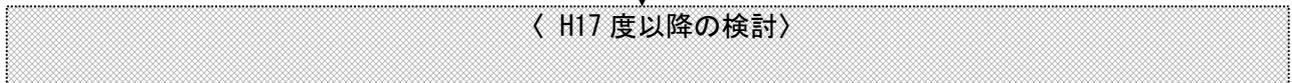
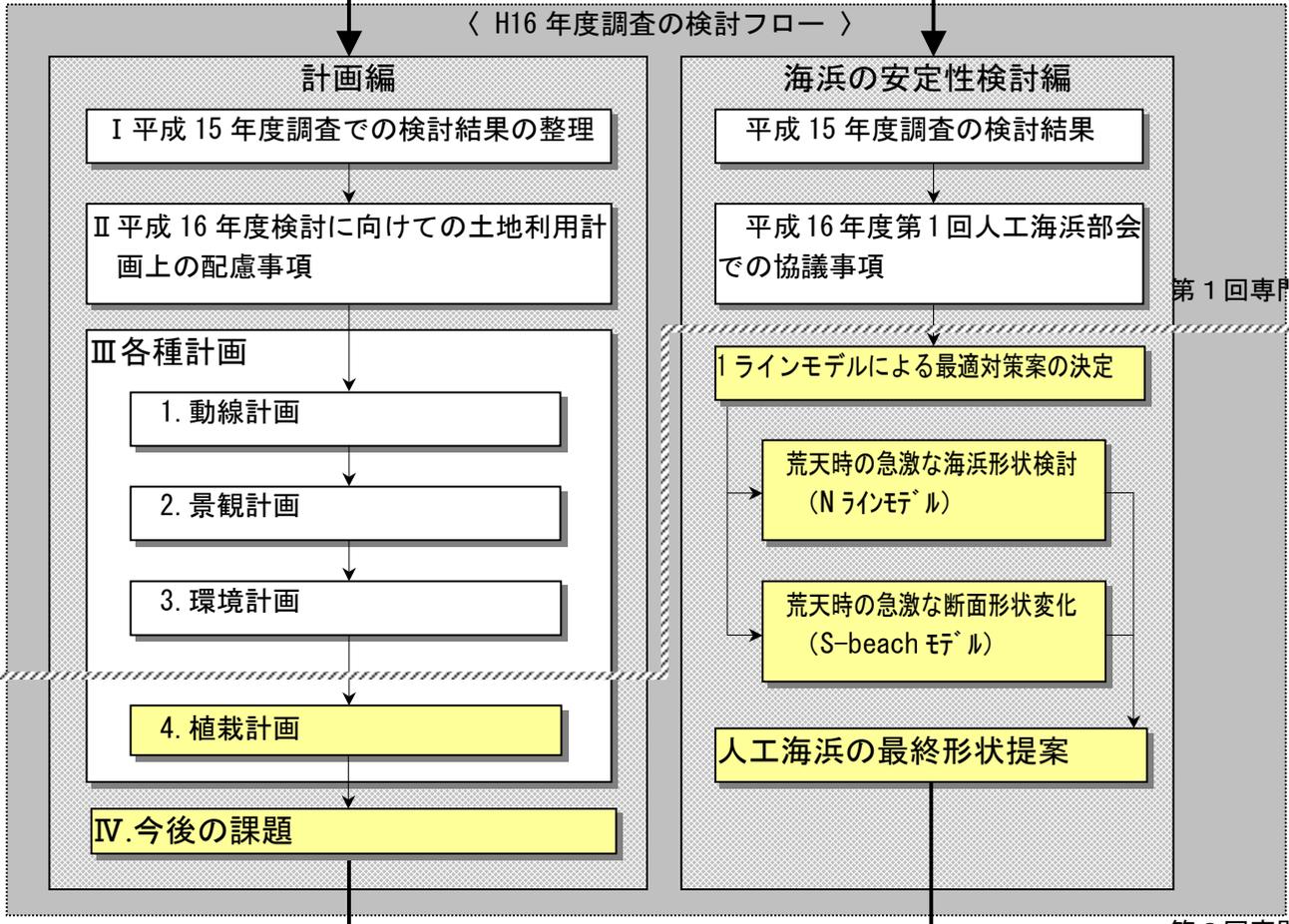
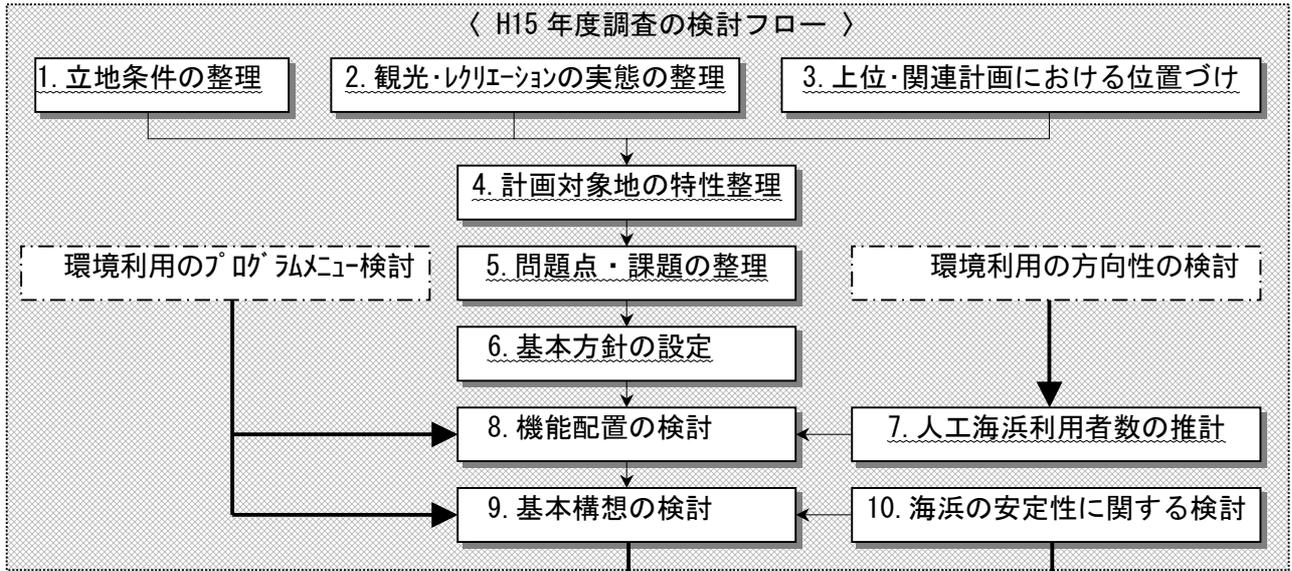


中城湾港泡瀬地区環境保全・創造検討委員会
第2回 人工海浜専門部会

海浜安定の検討について

平成17年2月17日

内閣府沖縄総合事務局開発建設部
沖縄県土木建築部
沖縄市東部海浜開発局
(財)港湾空間高度化環境研究センター



第 2 回専門部会の検討範

目 次

1 . 当初計画での検討（問題点）	1
2 . 人工海浜の基本形状変更	2
3 . 人工海浜の安定形状確定	3
4 . 汀線形状の季節変動に関する検討	6
5 . 高波浪時に生じる一時的に大きな変動評価（Nラインモデル）	8
6 . 高波浪時に生じる一時的に大きな変動評価（断面変化モデル）	10
7 . 離岸堤・中突堤案などを用いた海浜安定の検討	13

付属資料

・ 参考資料

人工海浜の平面形状検討

泡瀬地区の人工海浜の安定形状は、汀線変化予測による長期的な安定形状検討、等深線（Nライン）変化モデルによる高波浪時の前浜安定形状の検討、断面変化モデルによる高波浪時の断面変化の予測検討を組み合わせることによって検討を行なう。

1.当初計画での検討(問題点)

湾内のホワイトビーチ・久場海岸を対象として汀線変化モデルの適用性を検証した後に初期計画形状を対象として安定汀線形状を予測(図-1 参照)。

- A) 計画汀線に対して波浪が斜めに入射するため、当初計画のような形状では安定しない。
- B) 海浜の端部に配置される突堤の規模が小さいことから、突堤先端を回り込んで土砂が流出する。

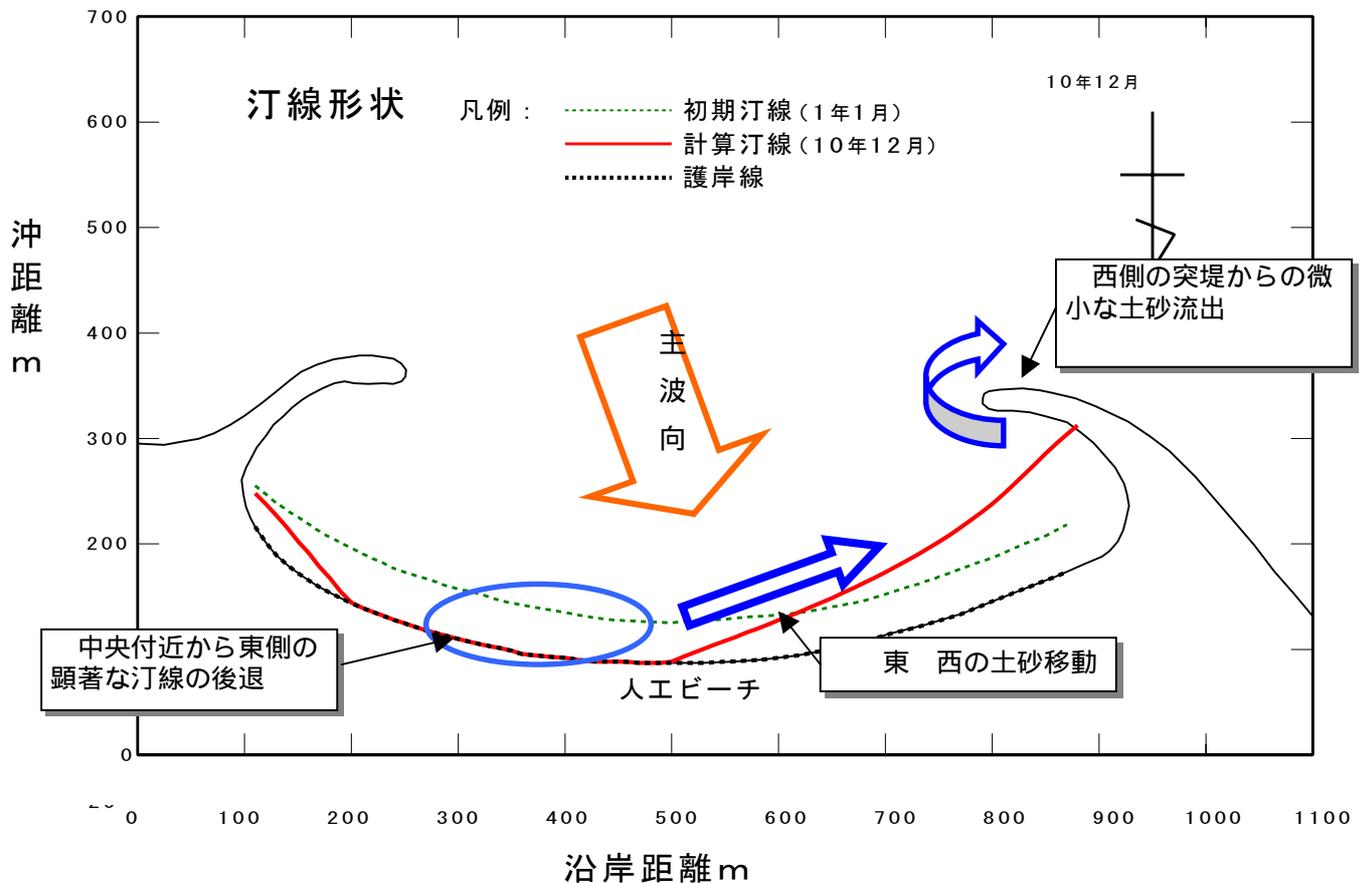


図-1 当初平面計画での安定汀線形状

2.人工海浜の基本形状変更

可能な限り幅広い砂浜を維持し，多様な利用空間を創造することを前提条件として，対象域における安定海浜を目指すための方策を抽出する．

- A) 背後護岸を含めた海浜の全体形状を，汀線形状と卓越波向が直行するように変更する． 埋め立て計画の変更が必要，実質的に不可能．
- B) 人工海浜の前面に島堤を配置し，遮蔽域の効果により汀線形状を制御（図-2 参照）． 単純に離岸堤による波浪制御だけでなく，斜め入射に対する検討も必要．
- C) あらかじめ斜め入射を想定して，安定海浜（シルベスターによる対数螺旋曲線海浜：図-3 参照）を目指す． これを基本形として詳細検討を行なう

