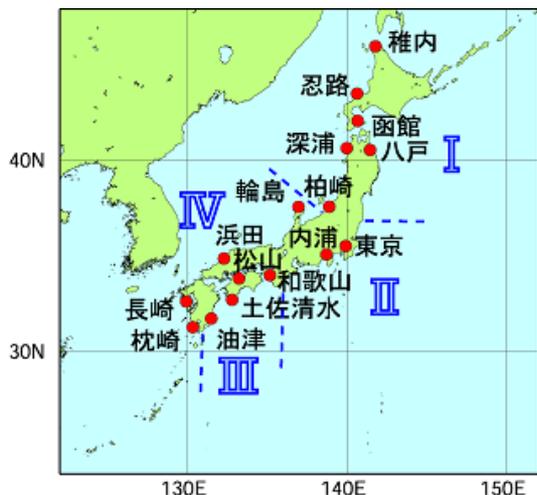
～気候変動を踏まえた朔望平均満潮位の設定～

将来予測される平均海面水位の上昇量の設定

■ 20世紀末(1986～2005年の平均)から21世紀末(2081～2100年の平均)までの平均海面水位の上昇量は、「日本の気候変動2020」に示される予測結果を採用し、**高知県が位置する領域Ⅲの平均値0.39m(RCP2.6)**を設定する。

時期	20世紀末(1986～2005年の平均) ～ 21世紀末(2081～2100年の平均) ※96年間					検潮所16地点の平均値	世界の平均海面水位の上昇量
シナリオ	日本沿岸の平均海面水位の上昇量						
	領域Ⅰ	領域Ⅱ	領域Ⅲ	領域Ⅳ			
2°C上昇シナリオ (RCP2.6)	0.38m (0.22～0.55m)	0.38m (0.21～0.55m)	0.39m (0.22～0.56m)	0.39m (0.23～0.55m)	0.39m (0.22～0.55m)	0.39m (0.26～0.53m)	
4°C上昇シナリオ (RCP8.5)	0.70m (0.45～0.95m)	0.70m (0.45～0.95m)	0.74m (0.47～1.00m)	0.73m (0.47～0.98m)	0.71m (0.46～0.97m)	0.71m (0.51～0.92m)	

出典:「日本気候変動2020 大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書(詳細版)(2020年12月) pp.154～156 気象庁」
 「気候変動に関する政府間パネル(IPCC) 変化する気候下での海洋・雪氷圏に関するIPCC特別報告書(2020年度) p.73 環境省」

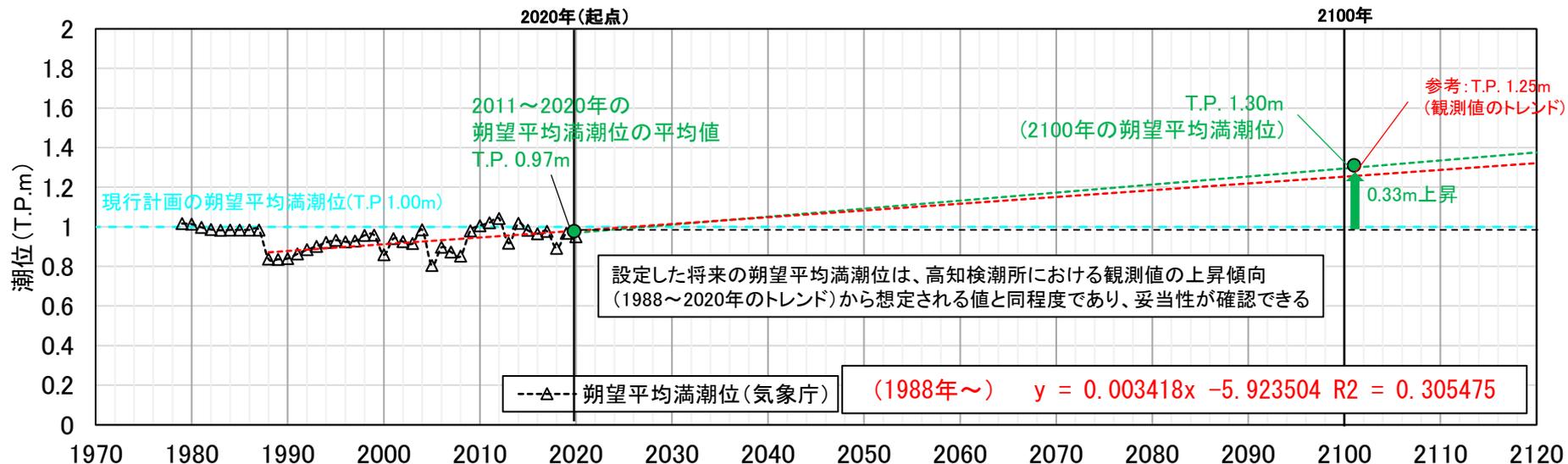


SI-CAT海洋モデルによる21世紀末における日本近海海面水位(年平均)の20世紀末からの上昇幅(m)

