

第1回検討委員会における主な意見と対応

令和7年9月2日

福井県



第1回検討委員会における主な意見と対応

項目	意見	対応
海岸保全基本計画を変更する背景	資料-1 p.5, 6に記載されている「台風の強化」の文言は、「台風の強大化」の方が適切だと考える。	・「台風の強大化」に文言を修正 →資料-2 第2回福井県海岸保全基本計画検討委員会 p.5、6
気候変動を踏まえた計画外力の検討	周期の算定に関する記載については、参考資料でもよいので、もう少し説明があった方がよいと考える。	・計画波浪の周期の検討内容を、参考資料に追加 →資料-2 第2回福井県海岸保全基本計画検討委員会 p.79
気候変動を踏まえた防護水準の検討	沖合施設がない箇所、現況天端高よりも必要天端高が高くなる箇所は、今後どのように対応していくのか。	・具体の整備内容については、今後、各海岸管理者が整備計画を策定する際に定める予定 ・海岸保全基本計画の本文には、嵩上げだけでなく、沖合施設や養浜を含めた面的防護など、複合的に対応していく旨を記載 →資料-2 第2回福井県海岸保全基本計画検討委員会 p.65
	沖合施設を考慮した場合、必要天端高が下がることを考慮すると、津波で必要天端高が決まる箇所も出てくるという理解でよいのか。	・設計津波水位の検討を別途実施中であり、検討が終わり次第、再度確認予定
海岸保全基本計画の変更方針	養浜の考え方と併せて、堆積土砂などの不要な砂をどうしていくのかも検討をお願いしたい。	・現状では、漁港や港湾において浚渫した土砂を、砂浜へ戻す等の施策を実施 ・海岸保全基本計画の本文には、今後も地域の実情に応じた対策を講じていく旨を記載 →資料-2 第2回福井県海岸保全基本計画検討委員会 p.68
	現行の計画では、「環境・利用への配慮」という表現になっており、防護優先の整備にならないかが懸念されるため、積極的な表現を入れることが望ましい。	・海岸保全基本計画の本文の表現について検討する →資料-2 第2回福井県海岸保全基本計画検討委員会 p.70
その他	検討委員会の資料は非公表となっているが、どこかのタイミングで、色々な方の目に触れるようにした方が、計画変更に関する理解が進むと感じる。	・第3回の検討委員会後にパブリックコメント、関係市町への意見照会、海岸管理者への意見照会を実施予定 ・計画変更に関する内容をホームページで公表予定
	環境や利用を重要視している海岸、砂浜に対して、海面水位が上昇した場合の、侵食量や砂浜の面積の減少量を試算しておいた方がよいと考える。	・海面上昇による汀線後退量の算出(Bruun則)し、第2回検討委員会で提示

海面上昇による汀線後退量の算出 (Bruun則)