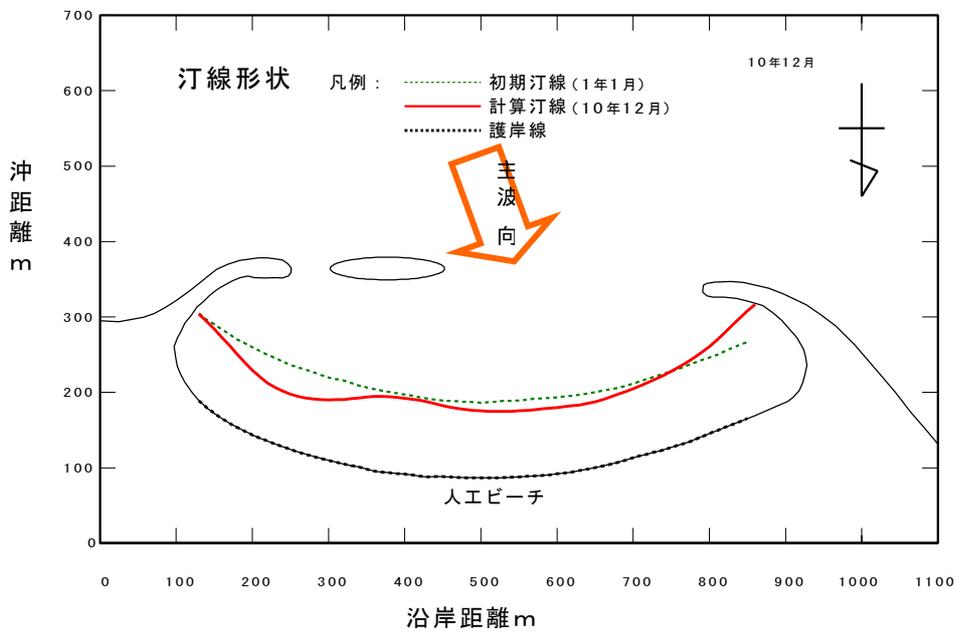


図-2 島堤による海浜安定化方策

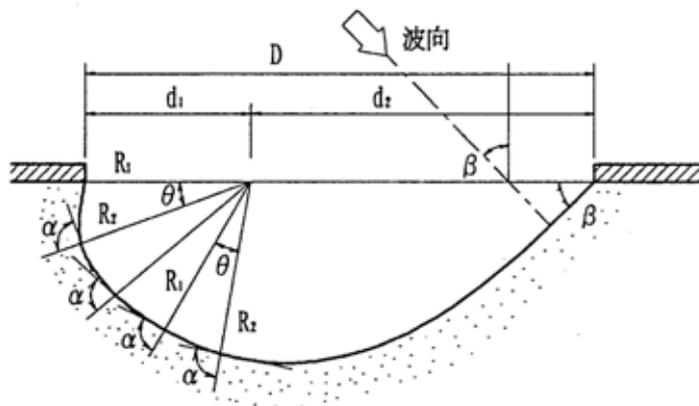


図-3 Silvester による安定海浜（対数螺旋曲線海浜）の模式図・諸元

3.人工海浜の安定形状確定

当初計画の海浜に対して、東側からの波浪が卓越していることから、あらかじめこの波向に対して安定する海浜安定化工法の考えを導入。以下の手順で検討する。

- A) 東突堤を対数螺旋の視点と考え、西突堤は螺旋終端部の土砂流出防止機能を期待する（安定化工法基本形状による検討：西突堤延長 250m：図-4 参照）。 **土砂流出 (1,000m³)** あり。
- B) 西突堤の延長調節により西側海域への土砂流出防止、西側突堤延長を確定する（図-5 参照：西突堤延長 270m）。 **東突堤背後の凹形状**を調整する必要あり。
- C) 西突堤の形状変更による汀線形状の最終調整（平滑化：図-6 参照）。

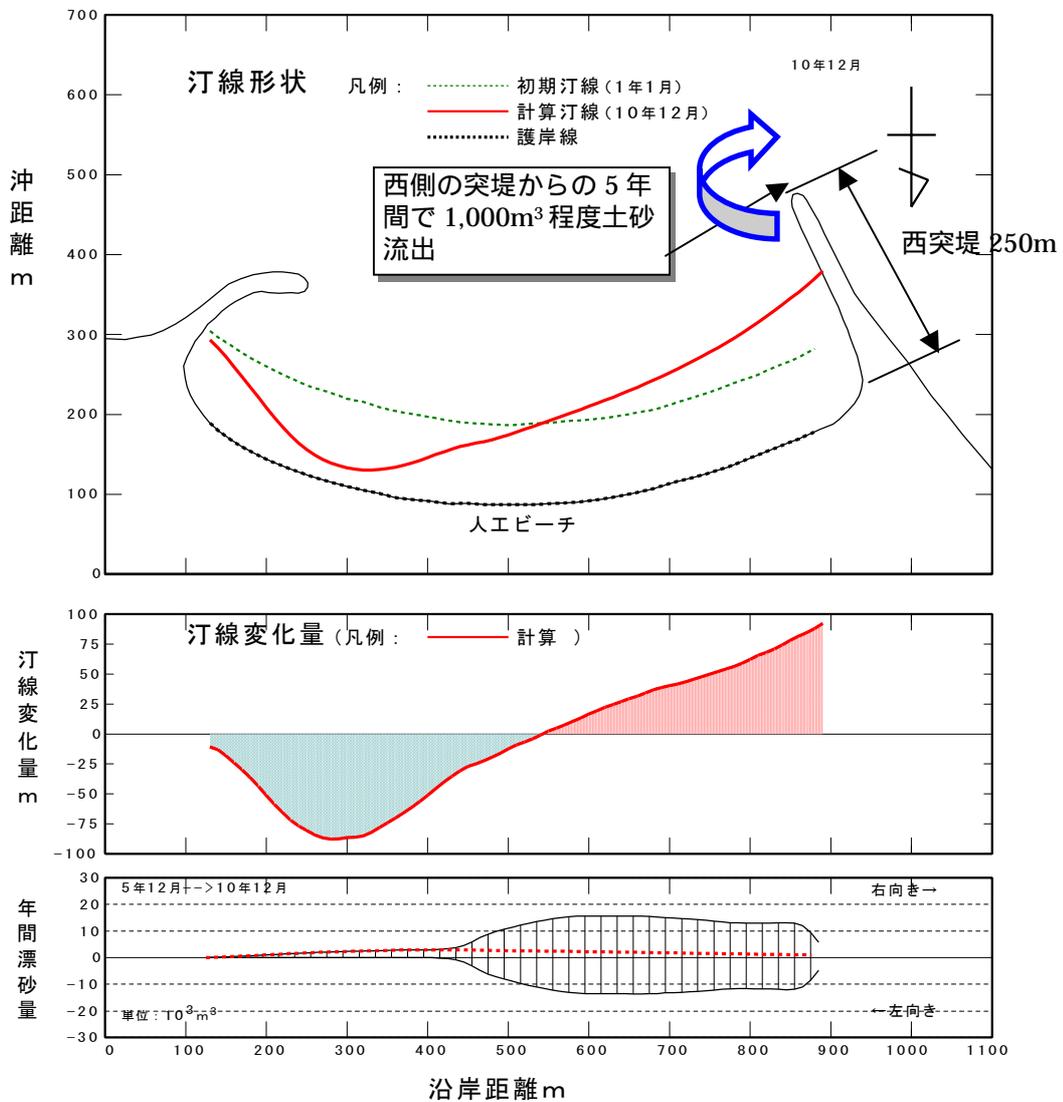


図-4 対数螺旋による海浜安定化方策検討結果

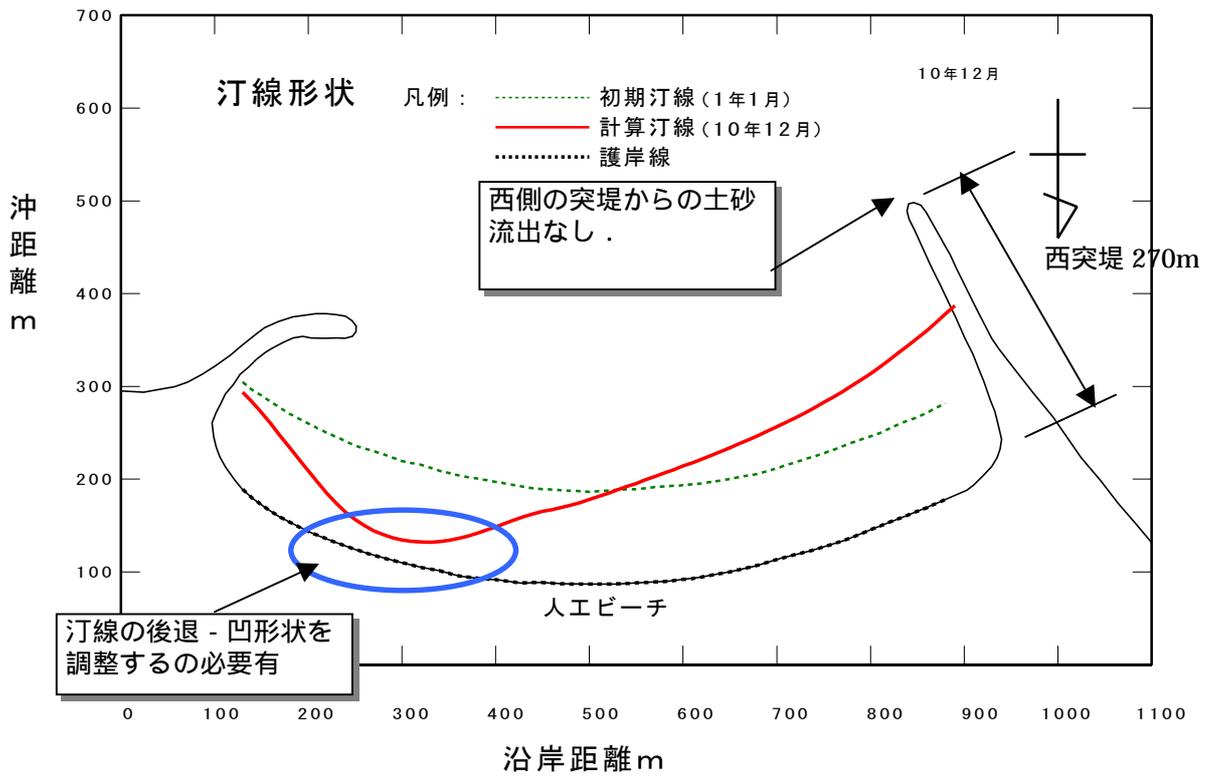


図-5 (1) 西突堤の流出防止対策検討結果

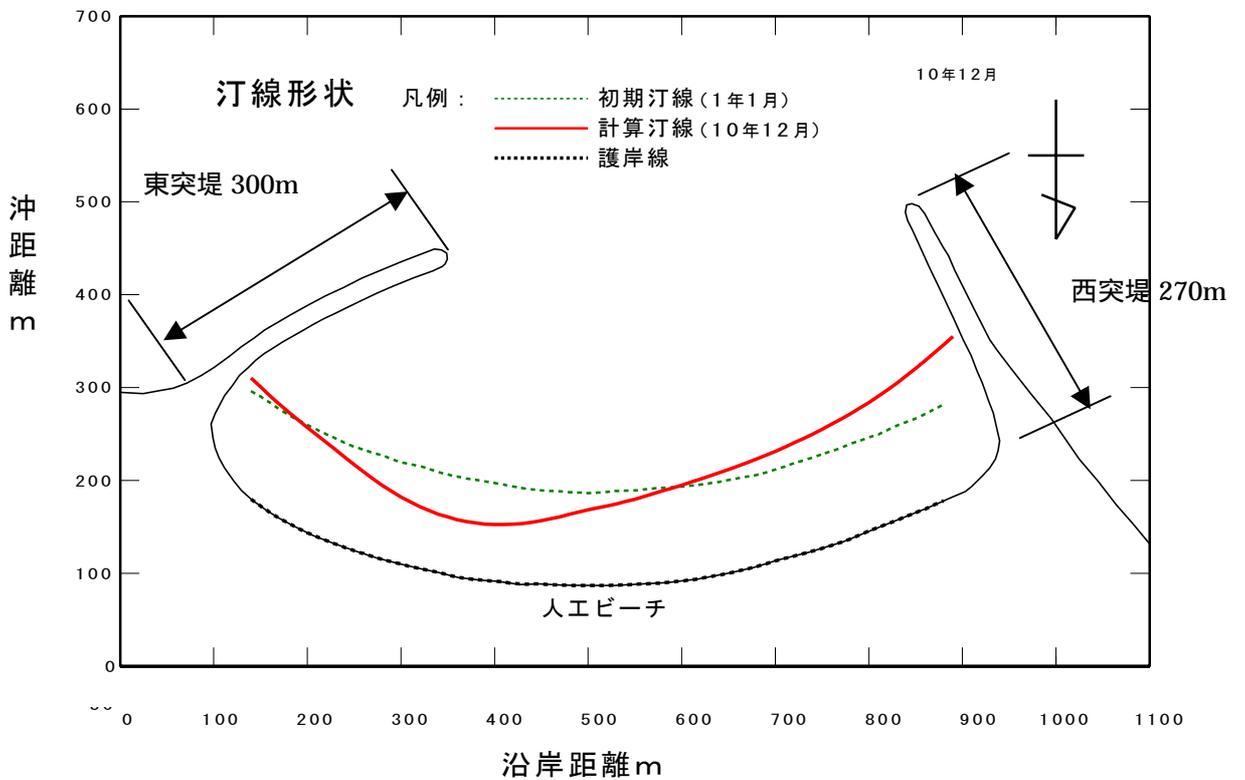


図-5 (2) 西突堤の流出防止対策検討結果

4.汀線形状の季節変動に関する検討

波浪の出現状況により海浜は刻々形状を変化させている。特に季節別の波浪特性の変化に強く影響を受けることから、汀線変化モデルによる計算時に月別の波向出現頻度を考慮することにより汀線形状の季節変動を評価した。