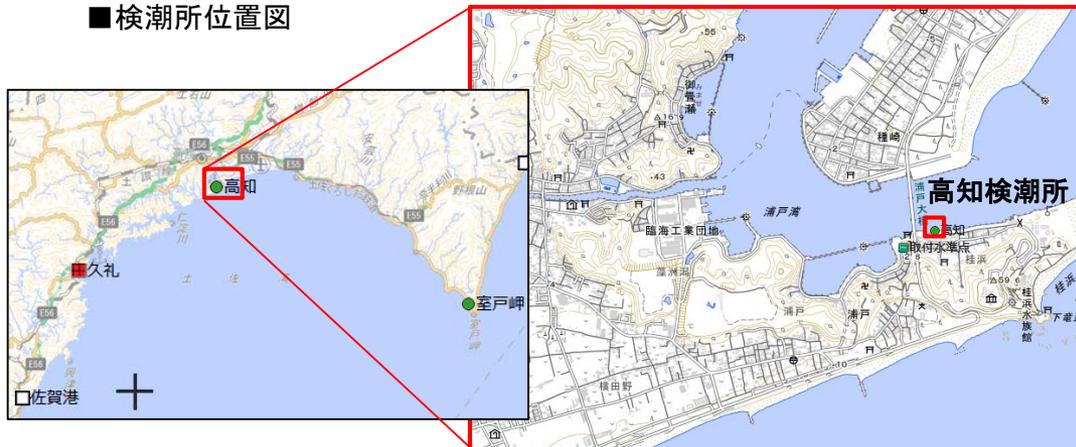
気候変動を踏まえた朔望平均満潮位の設定

- 朔望平均満潮位(現行計画を踏襲し高知検潮所で設定)は、最新の朔望平均満潮位(観測値の年変動を考慮して近10カ年の平均値を採用)に、今後の平均海面水位の上昇量を加えて設定する。
- 2020年を起点とした場合、**2100年の朔望平均満潮位は**、2011～2020年の朔望平均満潮位の平均値T.P.0.97m+2100年までの平均海面水位上昇量0.33m(1996～2091年の上昇量0.39m×80年/96年) = **T.P.1.30m**となる。

■ 高知検潮所(気象庁所管)における朔望平均満潮位の経年変化



■ 検潮所位置図



△: 1979年から2020年の高知検潮所の朔望平均満潮位

赤線: 観測所移設や観測中断期間等を考慮した、1988年から2020年までの高知検潮所における朔望平均潮位の線形近似直線(観測値のトレンド、参考)

緑線: 「日本の気候変動2020」に示される20世紀末(1986～2005年の平均)から21世紀末(2081～2100年の平均)までの平均海面水位の上昇量(96年間で0.39m(RCP2.6))を基にした、+4.1mm/年となる直線(2011～2020年の高知検潮所における朔望平均満潮位の平均値T.P.0.97mかつ2020年を起点)

高潮・高波に対するハード対策の検討

～直轄高知海岸における
必要砂浜幅の設定の考え方～

直轄高知海岸における必要砂浜幅の設定の考え方と結果

①越波防止に必要な砂浜幅

【考え方】

- ・有義波による越波を減少させる（波のうちあげ高を対象に波の侵入を阻止する）機能を確保する。

【設定方針】

- ・改良仮想勾配法を用い、うちあげ高を堤防高以下に収めるために必要な砂浜幅を算定。
- ・現状の海岸保全施設（離岸堤、人工リーフ）による消波効果を考慮。
- ・高知海岸では高波浪や季節変動による侵食が発生することを踏まえ、経年的な測量データのなかから、最も危険（越波防止に必要な砂浜幅の合計が最大）となる測量年を適用。
- ・算定した砂浜幅から、沿岸方向（工区別）に区分して設定。

※高知海岸では、シーソー現象による砂浜の後退など短期的な汀線変動（後退）が発生しているため、台風等の高波浪によって汀線が大きく変動すると、越波防止機能が低下する。
⇒越波防止に必要な砂浜幅に加え、汀線短期変動量を考慮する。

越波防止に必要な砂浜幅のイメージ

②汀線短期変動量

【考え方】

- ・高知海岸の実態（海浜変形特性、背後地等）を踏まえ、台風等の高波浪によって汀線が変動した場合でも、越波防止機能を確保するため、台風等の高波浪による汀線短期変動を考慮する。

【設定方針】

- ・以下に示す高波浪時の汀線変動量をもとに、工区毎の汀線短期変動量を設定。
- ・短期変動量は、突堤近傍（突堤による岸沖方向流速への影響範囲である70m程度）や汀線が大きく変動したとしても越波防止に必要な砂浜幅が確保される箇所を除外して設定。

- 台風前後の測量成果に基づく1時化時の汀線変動量
- 既往測量成果（年に1回程度冬季に実施）に基づく短期的変動量（下図参照）
- 海浜変形予測（等深線変化モデル）による高波浪時の汀線変動量

【既往測量成果による短期的変動量の算定方法】
測量期間の平均的な砂浜幅（下図の赤線）を設定し、最小となる砂浜幅への変化量を短期変動量とする。

既往測量による短期的変動量のイメージ（例：長浜工区）

① + ②

表 2.6 必要砂浜幅の設定結果

項目	新居工区	仁ノ工区	戸原工区	長浜工区	南国工区	備考
防護						
①越波防止に必要な砂浜幅	50m	60m	50～70m	50m	50m	越波防止に必要な砂浜幅の合計が最大となる測量年（新居～長浜：H2001、南国：H2311）図 2.8、図 2.11 参照
②汀線短期変動量	10m [※]	10m [※]	10m	10m	10m	汀線が大きく変動しても越波防止に必要な砂浜幅が確保される箇所を除外して設定 ※新居工区及び仁ノ工区は、現状の砂浜幅が大きいため、その他工区と同様、10mを設定
a) 台風前後の汀線変動量	—	—	0m (20m) ^{※1}	0m (20m) ^{※1}	5m ^{※2}	※1：H9～H12の測量成果、突堤間中央部の値、（ ）は突堤近傍の値 ※2：H26 台風 11 号前後の測量成果 図 2.13～図 2.15 参照
b) 既往測量による短期的変動量	12m	12m	4m	9m	1m	既往測量（新居～長浜：H6～H28、南国：H17～H28）から算定した工区平均値 図 2.16～図 2.20 参照
c) 海浜変形予測による汀線変動量	12m	6m	9m	9m	4m	等深線モデルによる高波浪時（台風襲来時の平均外力を設定）のシミュレーション結果 図 2.12、図 2.15 参照
必要砂浜幅（①+②）	60m	70m	60～80m	60m	60m	①越波防止に必要な砂浜幅+②汀線短期変動量
(参考) 現行計画の必要砂浜幅			70m		60m	代表断面で算定した越波防止に必要な砂浜幅
(参考) ウミガメの産卵に適した砂浜幅			最低 20m 以上			既往文献 表 2.4 参照
(参考) 現状の砂浜幅	79m [※]	128m [※]	50m	60m	44m	H28.12 測量の工区平均値 表 2.15 参照