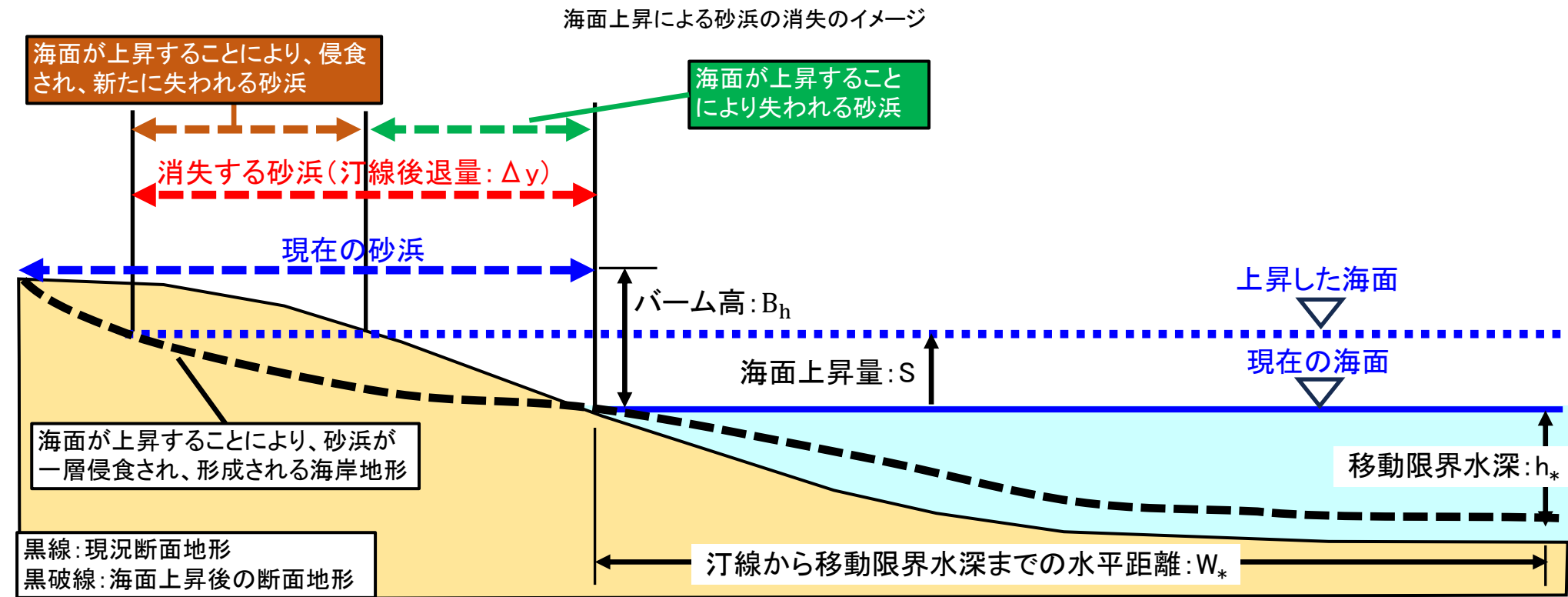
1) Bruun則の手法

➤ 気候変動による海面上昇が海岸へ及ぼす影響の1つとして、汀線が後退し、多くの砂浜が消失することが予測されている。砂浜には、平衡断面形状があり、この形状を保つように地形が変化するため、海面水位が上昇した場合の汀線後退量は大きくなる。

Bruun則による汀線後退量の計算条件

式(1) $h = Ay^{2/3}$ h : 水深 (m), A : 海浜断面係数 ($m^{1/3}$), y : 岸沖方向距離 (m)