- 中城湾港では、夏季は冬季に比べて南よりの波浪が多く出現し、冬季には東よりの波浪が卓越する。その結果汀線形状は、図中の↓を節とした振動が生じ、↓付近の変動が大きい。変動幅は最大で10mとなる（図-7 参照）。
- 代表的な位置での変動として、季節ごとの周期的な変動が生じていることが確認できる（図-8 参照）。

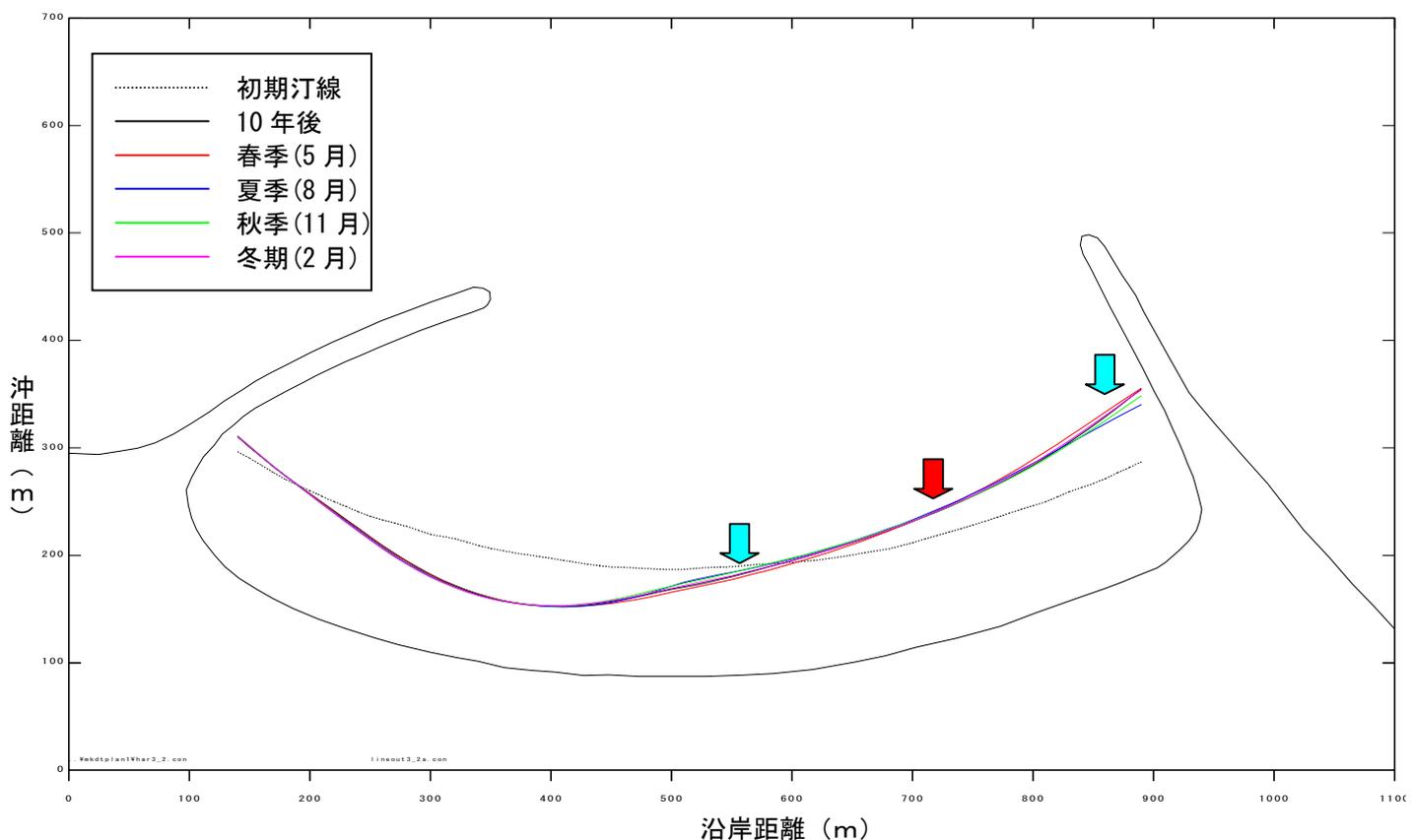


図-7 汀線形状の季節変動予測結果

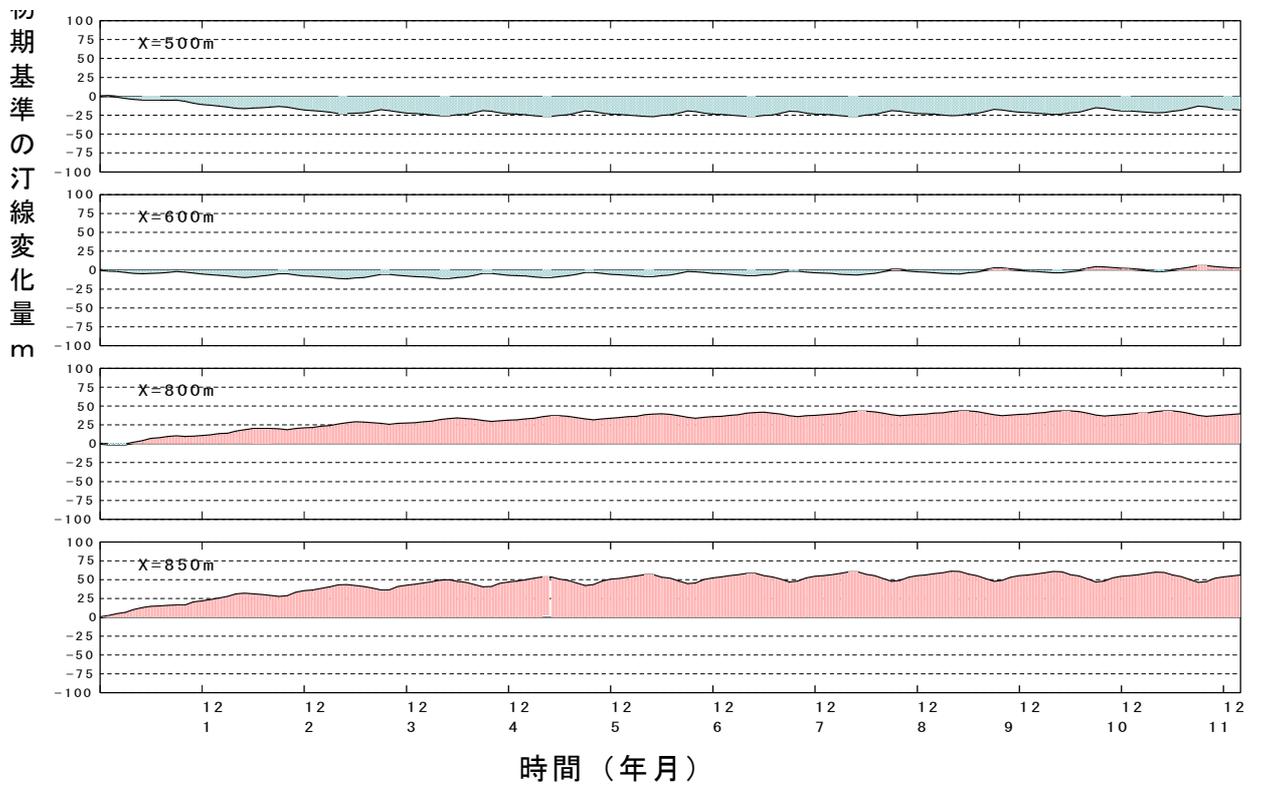
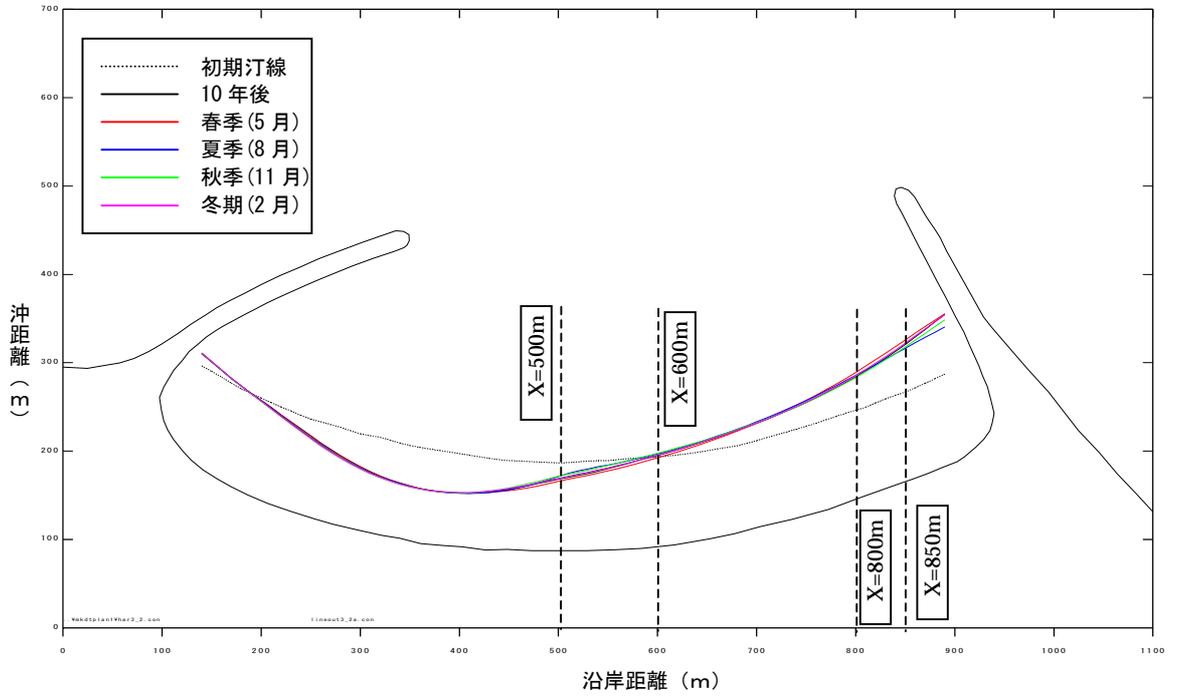


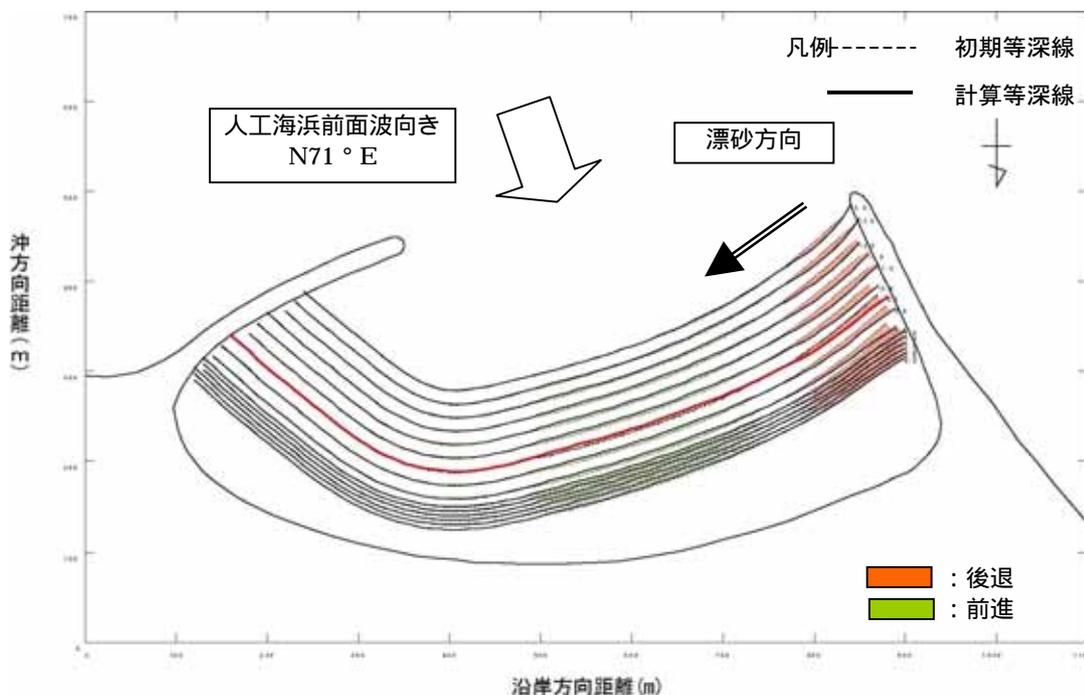
図-8 代表測線での汀線位置季節変動

5.高波浪時に生じる一時的に大きな変動評価(Nラインモデル)