※新居工区及び仁ノ工区は現状の砂浜幅が越波防止に必要な砂浜幅に比べて十分大きいので、その他工区と同様、汀線短期変動量として10mを設定する。

直轄高知海岸における越波防止に必要な砂浜幅の設定方法 (対象断面、波のうちあげ高の算定方法など)

【設定の考え方】

- 改良仮想勾配法を用い、うちあげ高を堤防高以下に収めるために必要な砂浜幅を算定。
- 現状の海岸保全施設（離岸堤）による消波効果を考慮したうちあげ高計算を実施。
- 高知海岸では高波浪や季節変動による侵食が発生することを踏まえ、経年的な測量データのなかから、最も危険（越波防止に必要な砂浜幅の合計が最大）となる測量年を適用。
- 算定した砂浜幅から、沿岸方向（工区別）に区分して設定。

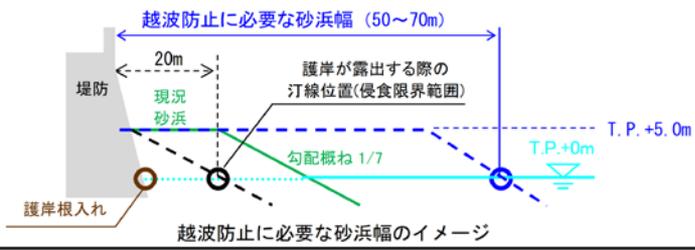


表 2.7 打上げ高・越波防止に必要な砂浜幅の算定条件

範囲	長浜工区～新居工区の構造物のない断面とする。 長浜工区：16 測線、戸原工区：14 測線、仁ノ工区：2 測線、新居工区：3 測線
測量年	平成 7 年～平成 28 年 12 月
使用断面	各測線の使用断面は、長浜工区～新居工区で越波防止に必要な砂浜幅合計が最も大きい測量年の横断面とする。さらに、使用断面について、下図のように砂浜幅を増加、減少させた断面を設定する。 ※砂浜幅は堤防前面（横断距離 0m）から T.P. 0m までの距離とする。
砂浜幅 増加・減少断面の作成	<p>図 1 砂浜幅を増加させた断面例 図 2 砂浜幅を減少させた断面例</p>
外力条件	<p>波高 設計沖波波高を上限とし、0.5m ピッチの 16 ケースで設定。 4.5m（年平均最大波）～11.8m（長浜～新居工区設計沖波波高） ※仁ノ工区、新居工区については、波高に離岸堤による透過率を乗じる（次頁参照）。 ●仁ノ工区離岸堤天端高：T.P. 2.96m（新標高、全体計画書より） ●新居工区離岸堤天端高（高知県建設）：T.P. 1.5m（新標高、H25.12 深淺測量結果より判読）</p> <p>周期 設計沖波周期を上限とし、0.5s ピッチの 20 ケースで設定。 6.0s～15.5s（長浜～新居工区設計沖波周期）</p> <p>潮位 計画潮位 T.P. 2.46m（新標高 = 旧標高 + 0.26）</p>
越波判定方法	上記の波高、周期のすべての組み合わせで改良仮想勾配法による計算を実施し、危険側（うちあげ高最大）となるうちあげ高と、堤防天端高とを比較して判定。

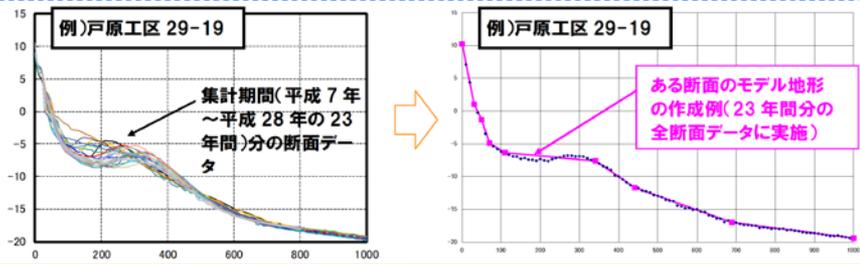
出典：平成29年度高知海岸保全技術検討委員会(H30.2) 参考資料1-7

【算定方法】

測量別の越波防止に必要な砂浜幅の工区合計が最も大きい測量年（＝工区全体で最も危険となる測量年と想定）を選定し、各測線の越波防止に必要な砂浜幅を算定。

【STEP1】

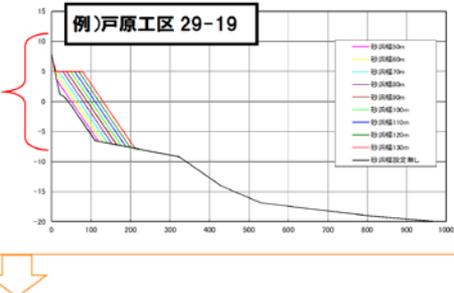
集計期間 23 年間分の断面データ全て（全測量年×全測線）について、断面積が大きく変化しないようにモデル地形を作成する。



【STEP2】

改良仮想勾配法によって、うちあげ高く堤防高となる砂浜幅を算出する

砂浜幅を 10～130m の 10m 間隔で設定する。



【STEP3】

設定方法：工区全体として最も危険な測量年（H20.1 測量）を全測線に適用
工区全体での越波防止に必要な砂浜幅の合計が最大となる測量年は H20.1 測量である全測線で H20.1 測量を適用し、越波防止に必要な砂浜幅を算定