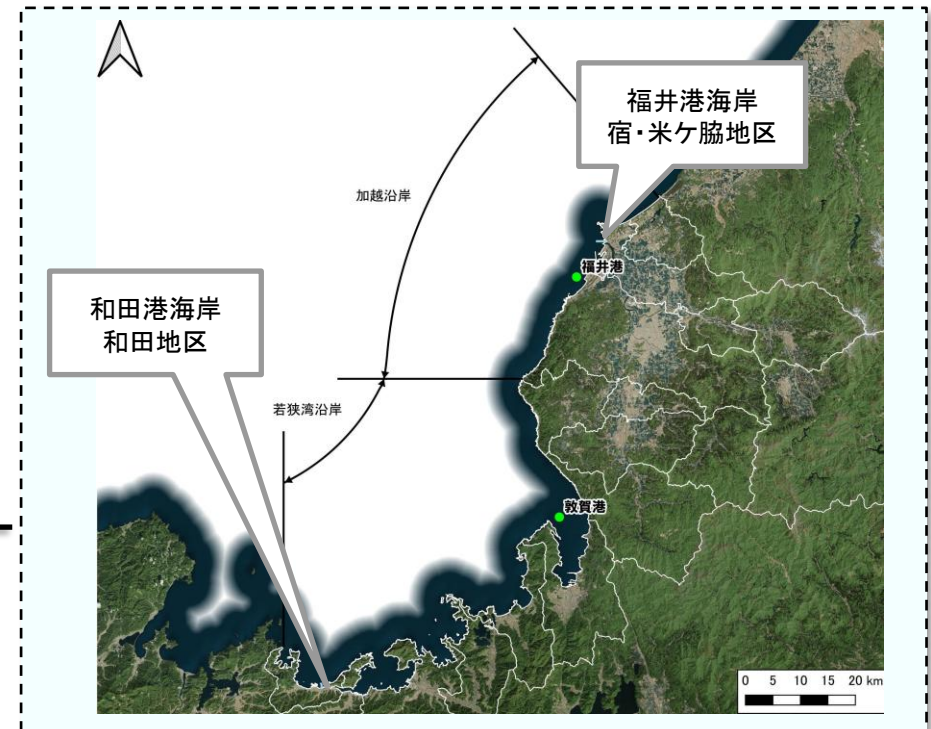
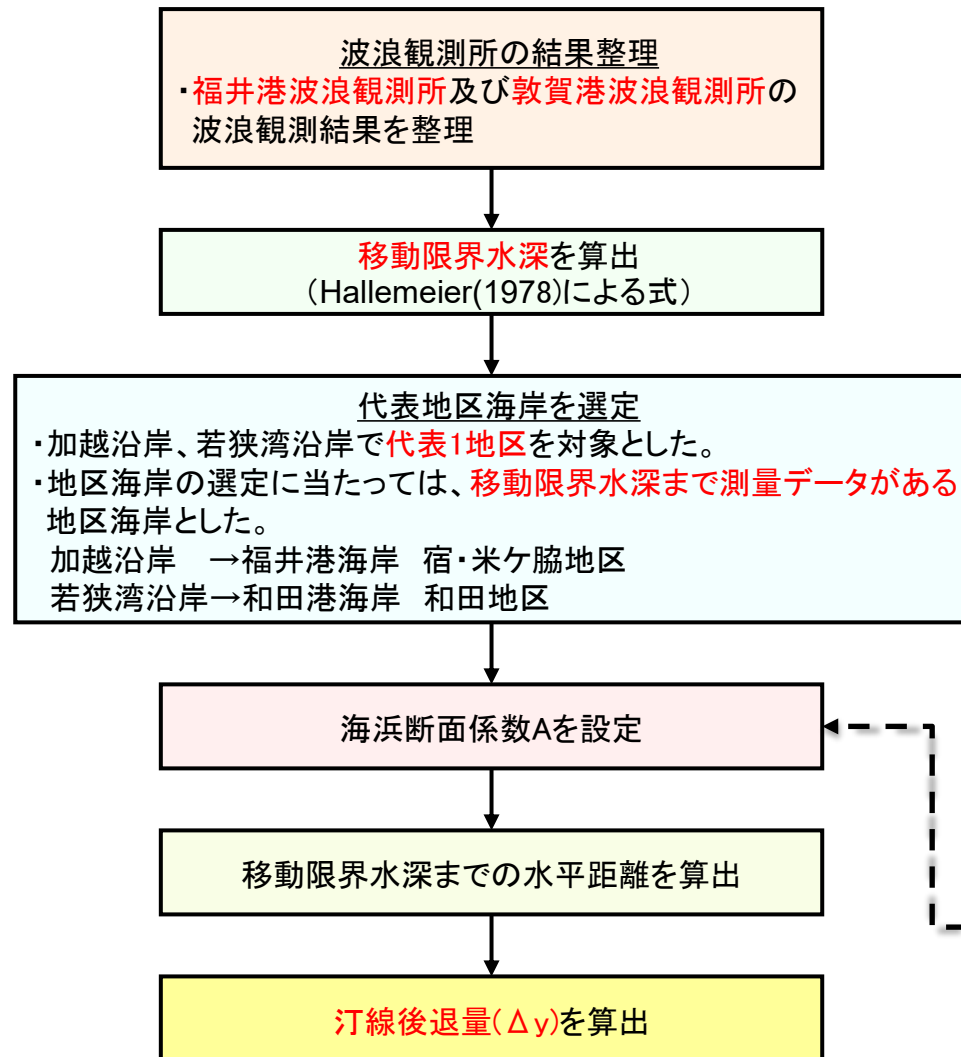
式(2) $\frac{\Delta y}{W_*} = -\frac{S}{h_* + B_h}$ S : 海面上昇量 (m), Δy : 汀線後退量 (m), h_* : 移動限界水深 (m), W_* : 汀線から移動限界水深までの水平距離 (m), B_h : バーム高