台風による高波浪が作用した場合には、季節変動による以上の大きな地形変化が生じる可能性がある。特にリーフ内では平均水位が大幅に上昇して、通常では波が作用しない場所にも影響を及ぼすことが予想される。

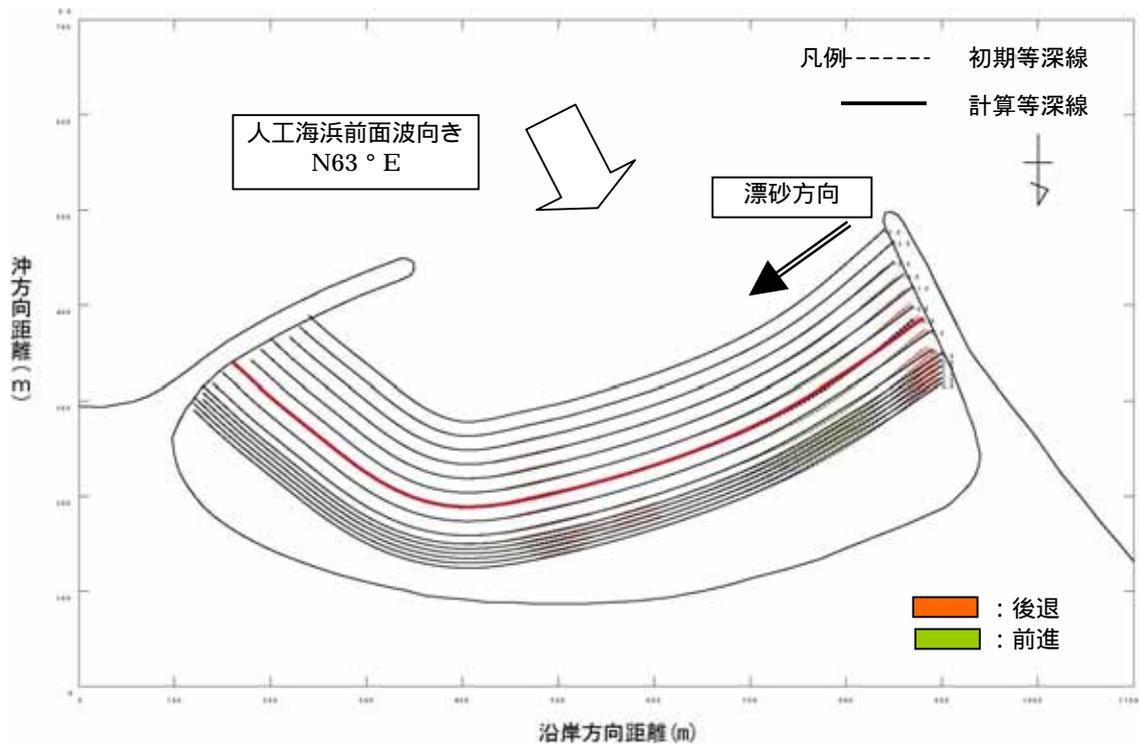
そこで、まず、Nラインモデルを用いた、高波浪時の浜崖の形成など、等深線に即した高波浪時の海浜安定の検討を行った。

- 台風 0310 号来週時のピーク波浪を 1 日作用させた場合、西突堤から中央への沿岸漂砂が生じる。ただし、西突堤先端での等深線 (3.0m) の後退は 3m 程度であり、また、中央部の汀線付近での前進も小さく、海浜の安定性は保たれていると考えられる。(図-9 参照)。
- 上記の波浪 (SE 波向) を E 波向きで作用させると、人工海浜前面では、SE 作用時に比べ、波高も小さく、波向は E よりに 8° 傾くため、SE 作用時より安定となる。(図-10 参照)
- SSE 波向で作用させると、人工海浜前面では、SE 作用時に比べ波高は同程度であり、波向は S よりに 4° 傾くため、西突堤から中央への沿岸漂砂が大きくなる。ただし、西突堤先端での等深線 (3.0m) の後退は 10m 程度であり、中央部の汀線付近での前進も 10m 程度である。(図-11 参照)
- 高波浪時では、周期が長く、屈折の影響を大きく受けるため、人工ビーチ前面では、海浜安定形状に対し、西突堤から中央への沿岸漂砂が生じる波浪場となる。



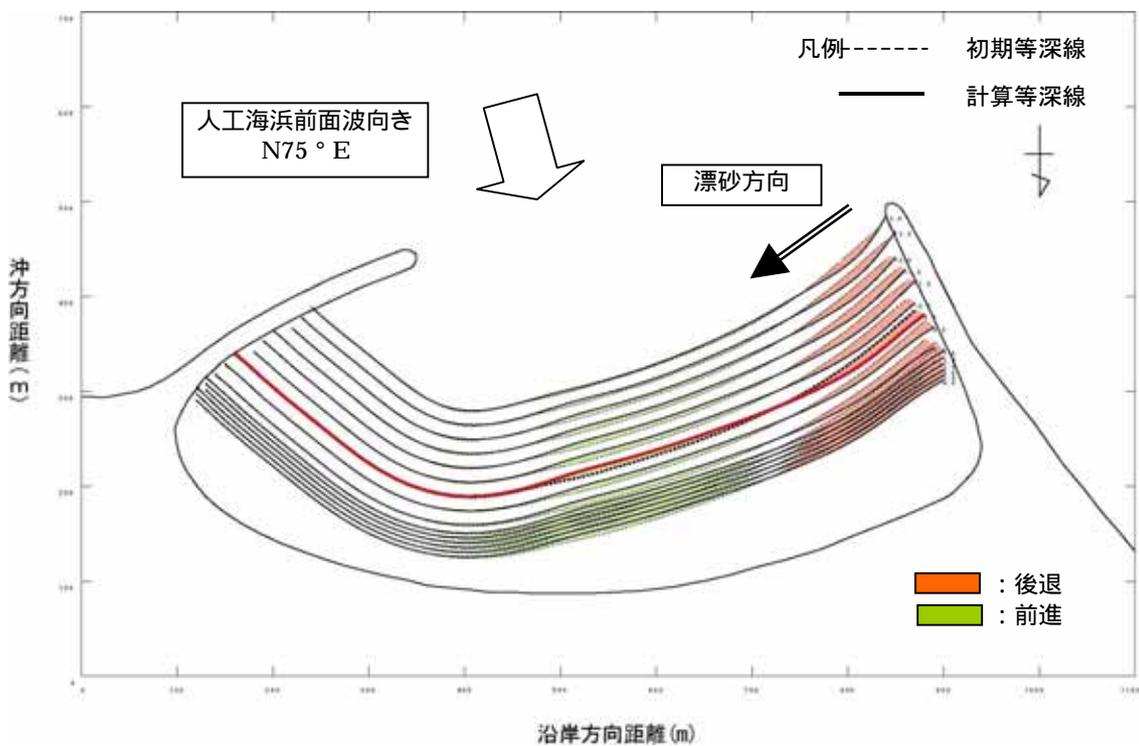
(波高：10.34m, 周期：11.4, 潮位：C.D.L.+2.46m, N135° E)

図-9 等深線変化再現計算結果 (検討形状 3b, 作用日数 1 日)



(波高：10.34m,周期：11.4,潮位：C.D.L.+2.46m, N90°E)

図-10 等深線変化再現計算結果 (検討形状 3b,作用日数 1日)



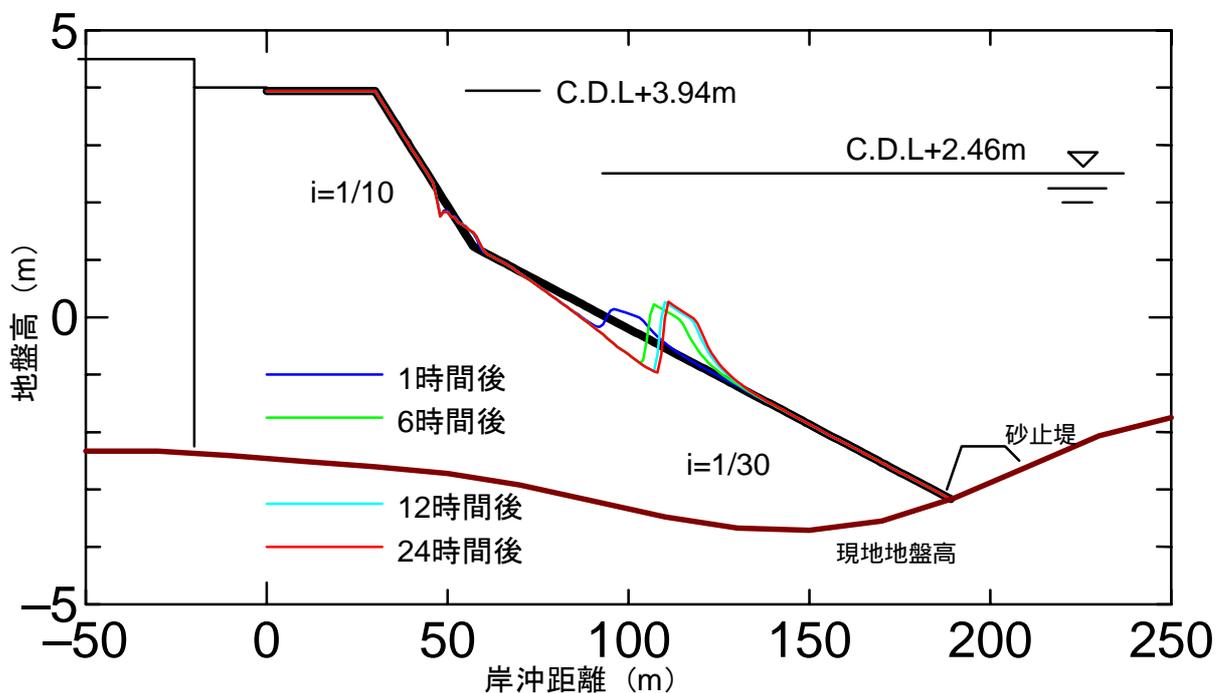
(波高：10.34m,周期：11.4,潮位：C.D.L.+2.46m, N167.5°E)

図-11 等深線変化再現計算結果 (検討形状 3b,作用日数 1日)

6.高波浪時に生じる一時的に大きな変動評価(断面変化モデル)