その他：（参考）測線ごとに最も危険な測量年を適用
越波防止に必要な砂浜幅が最大となる測量年を測線毎に選定し、越波防止に必要な砂浜幅を算定
※砂浜幅を算定する基準断面の生起年が測線ごとに異なることから、沿岸方向の海浜地形の相関性が保たれていない。

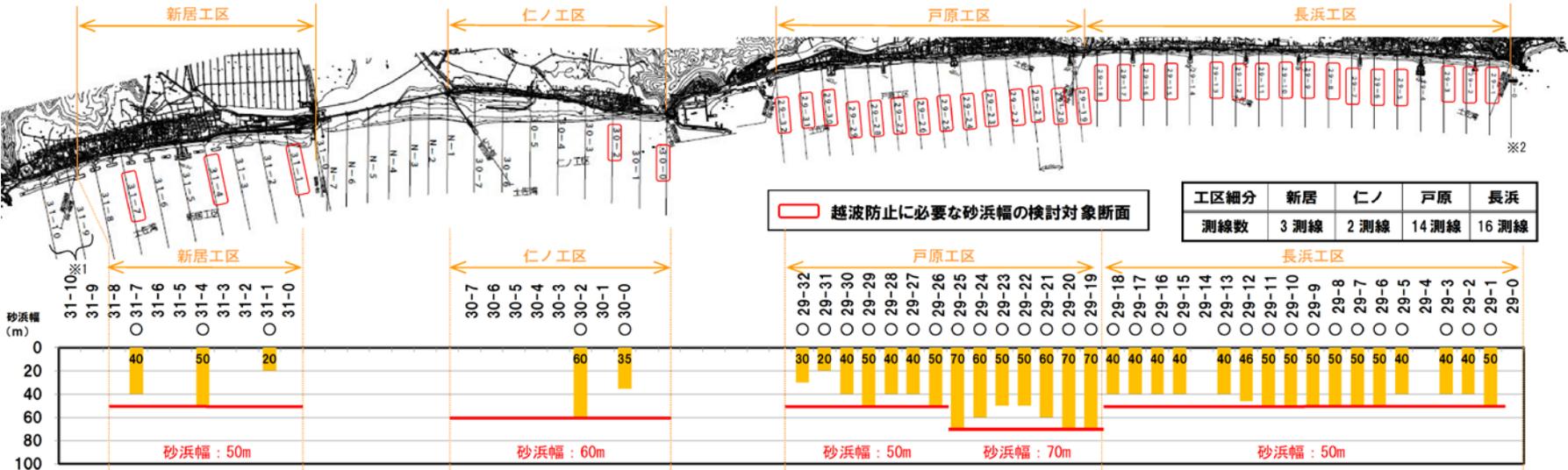
直轄高知海岸における越波防止に必要な砂浜幅の算定結果（新居～長浜工区）

表 2.9 測量年・測線別のうちあげ高を堤防高以下に収めるために必要な砂浜幅の算定結果一覧

工区	堤防高 (T.P.m)	うちあげ高を現況堤防高以下に収めるために必要な砂浜幅 (m)																				(参考) 最大包絡	(参考) 最大年					
		H0702	H0801	H0902	H1002	H1102	H1201	H1302	H1402	H1502	H1601	H1702	H1801	H1901	H2001	H2101	H2201	H2212	H2311	H2501	H2512			H2701	H2801	H2812		
長浜工区29-0	11.76	70	60	70	70	70	70	60	60	70	60	57	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	80	80	H2812		
長浜工区29-1	11.76	60	50	50	60	50	40	50	56	59	20	40	50	57	54	57	50	50	50	60	56	60	66	70	70	H2812		
長浜工区29-2	11.76	60	50	62	60	52	57	60	40	65	50	50	50	50	50	50	50	50	60	56	60	60	64	64	65	H1502		
長浜工区29-3	11.76	50	50	60	60	50	50	60	30	50	50	30	40	50	40	50	40	50	40	50	50	50	50	60	60	H0902		
長浜工区29-5	11.76	50	50	60	60	50	50	67	40	50	50	40	40	56	40	40	50	62	50	50	50	50	50	50	62	H2212		
長浜工区29-6	11.76	40	40	50	50	30	40	50	40	50	40	30	50	50	50	40	40	50	50	50	50	40	50	50	53	H2812		
長浜工区29-7	11.76	60	50	60	60	50	60	60	40	57	56	50	60	60	50	54	58	50	50	40	50	40	40	40	60	H0702		
長浜工区29-8	11.76	60	60	60	60	50	47	60	40	50	57	52	50	50	50	60	40	40	40	40	40	40	20	40	60	H0702		
長浜工区29-9	11.76	60	60	52	50	50	50	50	40	45	60	50	40	45	60	50	40	40	40	40	50	40	40	40	60	H0702		
長浜工区29-10	11.76	60	60	50	50	60	30	50	50	50	50	40	45	50	50	50	50	40	40	40	50	32	40	40	60	H0702		
長浜工区29-11	11.76	40	40	40	42	40	30	44	20	30	30	30	40	40	50	50	44	40	42	30	32	40	30	30	40	50	H1801	
長浜工区29-12	11.76	20	30	47	30	20	30	30	※	※	20	40	50	43	46	40	40	40	30	30	30	20	20	20	50	H1801		
長浜工区29-13	11.76	30	10	10	40	30	20	20	20	※	※	30	40	40	40	40	30	30	30	40	30	40	40	30	40	40	H1002	
長浜工区29-15	11.76	20	※	10	20	30	30	20	※	※	10	10	50	50	40	40	50	40	40	30	30	30	30	30	30	50	H1801	
長浜工区29-16	11.76	30	30	47	20	※	20	10	※	※	※	30	40	50	40	40	20	30	20	30	42	47	40	50	50	50	H1901	
長浜工区29-17	11.76	40	40	40	10	20	20	20	20	※	30	30	40	40	40	38	30	30	40	40	20	30	30	40	40	40	H0702	
長浜工区29-18	11.76	20	20	※	10	30	※	※	※	※	※	30	30	40	40	30	40	40	10	20	20	※	※	40	40	H2001		
戸原工区29-19	10.26	60	60	60	90	70	60	50	※	40	50	70	60	70	70	80	80	60	70	70	90	90	80	90	90	H1002		
戸原工区29-20	10.26	40	40	70	40	50	60	57	30	50	60	50	60	70	70	80	80	70	80	80	70	70	70	70	70	80	H2201	
戸原工区29-21	10.26	40	50	40	60	50	60	70	30	60	50	40	70	70	60	60	60	60	60	67	20	50	40	70	70	H1302		
戸原工区29-22	10.26	40	40	10	57	50	40	40	※	10	30	50	50	40	50	30	50	30	40	20	40	20	50	40	57	H1002		
戸原工区29-23	10.26	30	※	20	30	40	30	40	※	30	40	30	40	40	50	40	30	40	30	47	40	50	50	50	50	50	H2001	
戸原工区29-24	10.26	10	※	10	※	※	※	※	※	10	10	20	46	50	60	50	40	50	50	50	50	70	70	70	70	70	H2701	
戸原工区29-25	10.26	30	20	30	40	20	30	20	※	※	30	60	80	70	70	70	60	60	60	60	60	60	50	80	80	H1901		
戸原工区29-26	10.26	50	50	40	50	50	44	40	20	30	30	40	50	50	50	40	40	50	40	50	20	20	20	50	50	H0702		
戸原工区29-27	10.26	50	50	40	50	30	30	30	30	30	30	30	20	30	40	40	40	30	30	30	20	※	30	30	50	H0702		
戸原工区29-28	10.26	40	30	20	※	30	20	30	※	※	※	50	30	40	40	50	50	30	40	40	40	40	40	40	40	50	H1801	