海面上昇による汀線後退量の算出(Bruun則)

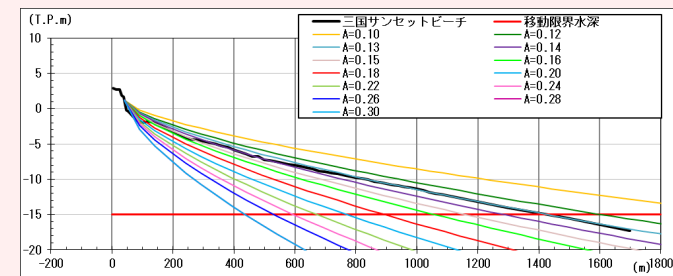
2) 汀線後退量の算出手順

➤ 以下のフローに沿って、汀線後退量を算出した。



■ 海浜断面係数の設定

→ 移動限界水深までの深浅測量を最も近似できる係数を抽出



海面上昇による汀線後退量の算出(Bruun則)

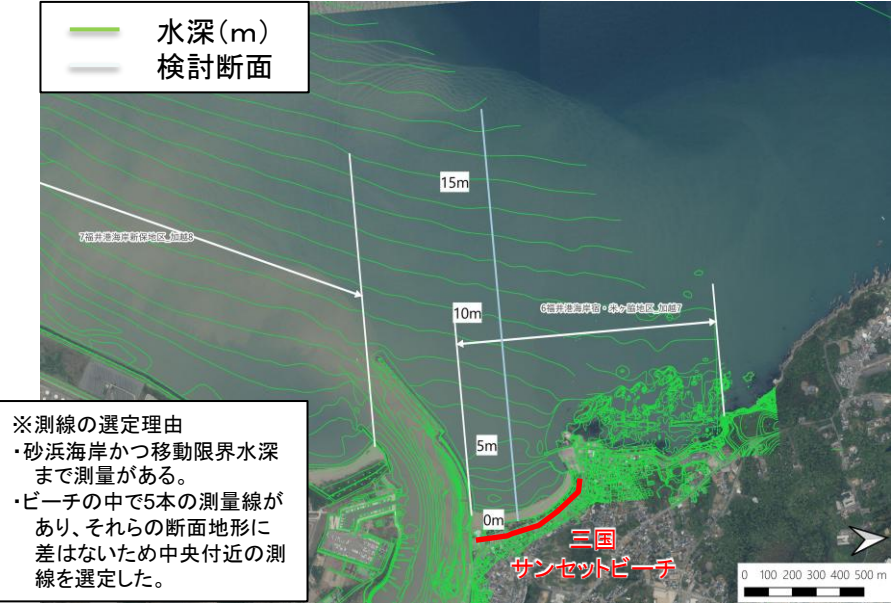
3) 汀線後退量の結果（加越沿岸：福井港海岸宿・米ヶ脇地区）

- 検討対象海岸は、加越沿岸において移動限界水深付近までの海底地形の測量データが存在する、福井港海岸宿・米ヶ脇地区の三国サンセットビーチとした。
- 福井港波浪観測所の観測データをもとに年平均波、年最大波を算出し、2100年時点における汀線後退量を算出した。
- その結果、海面上昇による汀線後退量は23.8mとなった（現況砂浜幅約45m）。