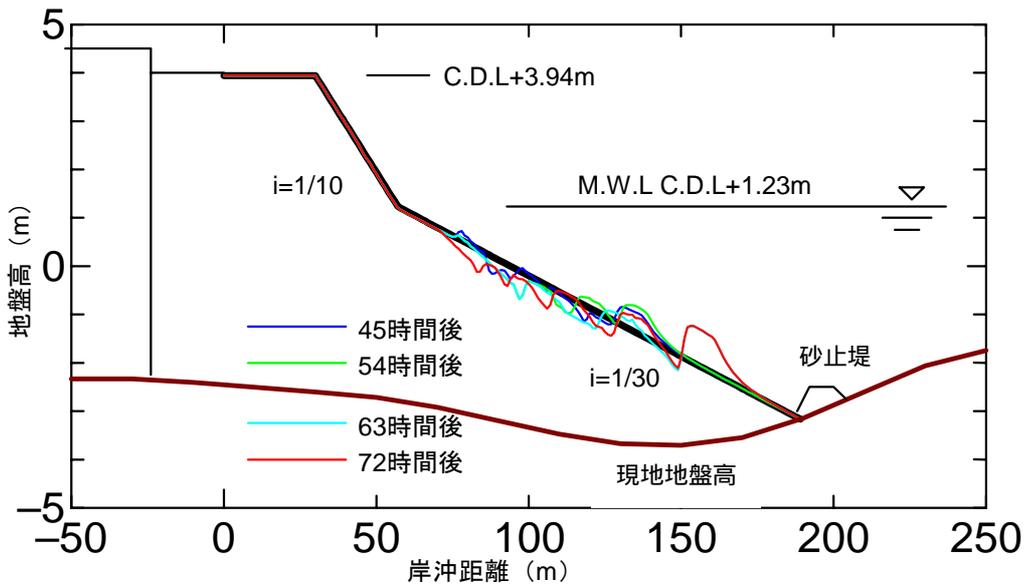
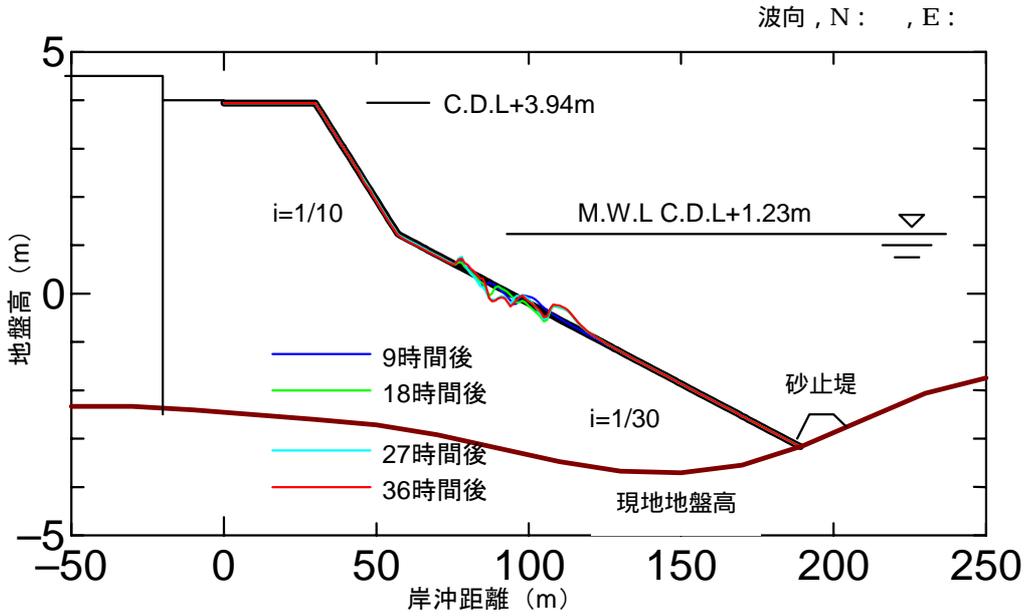
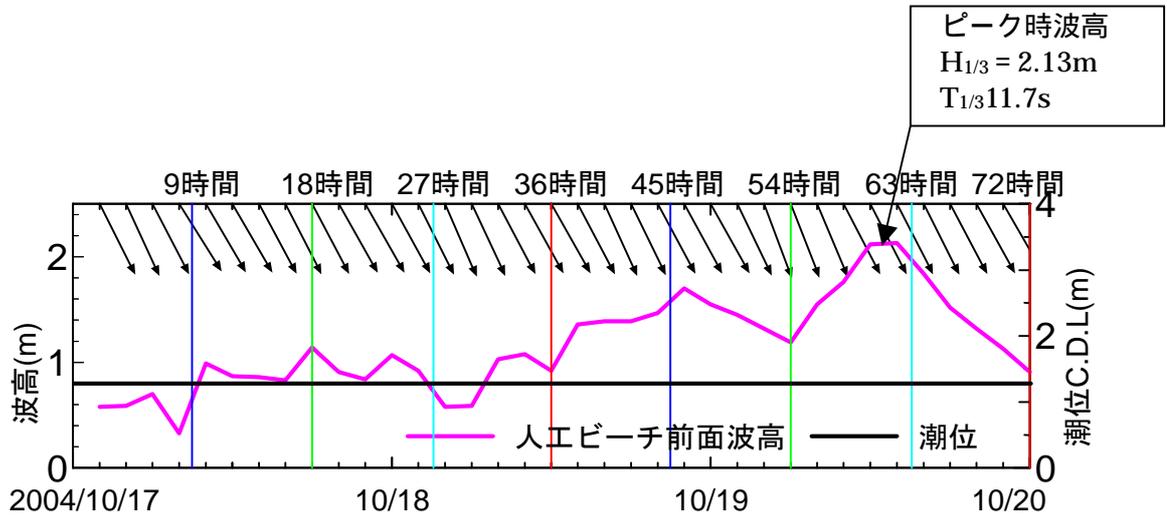
断面変化モデルを用い、高波浪時に生じるリーフ内で生じる平均水位の上昇を考慮した海浜安定(バー・トラフ形成)・土砂流出に関する検討を行なう。

- 台風 0310 号来襲時のピーク波浪を 1 日作用させた場合、C.D.L±0.0m 付近でバー・トラフ形成される。ただし、このような波浪が 24 時間継続したとしても±50cm 程度の堆積、侵食である。(図-12 参照)
- 1 回の時化時(2004 年 10/17~17/19, 台風 23 号(0423 号))の波高変化(潮位一定)では、波高が大きくなるにつれて砕波点が沖に移行し、地形変化も徐々に沖側で生じるようになる。ピーク波高到達後の 63 時間後、72 時間後に C.D.L-3.0m 付近で±50cm 程度の堆積、侵食が生じる。(図-13 参照)
- 2004 年 10/17~17/19(台風 23 号, 0423 号)の時化に潮位変動を考慮すると、高波浪時には平均水位が大きく上昇するため、前浜で地形変化が生じる。ピーク波高到達後の 63 時間後、72 時間後では、C.D.L±0.0m 付近で±50cm 程度の堆積、侵食が生じる。(図-14 参照)
- 断面変化モデルによる検討では、岸沖方向に±50cm 程度の堆積、侵食が生じることから、人工ビーチの開口部に 50cm 程度の波浪に影響を及ぼさない砂留堤の設置が適当であると考えられる。また、異常潮位を考慮した後浜高の設定が必要であると考えられる。



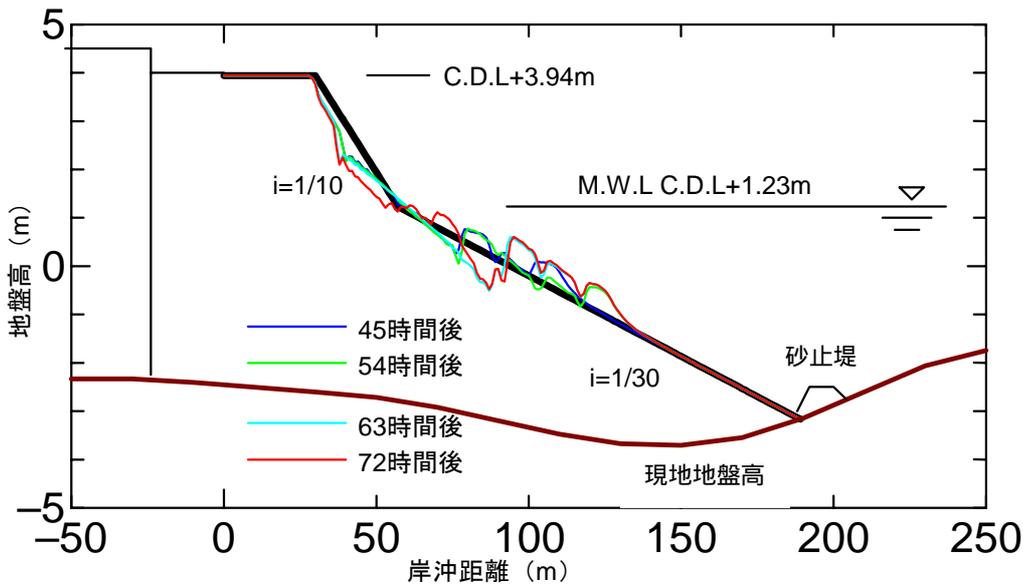
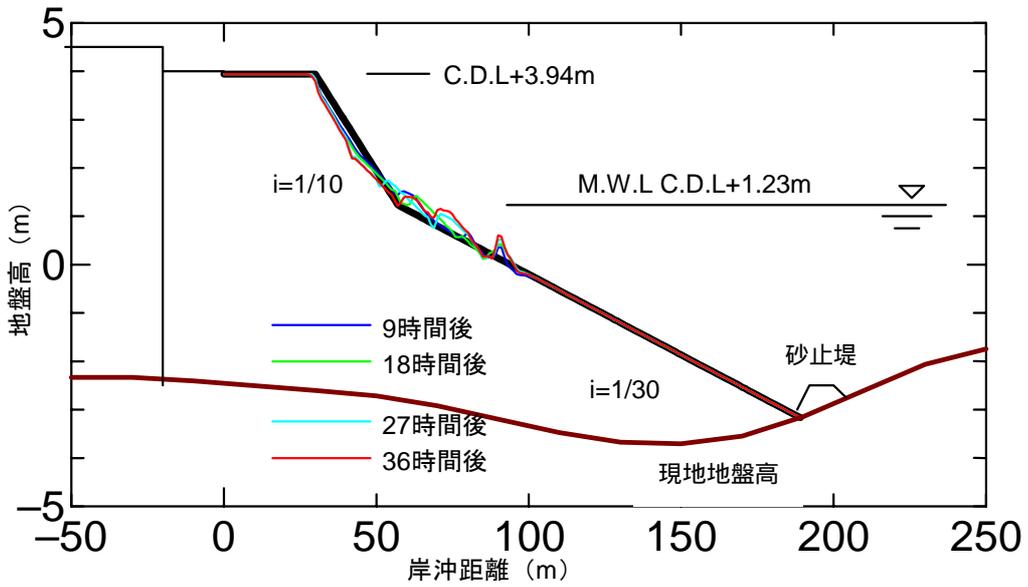
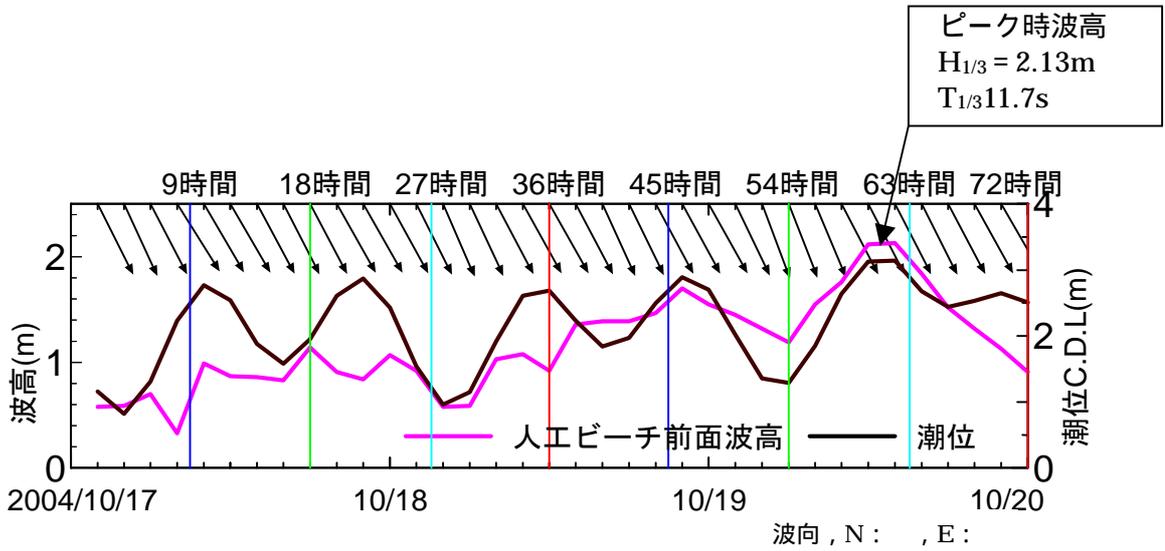
(波高: 10.34m, 周期: 11.4, 潮位: C.D.L.+2.46m, N135°E, 台風 0310 号)

図-12 断面変化モデル算定結果



(中城湾港：2004/10/17～10/20の波浪，潮位 M.W.L，台風 0423 号)

図-13 断面変化モデル算定結果



(中城湾港：2004/10/17～10/20の波浪(台風0423号)および潮位変動)

図-14 断面変化モデル算定結果

7. 離岸堤・中突堤案などを用いた海浜安定の検討

離岸堤案，中突堤案による検討を行い，砂浜の最大幅，最小幅の差を縮小し，養浜量の低減効果について検討を行う。（最適案の検討）

各海浜安定化方策について，景観，利用などの項目について整理を行った。

- ・ 海浜安定化方策 A は，ロングビーチを有し，ビーチ前面の視界が開いており，景観性に優れている。ただし，砂浜幅が一様ではないため，利用に必要な最小砂浜幅 50m を確保するには，多くの養浜砂が必要となる。
- ・ 海浜安定化方策 B は，海浜安定化方策 A と比較した場合，砂浜幅の変化が少なく養浜砂量の軽減が可能である。その一方で，構造物規模の総延長としては長くなり，海浜安定化方策 A に比べ視野が狭い。離岸堤部を自然石等を使用することにより，海への眺望を阻害しないよう配慮することが望まれる。
- ・ 海浜安定化方策 C は，中突堤は，西へ抜ける砂を制御するため大きな構造物となる。また，中突堤は，ロングビーチが形成できず，ノコギリ状の汀線形状となる。

以上，比較検討したところ，海浜安定化方策 C の中突堤案は海浜を分断し，“視界を妨げないロングビーチ”という目的にはそぐわず。構造物規模も大きい。従って，海浜安定化方策 A（両突堤のみ），浜安定化方策 B（離岸堤案）の両案について，今後，砂浜，海面及び構造物の利用，離岸堤の修景を含めた景観面，総合的な経済性，養浜砂の維持管理などの面から，さらに検討を深め，方策 A と B を比較考慮の上，成案を得ることとする。

	海浜安定化方策 A（図-16） 突堤延長による海浜安定方策	海浜安定化方策 B（図-17） 離岸堤による海浜安定方策	海浜安定化方策 C（図-18） 中突堤による海浜安定方策
1. 景観（視野角）	（69°）	（61°）	（55°）
2. 利用	（砂浜を分断しない）	（砂浜を分断しない）	（ ・ 砂浜を分断する， ・ 段差が生じる ）
3. 構造物規模	<ul style="list-style-type: none"> ・ 東突堤 300m ・ 西突堤 270m 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 東突堤 250m ・ 西突堤 270m ・ 離岸堤 100m 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 東突堤 300m ・ 西突堤 220m ・ 中突堤 230m
4. 砂浜最小幅	（60m）	（80m）	（80m）
5. 砂浜最大幅	（140m）	（120m）	（140m）
6. 養浜砂量	（550,000m ³ ）	（412,500m ³ ）	（412,500m ³ ）