戸原工区29-29	10.26	20	10	20	20	30	40	30	※	40	60	70	60	50	50	50	50	60	60	60	60	60	60	70	70	H1801		
戸原工区29-30	10.26	30	30	30	50	60	50	30	20	42	40	40	40	40	42	45	30	20	40	40	57	40	50	40	60	60	H102	
戸原工区29-31	10.26	50	40	40	20	20	30	30	※	10	10	※	※	10	20	40	20	40	40	40	40	38	40	30	50	50	H0702	
戸原工区29-32	10.26	30	30	※	※	※	※	※	※	※	20	※	※	30	30	※	10	※	30	30	30	30	10	20	30	40	H0702	
仁ノ工区30-0	10.26	30	30	30	38	40	40	37	20	45	40	※	50	20	35	34	37	40	40	30	20	30	40	50	50	50	H1801	
仁ノ工区30-2	10.26	50	40	40	57	50	50	40	50	25	30	49	50	50	60	60	60	60	50	50	60	50	50	50	50	60	H2001	
新居工区31-1	10.26	40	40	40	50	10	※	※	※	10	※	※	※	※	20	30	※	40	30	30	※	※	※	※	60	60	H1002	
新居工区31-4	10.26	40	40	32	38	20	33	30	10	20	30	40	50	40	50	40	30	40	50	40	60	60	60	60	60	60	H2512	
新居工区31-7	10.26	40	20	33	40	20	34	30	20	30	20	29	※	30	40	40	40	40	44	40	※	40	40	40	44	40	44	H2311
合計		1,490	1,330	1,369	1,478	1,272	1,305	1,259	730	1,014	1,076	1,161	1,578	1,639	1,691	1,684	1,533	1,619	1,508	1,569	1,578	1,452	1,517	1,557	1,691	H2001		
最大		70	60	70	90	70	70	70	60	70	70	60	70	80	70	80	80	70	80	80	80	90	90	80	90	90	H1002	
最小		10	10	10	10	10	20	10	10	10	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	20	10	20	30	30	30	H2101	

【備考】
※：砂浜幅によらず、うちあげ高が現況堤防高を超過しない箇所を示す

【備考】
斜字：うちあげ高は、測量地形から作成したモデル断面と10m単位で砂浜幅を増加・減少させた断面を対象に算定するが、斜字部はモデル断面の砂浜幅が必要砂浜幅として設定される場合（モデル断面よりも小さい10m単位の砂浜幅ではうちあげ高が現況堤防高を超過する）を示す



直轄高知海岸における越波防止に必要な砂浜幅の算定結果（南国工区）

表 2.13 うちあげ高を堤防高以下に収めるために必要な砂浜幅の算定結果一覧

	堤防高 (T.P.m)	うちあげ高を現況堤防高以下に収めるために必要な砂浜幅(m)										(参考) 最大包絡	(参考) 最大年
		H1702	H1801	H1901	H2001	H2201	H2212	H2311	H2605	H2712	H2812		
南国工区28-0	10.3	30	40	40	50	40	10	30	※	※	※	50	H2001
南国工区28-4	10.3	40	40	40	50	30	30	30	※	※	30	50	H2001
南国工区28-8	10.3	40	50	50	50	57	50	50	50	50	50	57	H2201
南国工区28-12	10.3	43	40	50	50	48	46	43	50	43	30	50	H1901
南国工区28-16	10.3	40	10	30	30	30	10	30	10	※	20	40	H1702
南国工区28-20	10.3	※	30	30	30	30	10	40	40	30	40	40	H2311
南国工区28-23	10.3	20	30	20	30	※	※	40	※	20	20	40	H2311
南国工区28-24	10.3	30	40	40	50	40	20	40	30	30	※	50	H2001
南国工区28-25	10.3	40	40	42	50	40	40	40	47	40	40	50	H2001
南国工区28-26	10.3	40	50	43	40	45	※	50	42	30	40	50	H1801
南国工区28-27	10.3	20	40	40	30	40	20	40	※	※	※	40	H1801
南国工区28-28	10.3	40	40	40	40	40	※	40	30	※	※	40	H1702
南国工区28-29	10.3	40	40	40	40	30	※	30	10	30	10	40	H1702
南国工区28-30	10.3	30	40	40	30	20	20	30	※	20	30	40	H1801
南国工区28-31	10.3	30	30	40	30	40	40	47	47	40	40	47	H2311
南国工区28-32	10.3	34	40	40	40	50	40	50	40	40	34	50	H2201
南国工区28-33	10.3	30	30	30	30	37	40	40	30	30	40	40	H2212
南国工区28-34	10.3	※	※	※	※	※	10	40	※	30	20	40	H2311
南国工区28-35	10.3	※	40	30	30	20	20	40	10	20	20	40	H1801
南国工区28-36	10.3	※	30	40	30	40	40	40	30	40	40	40	H1901
南国工区28-37	10.3	10	40	30	30	40	40	50	40	40	30	50	H2311
南国工区28-38	10.3	30	30	40	40	30	40	50	40	50	50	50	H2311
南国工区28-39	10.3	40	30	10	20	30	30	30	20	20	20	40	H1702
南国工区28-40	10.3	※	※	20	10	20	※	30	10	10	20	30	H2311
南国工区28-41	10.3	40	30	30	40	50	40	40	20	30	30	50	H2201
合計		668	830	854	870	841	596	984	584	643	654	984	H2311
最大		43	50	50	50	51	50	50	50	50	50	51	H2201
最小		10	10	10	10	20	10	30	10	10	10	30	H2311