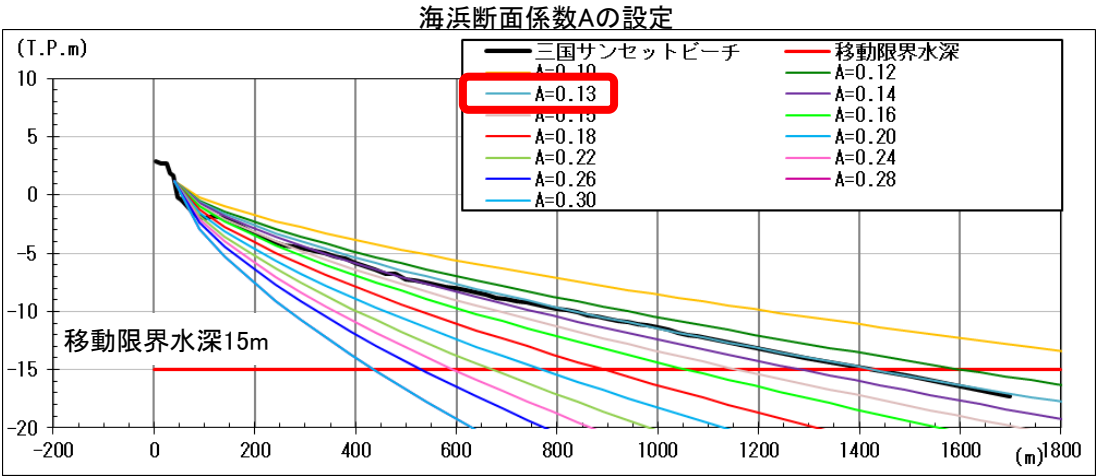
汀線後退量算定諸元

	年平均波					年最大波				汀線後退量の算定						
	年平均有義波高の観測値の平均値	変化量を考慮した年平均有義波高	2100年までの年平均有義波高変化量	年平均有義波周期の観測値の平均値	年平均有義波長	年最大有義波高の観測値の平均値	変化量を考慮した年最大有義波高	2100年までの年最大有義波高の変化量	年最大有義波周期の観測値の平均値	Hsに対する砕波波高	バームの高さ	移動限界水深	移動限界水深までの距離	海面上昇量	海浜断面係数	汀線後退量
	Hs	Hs	△Hs	Ts	Ls	Hm	Hm	△Hm	Tm	Hb	Bh	h*	W*	S	A	
	(m)	(m)	(m)	(sec)	(m)	(m)	(m)	(m)	(sec)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		
三国サンセットビーチ	1.13	0.90	-0.23	6.1	57.48	6.76	7.50	0.74	11.2	1.04	1.17	15.0	1239.4	0.31	0.13	-23.8

代表地区海岸平面図



※2℃上昇シナリオの海面上昇量を採用



海面上昇による汀線後退量の算出(Bruun則)