注）6. 養浜砂量は最小砂浜幅 50m の養浜を行う場合の値である。

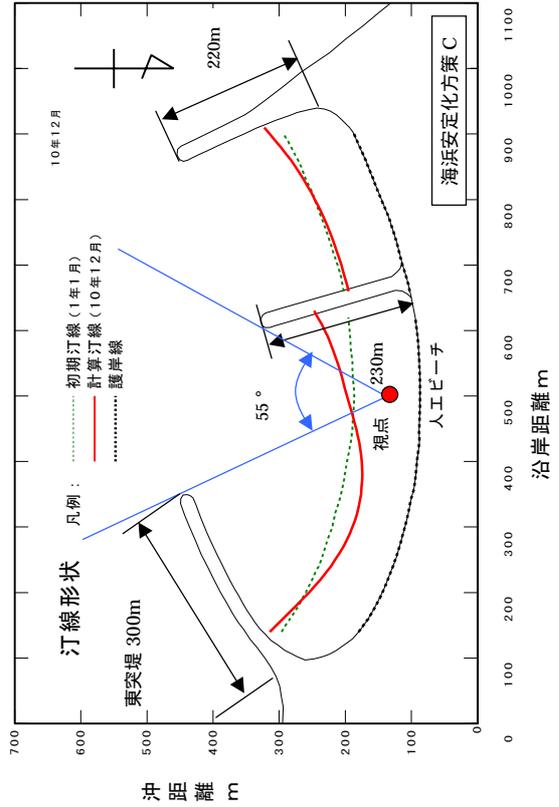


図-18 中突堤による海浜安定方策

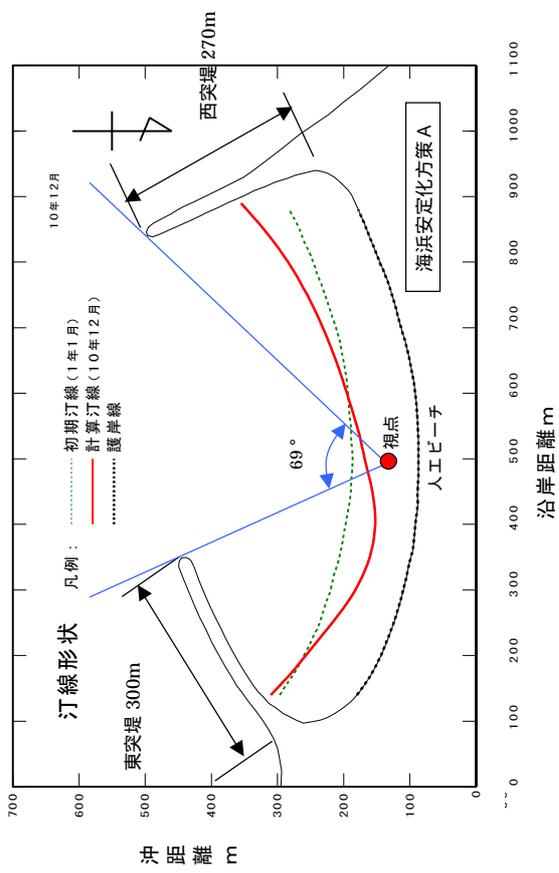


図-16 突堤延長による海浜安定方策

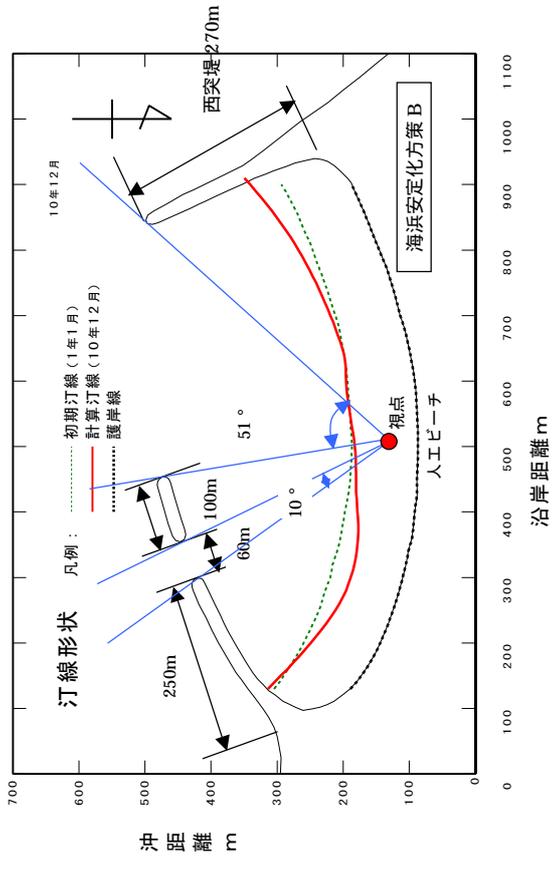


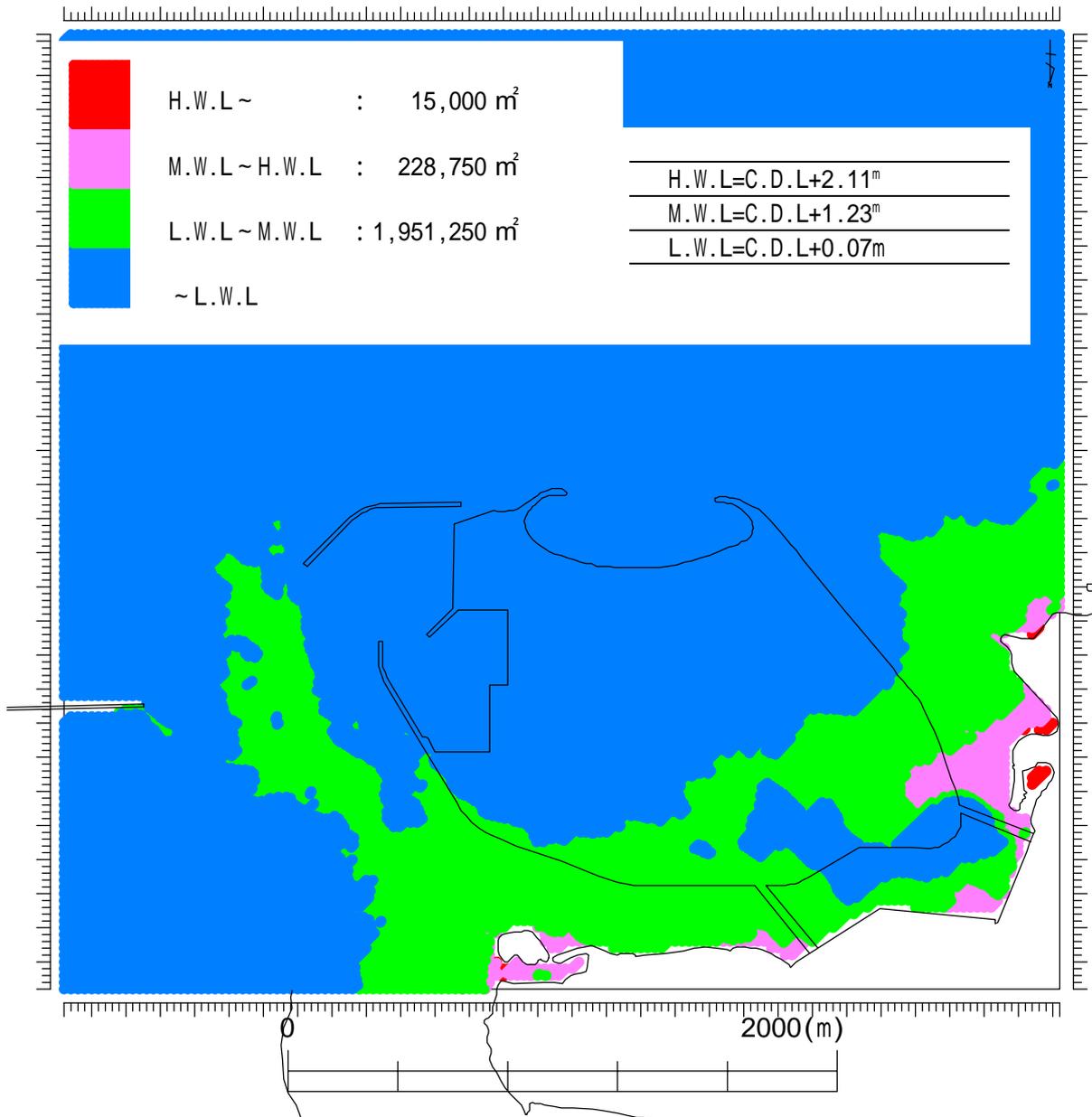
図-17 離岸堤による海浜安定方策

參考資料

A. 潮位変化による陸域分布

潮位変化による陸域分布の整理を行った。(参考図-1)

- ・ H.W.Lでは15,000 m², M.W.Lでは228,750 m², L.W.L時には1,951,250 m²の陸域が海面より露出する。



参考図-1 島堤による海浜安定方策の土砂収支

B.所要潜堤天端幅

泡瀬地区の人工海浜は、ロングビーチ、広い水平線といった特性を有するビーチが期待されている。潜堤は、景観を損なわない波浪制御構造物の一つである。ただし、潜堤は、潮位差が大きな海域で満足のいく波浪制御効果得るために大規模な構造となる。そこで、通常時化時に必要な天端幅について整理した。

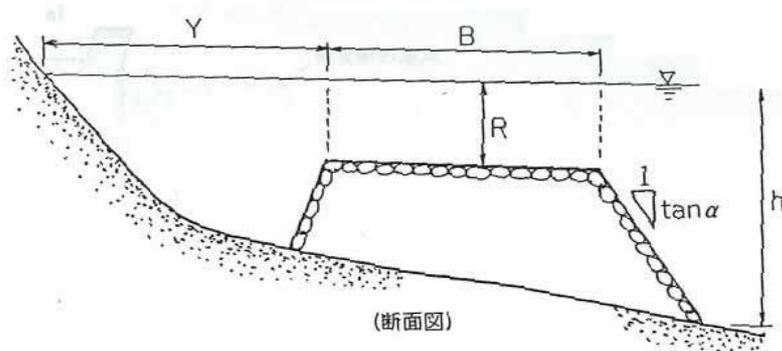
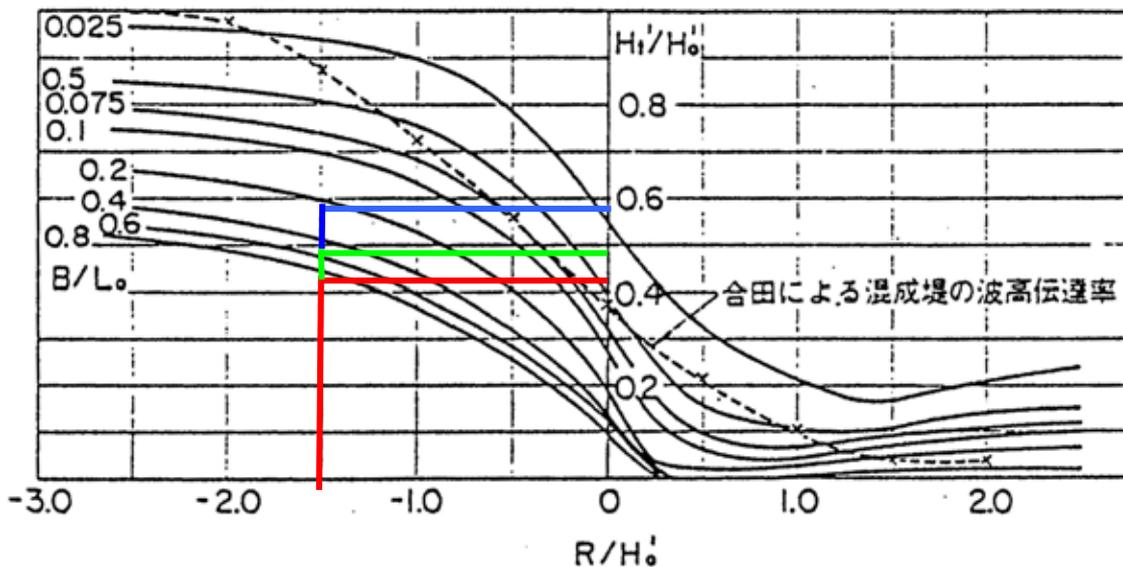
- ・ 透過率 0.5 に減衰させるには 40m, 0.45 では 80mの天端幅が必要となり、沖に伸びる構造となるため、海藻草類への影響が懸念される。
- ・ 透過率 0.6 では 20mの天端幅であるが、法面を含めると、大きく沖に伸びる構造となる。また、十分な波浪制御効果であるか検討が必要である。

所要天端幅検討条件

Ho (m)	T(s)	Lo(m)	H.W.L(m)	潜堤天端高	天端水深 R(m)	R/Ho
2.0	8.0	99.84	C.D.L+2.11m	C.D.L-1.0m	3.11	1.555