【備考】
※：砂浜幅によらず、うちあげ高が現況堤防高を超過しない箇所を示す

【備考】
斜字：うちあげ高は、測量地形から作成したモデル断面と10m単位で砂浜幅を増加・減少させた断面を対象に算定するが、斜字部はモデル断面の砂浜幅が必要砂浜幅として設定される場合（モデル断面よりも小さい10m単位の砂浜幅ではうちあげ高が現況堤防高を超過する）を示す

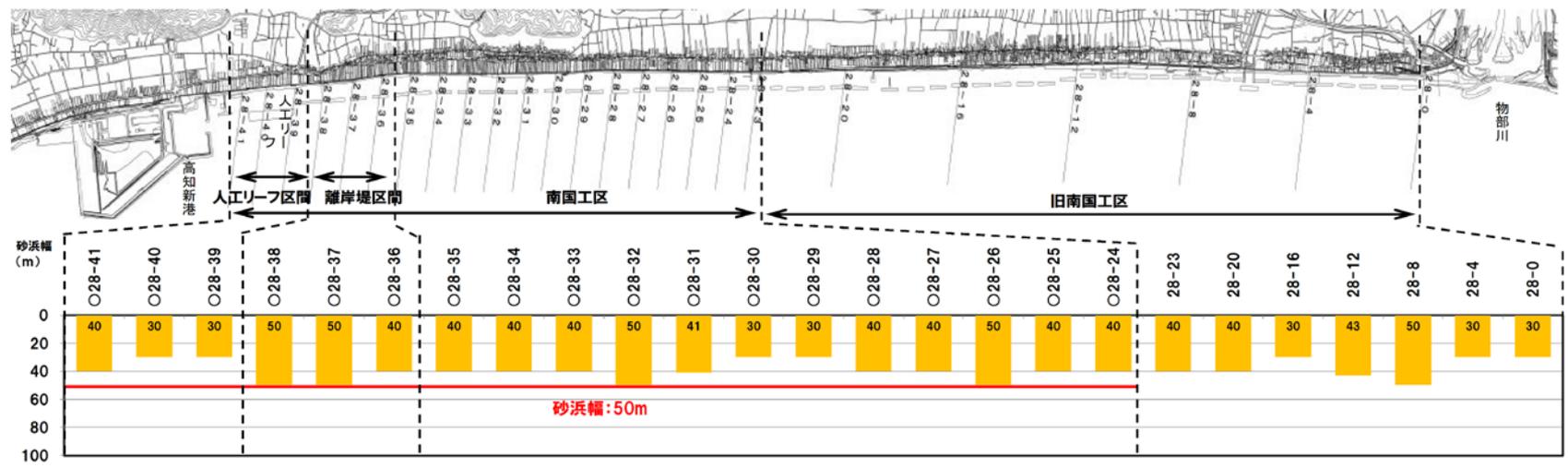


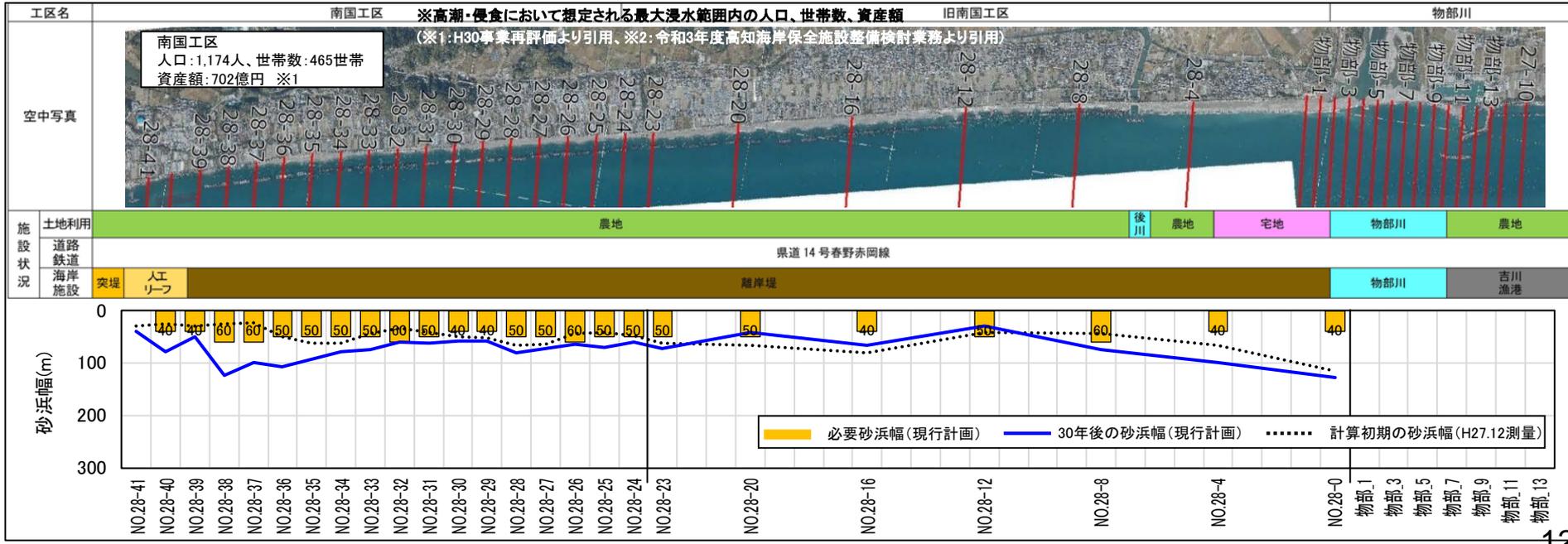
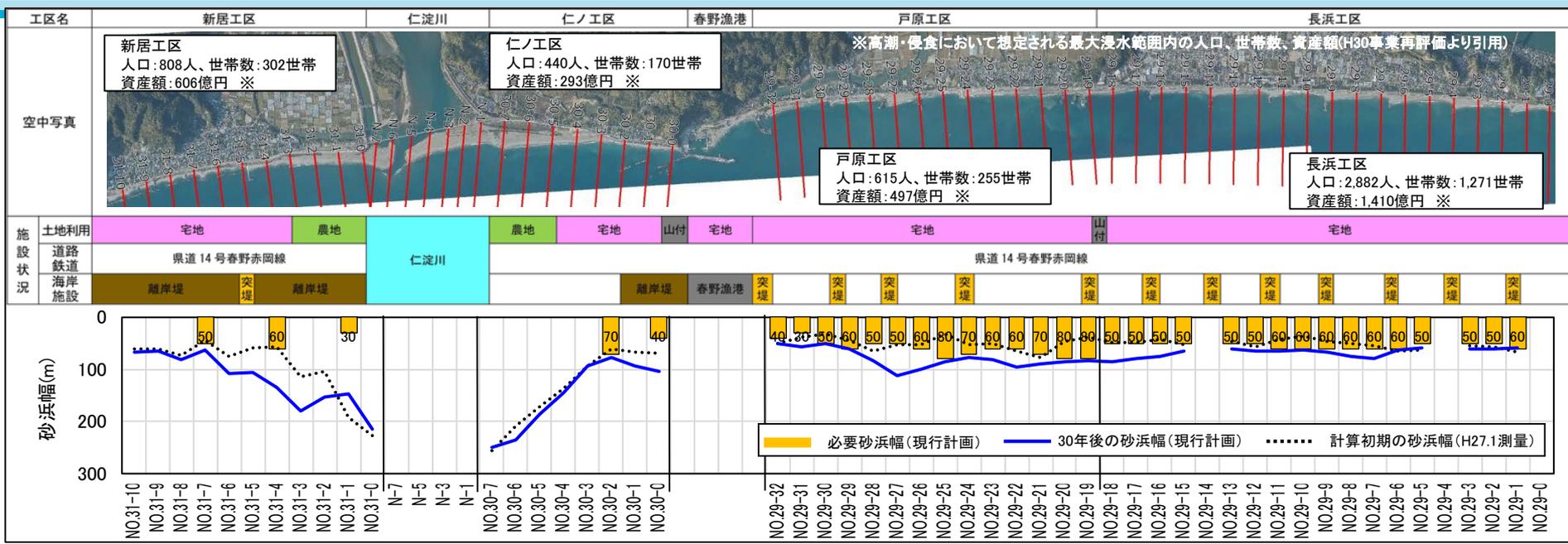
図 2.11 越波防止に必要な砂浜幅の設定結果

高潮・高波に対するハード対策の検討

～直轄高知海岸における事業完了後を
想定した等深線変化解析結果～

事業完了30年後の砂浜幅の予測結果

H29高知海岸保全技術検討委員会資料を基に作成



高潮・高波に対するハード対策の検討

～Bruun則による汀線後退量の算定の考え方～

Bruun則の概要（既往論文の抜粋）

(1) 砂浜侵食モデル

第2～3章で、少なくとも1980年代以降は日本近海において海面は上昇傾向にあり、年平均有義波高は日本海側を中心に減少傾向に、年最大有義波高は東日本を中心に増加傾向にあることが示された。海面上昇と最大波高の増大は砂浜の侵食リスクの増大を意味する。ここでは、得られた結果を用いて、Bruun則（1962）を用いて将来の砂浜侵食量の推定を行った。