3) 汀線後退量の結果（若狭湾沿岸：和田港海岸和田地区）

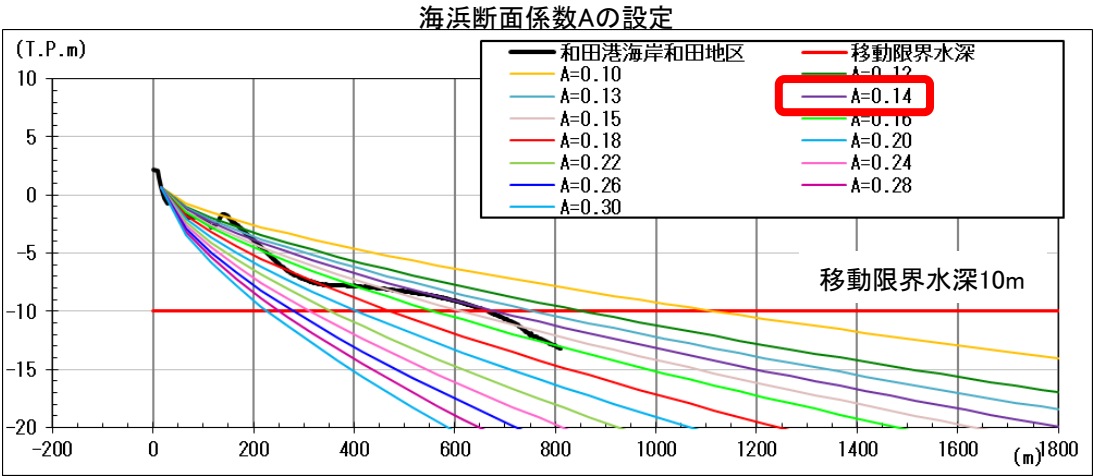
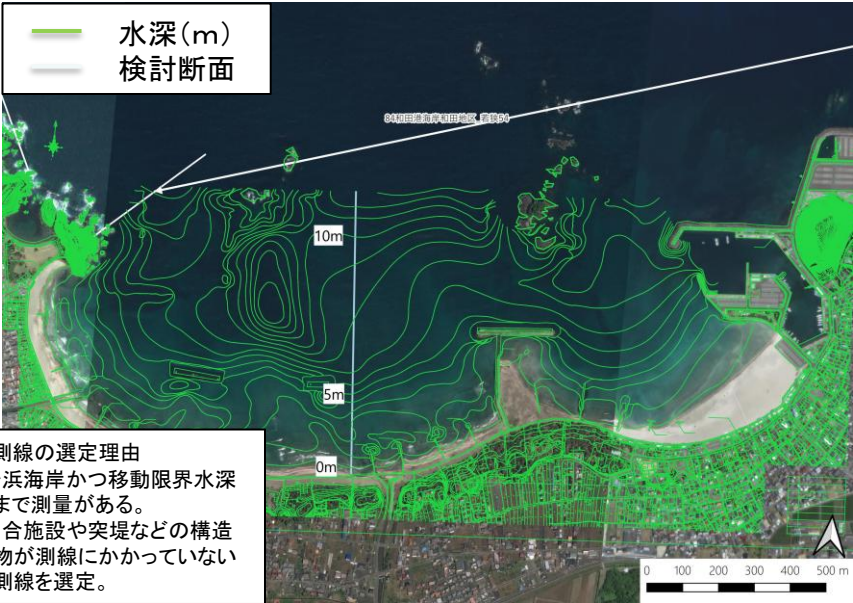
- 検討対象海岸は、若狭湾沿岸において海底地形の測量が移動限界水深付近までされている、和田港海岸和田地区とした。
- 敦賀港波浪観測所の観測データをもとに年平均波、年最大波を算出し、2100年時点における汀線後退量を算出した。
- その結果、海面上昇による汀線後退量は17.6mとなった（現況砂浜幅約20m）。

汀線後退量算定諸元

	年平均波					年最大波				汀線後退量の算定							汀線後退量
	年平均有義波高の観測値の平均値	変化量を考慮した年平均有義波高	2100年までの年平均有義波高変化量	年平均有義波周期の観測値の平均値	年平均有義波長	年最大有義波高の観測値の平均値	変化量を考慮した年最大有義波高	2100年までの年最大有義波高の変化量	年最大有義波周期の観測値の平均値	Hsに対する砕波波高	バームの高さ	移動限界水深	移動限界水深までの距離	海面上昇量	海浜断面係数		
	Hs	Hs	△Hs	Ts	Ls	Hm	Hm	△Hm	Tm	Hb	Bh	h＊	W＊	S	A		
	(m)	(m)	(m)	(sec)	(m)	(m)	(m)	(m)	(sec)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)			
和田港海岸和田地区	0.60	0.37	-0.23	5.7	50.15	4.23	4.97	0.74	9.2	0.56	0.75	10.2	623.7	0.31	0.14	-17.6	