* 潜堤天端高は、L.W.L 時にも没水している条件

透過率 H_i / H_o	0.6	0.5	0.45	0.45 未満
B/Lo	0.2	0.4	0.8	適用
天端幅 B(m)	20.0	39.9	79.9	範囲外

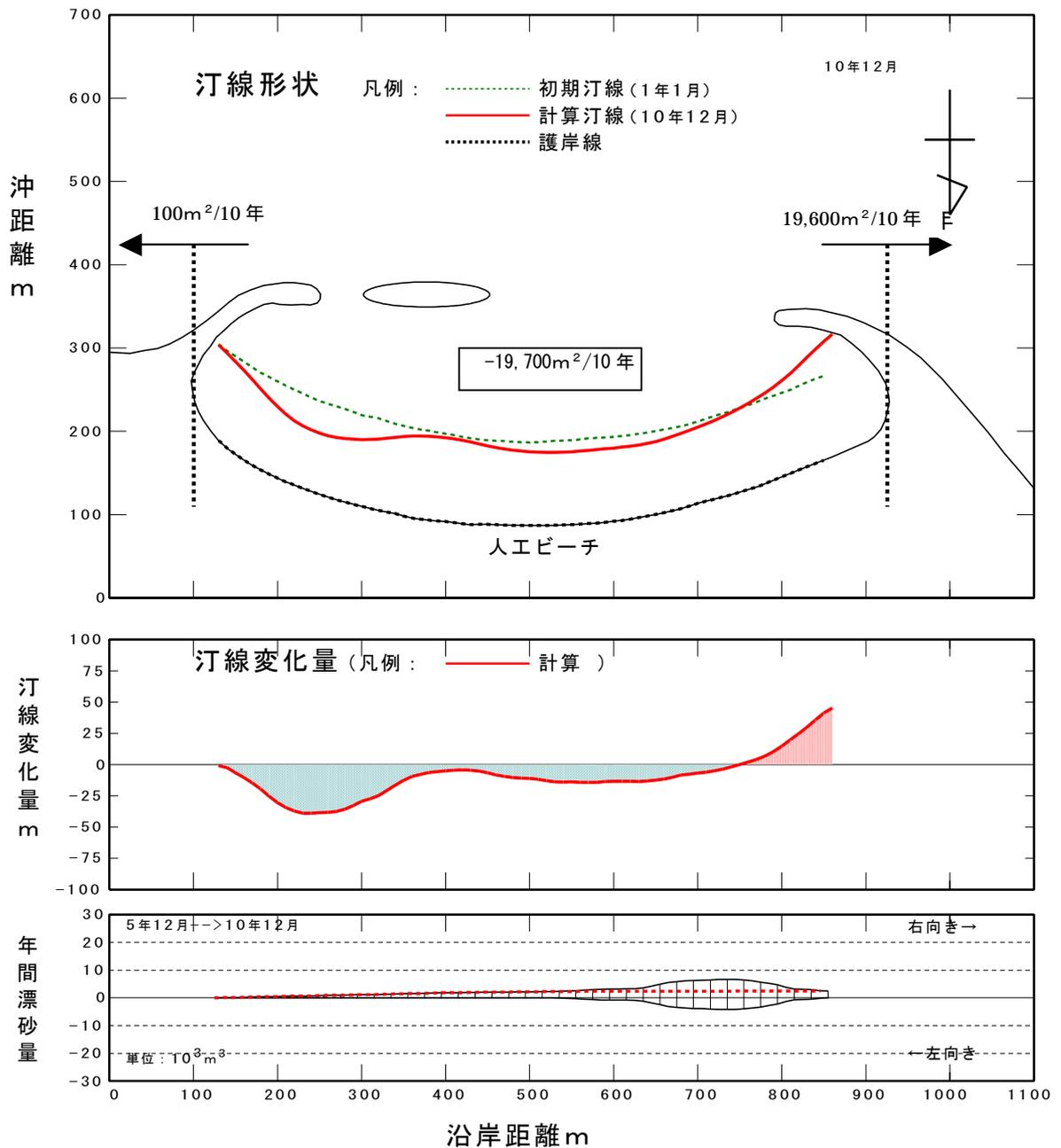


参考図-2 所要潜堤天端幅

C 島堤による海浜安定化方策の土砂収支

島堤による海浜安定化方策の土砂収支について整理を行った。

- 旧計画に島堤を設置した海浜安定化方策では、西突堤から $19,600\text{m}^2/10$ 年の土砂流出が生じ、東突堤から $100\text{m}^2/10$ 年の土砂流出が生じる。よって、人工ビーチの土砂収支は $19,700\text{m}^2/10$ 年である。(参考図-3)

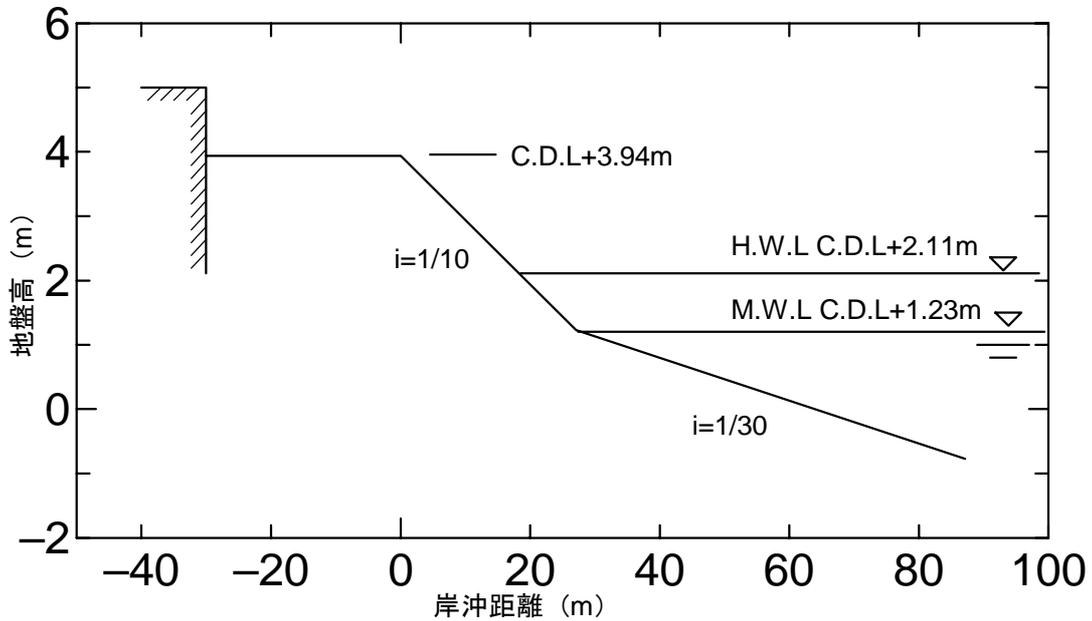


参考図-3 島堤による海浜安定化方策の土砂収支

D. 海浜断面に関する検討（安定勾配）

海浜断面は、Rector, Swart, 砂村の値（ビーチ計画・設計マニュアル（1992）の提案値）を用い、後浜天端高、前浜勾配諸元などを選定した。選定した概略断面を参考図-4に示す。

Rector, Swart, 砂村らによる人工海浜の断面形状の推定結果を以降に示す。なお、人工海浜の平面的な安定検討の際には本章で検討した断面形状を参考にしている。



参考図-4 人工海浜の概略断面

人工海浜の概略断面の検討条件

人工海浜の概略断面の検討条件は、『平成15年度 中城湾港泡瀬地区環境整備検討調査業務』等で実施された波浪観測、底質調査及び波浪変形計算などの結果を用い、下表に示す条件を設定した。

人工海浜の概略断面の検討条件

項目	諸元
人工海浜前面の波高 H_o'	1.25m
周期 T_o	9.50s
中央粒径 d_{50}	0.87mm
潮位 H.W.L	D.L.+2.72m (C.D.L.+2.11 m)

人工海浜の概略断面の検討結果

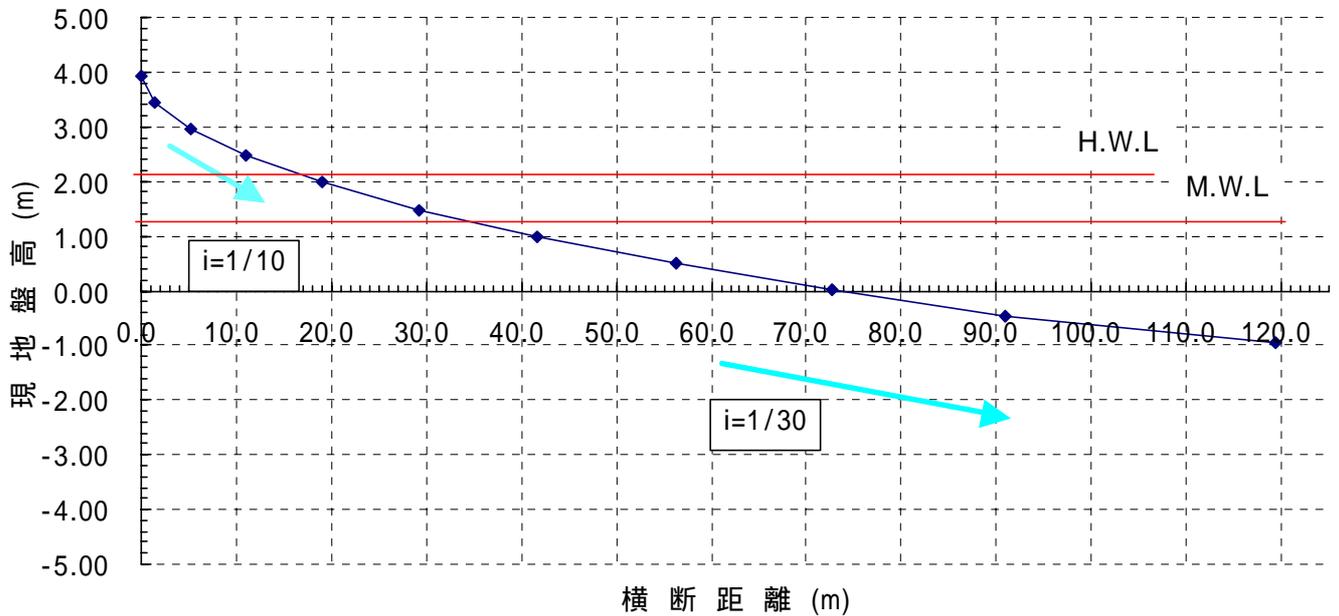
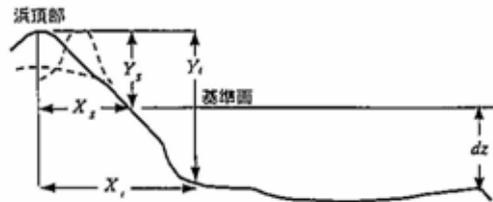
人工海浜の断面形状について検討した結果を参考表-1 に示す。なお、参考図-5 にスワートによる平衡断面を示す。

レクターによる前浜勾配は 1/8.9 ,スワートによる平衡断面から読み取った前浜勾配は約 1/10 ,砂村の場合は 1/11.9 と、いずれも 1/10 程度の前浜勾配である。