Bruun則は簡便で、沿岸漂砂の影響を考慮できない等の制約があるものの（Cooper and Pilkey, 2004）、検証例が多数存在し（例えば、三村ら, 1994）、また、これに代わる長期侵食予測モデルが存在しないことから、現在も多くの研究で用いられている（FitzGerald et al., 2009; Ranasinghe and Stive, 2009）。Bruun則では、汀線付近の断面地形には底質粒径と波浪条件から決定される平衡断面地形が存在すると仮定し、その地形は次式で表される。

$$h_* = Ay^{2/3} \dots\dots\dots (1)$$

h_* は水深、 A は海浜断面係数、 y は沖方向の距離である。 A は砂浜の底質粒径と強い相関があることが指摘されており、Dean（2002）によってその関係性が整理されている。この平衡断面地形は、海面上昇が起きると式（1）の形状を保ちながら海面上昇分上方へ移動するとともに陸側にも移動し、汀線が後退すると仮定されている。この海面上昇量と汀線後退量の関係が導かれた式がBruun則であり、次式で表される。

$$\Delta y / W_* = S / (h_* + B_h) \dots\dots\dots (2)$$

Δy は汀線後退量、 h_* は土砂移動限界水深、 W_* は土砂限界水深までの水平距離、 S は海面上昇量、 B_h はバームの高さを表す。 h_* はHallemeier（1978）による式（3）を用いて算定する。

$$h_* = 2.28 \bar{H}_m - 68.5 \left(\bar{H}_m^3 / g \bar{T}_m^3 \right) \dots\dots\dots (3)$$