代表地区海岸平面図

※2℃上昇シナリオの海面上昇量を採用



観測有義波諸元

福井港波浪観測所

年	波高		周期	
	年最大有義波高 Hm(m)	年平均有義波高 Hs(m)	年最大有義波周期 Tm(s)	年平均有義波周期 Ts(s)
2005年	7.00	1.72	11.6	6.59
2006年	5.85	1.05	10.1	6
2007年	8.09	1.04	12.6	5.6
2008年	6.33	1.06	10.9	6.18
2009年	5.93	1.11	10.5	6.66
2010年	6.56	1.1	10.8	6.1
2011年	5.70	1.11	10.5	6.1
2012年	8.83	1.16	13.2	6.28
2013年	6.67	1.19	10.2	6.05
2014年	7.33	1.1	11.7	6.25
2015年	6.95	1.1	10.9	5.91
2016年	7.10	1.02	10.7	5.52
2017年	6.49	1.22	10.5	5.55
2018年	6.56	1.11	10.7	6.01
2019年	5.55	1.04	12.2	6.46
2020年	6.99	1.11	11.4	6.41
2021年	7.25	1.13	11.4	5.84
2022年	6.71	1.06	11.5	5.98
2023年	6.53	1.01	11.2	5.77
平均	6.76	1.13	11.19	6.07

敦賀港波浪観測所

年	波高		周期	
	年最大有義波高 Hm(m)	年平均有義波高 Hs(m)	年最大有義波周期 Tm(s)	年平均有義波周期 Ts(s)
2005年	1.47	0.23	6.8	4.54
2006年	1.54	0.25	5.6	5.68
2007年	1.69	0.25	5.3	4.43
2008年	1.51	0.22	5.7	5.82
2009年	1.46	0.24	5.1	5.47
2010年	4.64	0.35	9.8	5.16
2011年	4.09	0.61	9.2	5.55
2012年	5.80	0.82	11.9	5.7
2013年	5.65	0.86	10.8	6.07
2014年	5.90	0.74	10.2	5.99
2015年	4.71	0.78	10.9	5.83
2016年	5.38	0.71	10.8	5.57
2017年	4.75	0.83	10.2	5.84
2018年	5.21	0.78	10.4	5.82
2019年	4.08	0.73	10.5	6.06
2020年	5.93	0.79	10.8	6.13
2021年	5.93	0.8	9.8	6.22
2022年	5.71	0.78	10.8	6.57
2023年	4.88	0.72	9.9	5.36
平均	4.23	0.60	9.18	5.67

※既往論文において、福井県沿岸での年平均有義波高は0.81～1.01m、年最大有義波高は6.01～8.00mと推定されており、本検討の値と概ね一致していることを確認。

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,I 1196-I 1200.

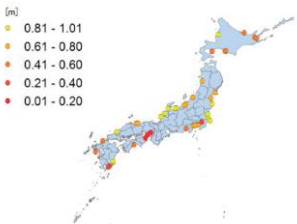


図-13 推定対象海岸の年平均有義波高 (NOWPHAS)

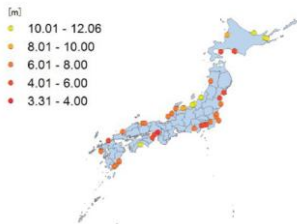


図-14 推定対象海岸の年最大有義波高 (NOWPHAS)

既往論文による福井県沿岸での年平均・年最大有義波高

- 汀線後退量の算定には、論文に記載の数式を用いて算出した。
- 年平均有義波高と年最大有義波高の上昇量は、論文に記載の100年あたりの上昇量値を採用した。なお、本検討では2023年までの波高観測データを整理したため、上昇量は2100年までの77年で按分して設定した。