\bar{H}_m は年最大有義波高の観測値の平均値、 \bar{T}_m は年最大有義波周期の観測値の平均値、 g は重力加速度を示す。 W_* は、式（1）に粒径により与えられる A と式（3）より算定される h_* を代入して求められる y で与える。 B_h は、武田・砂村（1983）の式を用いて算定する。

$$B_h = 0.125 \bar{H}_b^{5/8} \left(g \bar{T}_s^2 \right)^{3/8} \dots\dots\dots (4)$$

\bar{H}_b は \bar{H}_s に対する碎波波高、 \bar{H}_s は年平均有義波高の観測値の平均値、 \bar{T}_s は年平均有義波周期の観測値の平均値を表す。 \bar{H}_b は砂村（1983）の式（5）により算定する。

$$\bar{H}_b / \bar{H}_s = (\tan \alpha)^{0.2} (\bar{H}_s / \bar{L}_s)^{-0.25} \dots\dots\dots (5)$$

$\tan \alpha$ は海底勾配、 \bar{L}_s は年平均有義波波長を表す。年平均有義波波長は年平均有義波周期の観測値の平均値から求めた。

以上より、砂浜の粒径、海底勾配、波浪条件から侵食量を推定することができる。

※出典 須川ら（2011）：海面上昇に伴う全国砂浜侵食量の推定，土木学会論文集B2（海岸工学），Vol. 67, No.2, 2011, I_1196-I_1200.

Bruun則による汀線後退量の算定の考え方

波浪条件の設定

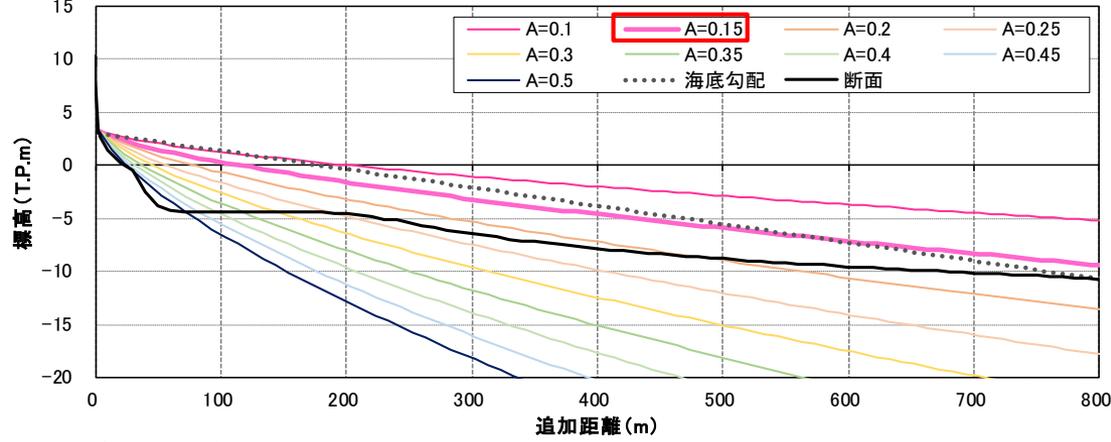
- 戸原波浪観測所の毎正時データ(H9～R4)を基に、汀線後退量算定に必要な有義波諸元(年最大・年平均値)を整理

年度		有義波高 (m)		有義波周期 (s)	
		年最大	年平均	年最大	年平均
H9	1997	7.24	0.86	12.10	7.93
H10	1998	7.33	0.78	11.90	7.30
H11	1999	5.71	0.77	11.50	7.16
H12	2000	4.51	0.77	9.30	7.47
H13	2001	5.10	0.71	12.80	7.35
H14	2002	4.85	0.82	13.00	7.41
H15	2003	9.00	0.80	15.70	7.46
H16	2004	7.76	0.86	14.60	7.83
H17	2005	9.53	0.74	14.30	7.32
H18	2006	5.85	0.83	10.20	7.68
H19	2007	8.22	0.76	12.90	7.37
H20	2008	4.53	0.65	15.50	7.59
H21	2009	6.08	0.75	17.30	7.69
H22	2010	4.40	0.74	9.40	7.30
H23	2011	6.93	0.81	13.30	7.57
H24	2012	6.58	0.82	16.10	7.70
H25	2013	8.97	1.25	16.20	8.16
H26	2014	8.05	0.81	11.96	7.57
H27	2015	6.79	0.83	14.30	7.95
H28	2016	4.62	0.78	12.30	7.60
H29	2017	5.45	0.69	10.20	7.60
H30	2018	8.93	0.86	13.70	8.04
R1	2019	6.42	0.81	11.40	7.72
R2	2020	6.43	0.70	12.10	7.45
R3	2021	5.56	0.79	9.90	7.54
R4	2022	7.06	0.71	12.20	7.41
平均値		6.61	0.80	12.85	7.58

海浜断面係数の設定

- 計画断面(新居～長浜工区:平成20年1月測量、南国工区:平成23年11月測量、香南市海岸:令和3年1月)を基に、測線毎に海底勾配(バーム高～移動限界水深までの勾配)を整理
- 海浜断面係数は、測線毎の海浜勾配と海浜断面係数を変化させた勾配を比較し、同様の勾配となる値を設定

香南市海岸 (No.25-2)



仁ノ工区 (No.30-3)