I_1198 土木学会論文集B2 (海岸工学), Vol. 67, No. 2, 2011

図-8 全国の年平均有義波高トレンド分布

図-9 全国の年最大有義波高トレンド分布

全地点のトレンド平均は0.96 cm/yearであった。以上より、少なくとも最近の十数年は日本周辺の年最大波高が増大していたと考えられる。

4. 全国の砂浜侵食量の推定

(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。

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

h_s 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おり、この平衡断面地形は、海面上昇が起ると式 (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。

$$\Delta y / W_s = S / (h_s + B_s) \dots\dots\dots (2)$$

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

$$h_s = 2.28 \bar{H}_m - 68.5 \left(\bar{H}_m^3 / g T_p^2 \right) \dots\dots\dots (3)$$

$\bar{H}_m$ は年最大有義波高の観測値の平均値、 T_p 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_s 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_s を代入して求められる y で与える。 B_s は、武田・砂村 (1983) の式を用いて算定する。

$$B_s = 0.125 \bar{H}_m^{3/8} (g T_p^2)^{3/8} \dots\dots\dots (4)$$

$\bar{H}_m$ 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、 T_p は年平均有義波周期の観測値の平均値を表す。 $\bar{H}_m$ は砂村 (1983) の式 (5) により算定する。

$$\bar{H}_m / \bar{H}_s = (\tan \alpha)^{0.2} (\bar{H}_s / L_o)^{4.25} \dots\dots\dots (5)$$

$\tan \alpha$ は海底勾配、 L_o は年平均有義波長を表す。年平均有義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。

(2) 計算条件

推定対象とする砂浜としては、清水ら (1998) の海浜変形事例文献リスト記載の論文のうち、海岸の海底勾配および底質粒径のいずれについても記載がある計42の砂浜を選定した (図-10、図-11)。

推定に用いる海面上昇量として、NPOGCMによって予測されたAIBシナリオにおける21世紀末 (2081～2100年) までの海域別平均海面上昇量に、氷河・氷床融解等による全雪氷圏の海面上昇への寄与量 (1993～2003年) の中央値平均 (1.2 mm/year; IPCC, 2007) を加えた値を使用する (図-12)。平均海面上昇量とは、1981年から2000年までの平均海面に対する、NPOGCMによる1981

海面上昇に伴う全国砂浜侵食量の推定 I_1199

図-10 推定対象海岸の海底勾配分布

図-11 推定対象海岸の底質粒径分布

図-12 推定対象海岸の海面上昇量 (NPOGCM + 降水寄与量)

図-13 推定対象海岸の年平均有義波高 (NOWPHAS)

図-14 推定対象海岸の年最大有義波高 (NOWPHAS)

図-15 Bruun則による21世紀末の砂浜侵食量推定結果

年から2100年の将来予測の一次回帰分析によって求められた100年あたりの変化量である。

波浪データとしては、ナウファスの観測データを用いて、農林水産省構造改善局 (1990) の77の沿岸区分に対してそれぞれ波浪条件を与えた。決定方法は幾世橋ら (1995) と同様に、各沿岸区分内の観測地点でのデータから年平均有義波高、年平均有義波周期、年最大有義波高、年最大有義波周期の観測値の平均値を計算し、これらに波浪のトレンド値から求めた100年あたりの変化量

(年平均有義波高-29.7cm/100years、年最大有義波高95.8cm/100years)を加えた値を用いた (図-13、図-14)。区域内に観測地点が存在しない場合は、隣接する区域の観測地点におけるデータで代用した。

(3) 推定結果

Bruun則を用いて推定した21世紀末の日本全国の侵食量分布を図-15に示す。対象海岸における推定後退量は、7.8～68.1 mであった。粒径が小さい地点では侵食量が大きくなった。ここで推定対象とした海岸の平均侵食量は