外浜勾配については、スワートの値を採用し、外浜勾配を 1/30 とした。

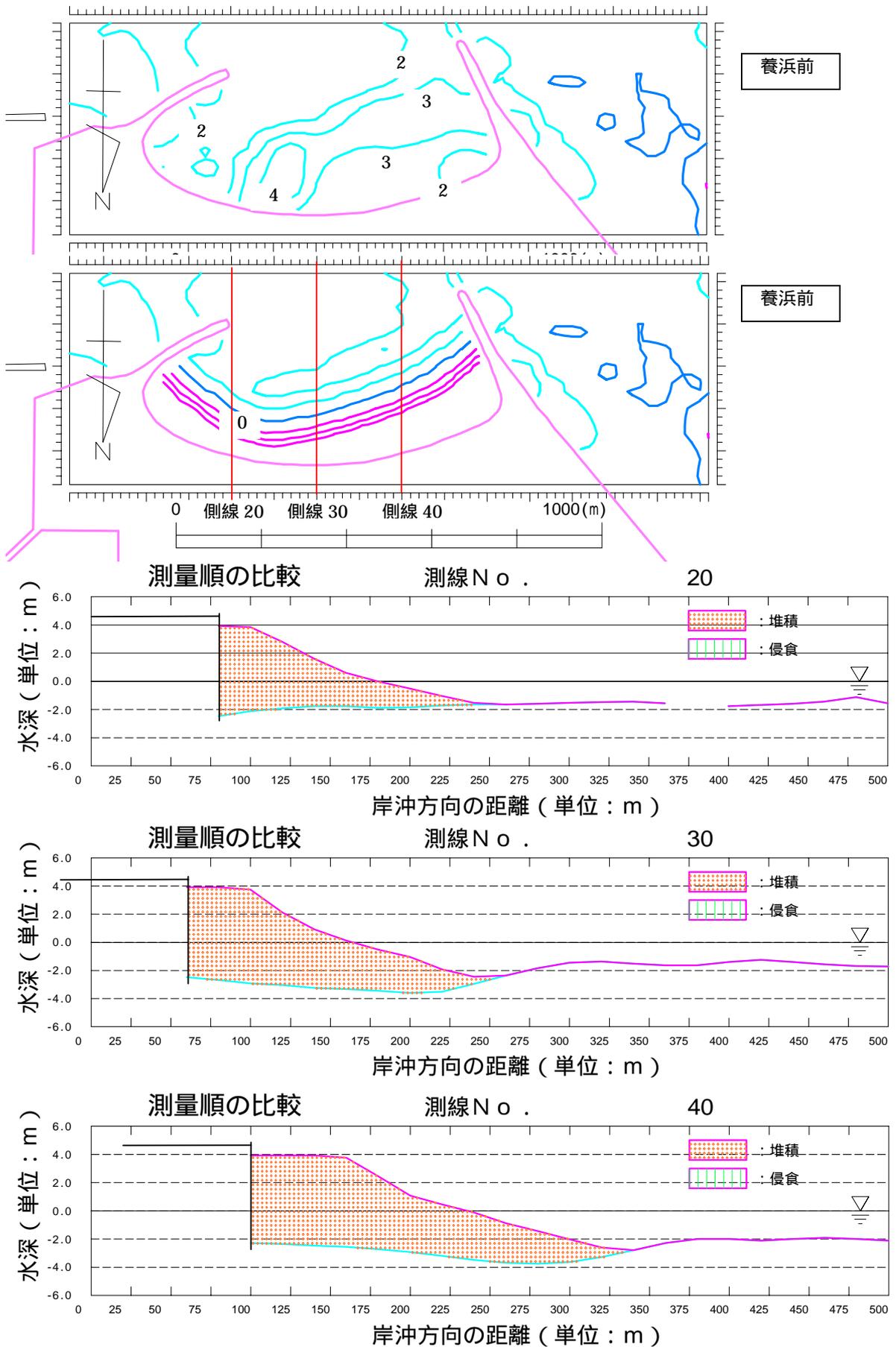
参考表-1 各提案式による後浜天端高,前浜勾配諸元の算定結果

算定条件	$H_o' = 1.25 \text{ m}$		$H_o'/L_o = 0.009$
	$T_o = 9.50 \text{ sec}$	$L_o = 140.79 \text{ m}$	$d50 = 0.87 \text{ mm}$
提案式	レクターの提案	スワートの提案	砂村の提案
後浜高 $Y_s(m)$ $R(m)$	$Y_s/L_o = 0.017$ $Y_s = 2.39 \text{ m}$	$A = -0.3292$ $Y_s/Mdo = 2099.49$ $Y_s = 1.83 \text{ m}$	$Y_s = 2.30 \text{ m}$
前浜勾配 Y_s/X_s Y_t/X_t \tan	$Y_s/X_s = 0.112$ $1/8.9$ $Y_t/X_t = 0.153$ $1/6.5$		$\tan = 0.084$ $1/11.9$
地形変化の 沖端の水深 d_z	$d_z/L_o = 0.071$ $d_z = 10.00 \text{ m}$	$B = 1.243$ $d_z/L_o = 0.022$ $d_z = 3.10 \text{ m}$	



参考図-5 スワート平衡断面計算結果

E. 養浜断面



参考図-6 人工ビーチの養浜前及び養浜前の地形

F. 打ち上げ高

参考図-9 (Saville,T,jr , 1958) を用い , Saville,T,jr の手法により副断面の打ち上げ高の算定を行った .

検討条件としては下記の 2 項目とした .

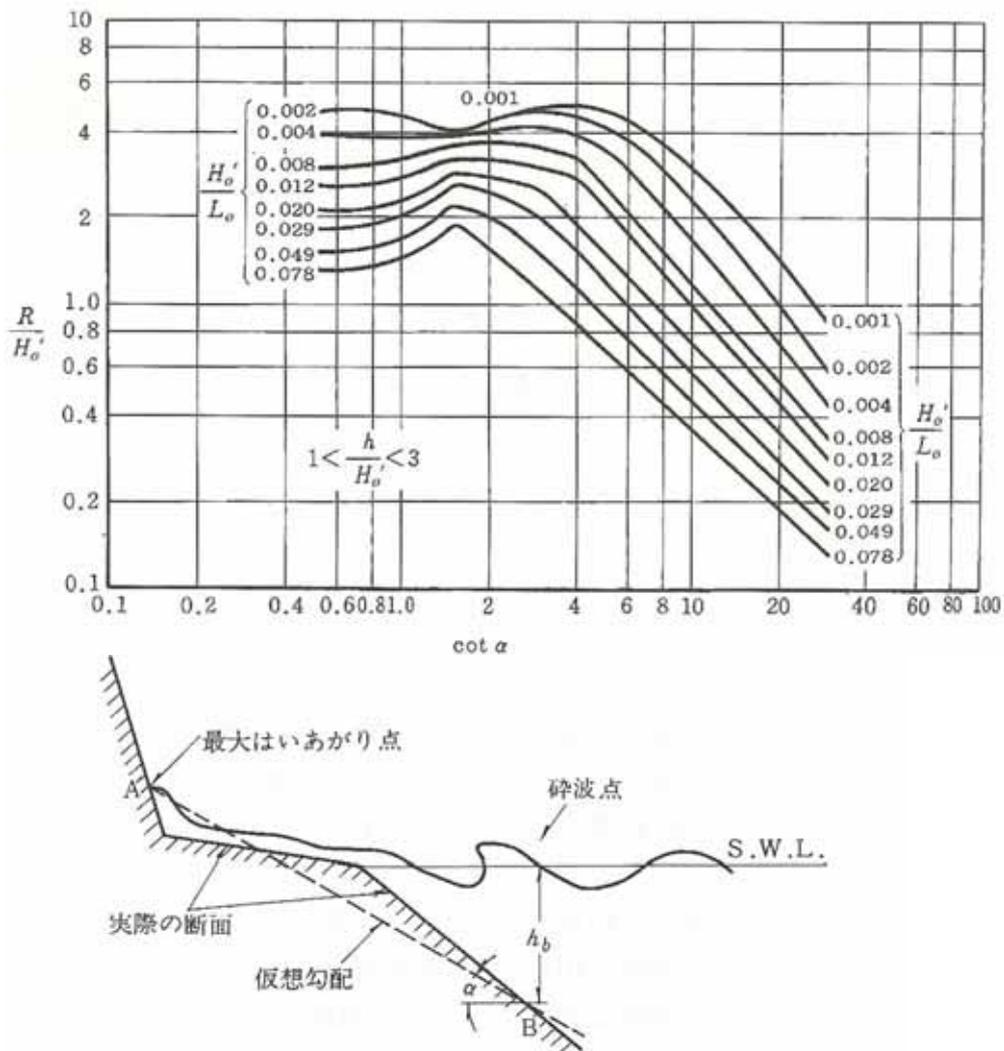
2004 年 10 月 19 日に来襲した台風 23 号 (0423) のピーク波高 9.17m (津堅島)
概略断面潜堤に用いた年数回波相当波高 3.95m (津堅島)

検討条件

No	Ho	T(s)	Tide(C.D.Lm)	Lo(m)	Ho/Lo
	2.38	11.7	3.14	214	0.0111
	1.25	9.5	2.11	141	0.0089

算定結果

No	Hb(m)	Cot	R/Ho	R	R(C.D.Lm)
	2.20	11.28	1.01	2.40	5.54
	2.30	19.71	0.50	0.63	2.74



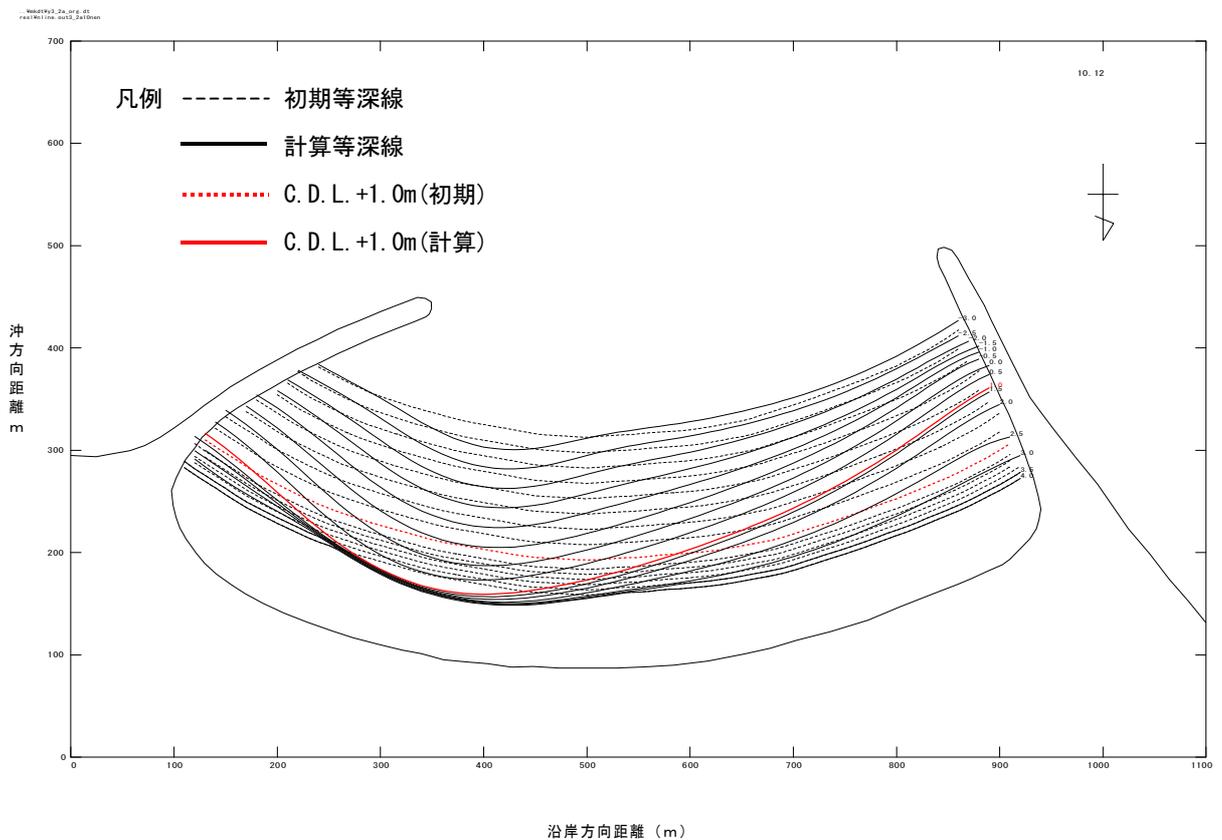
参考図-9 斜面上への打ち上げ高

G.Nラインによる初期汀線からの検討

汀線変化計算と同様に，エネルギー平均波を用い，月別に頻度を与えて，初期養浜計画平面形状の10年間の等深線の変化を等深線変化モデルによりシミュレーションを行う．10年後の計算結果を参考図-10に示す．

ここでは，潮位をM.W.L.(C.D.L.+1.2m)として計算していることから，汀線の変化としてC.D.L.+1.0m(形状図に赤線で表示)に着目し，各年毎に前述の汀線変化計算結果と比較すると，ほぼ同様な変化および変化量を示しており，両モデルの整合性は高い．

尚，年間を通じての漂砂は，汀線変化計算結果と同様に中央部から西側突堤への西向き漂砂が卓越している．中央部付近(沿岸距離200m～500m付近)でC.D.L.+1.50mより陸側では等深線が密になって，浜崖が生じているのが見られる．特に沿岸距離200m～350m付近で等深線が密になり，後退しているのが顕れている．



参考図-10 Nラインモデルの計算結果(初期汀線からの変動)

H. 数値計算波浪条件一覧

1 ラインモデル

◎代表波向別・波高ランク別のエネルギー平均波
(中城湾沖, 2003年4月~2003年9月)

波向	波高ランク (m)	頻度	重心波向	波高	周期
N~E	0.01 ~ 1.00	21.76%	N79.3° E	0.78m	7.08s
	1.00 ~ 2.00	24.07%	N77.8° E	1.40m	7.64s
	2.00 ~	5.28%	N80.1° E	2.51m	9.54s
ESE~SE	0.01 ~ 1.00	16.27%	N117.7° E	0.75m	6.97s
	1.00 ~ 2.00	13.76%	N120.9° E	1.36m	7.41s
	2.00 ~	3.34%	N128.7° E	3.33m	10.28s
SSE~SSW	0.01 ~ 1.00	6.46%	N165.8° E	0.76m	6.51s
	1.00 ~ 2.00	6.36%	N167.1° E	1.47m	7.48s
	2.00 ~	2.69%	N168.4° E	3.17m	8.81s

N ラインモデル

◎ 波浪条件 (中城湾波浪観測点)

	波向	有義波高	周期	潮位	Smax
ケース 1 (2003/08/07 2:00)	N135.0° E	10.34m	11.4sec	C. D. L. +2.46m	10

注) 高波浪時の 2003 年 8 月 7 日 2 時に発生した波向 N135° E, 波高 10.34m, 周期 11.4s(沖の中城湾波浪観測位置での値)を用いる。

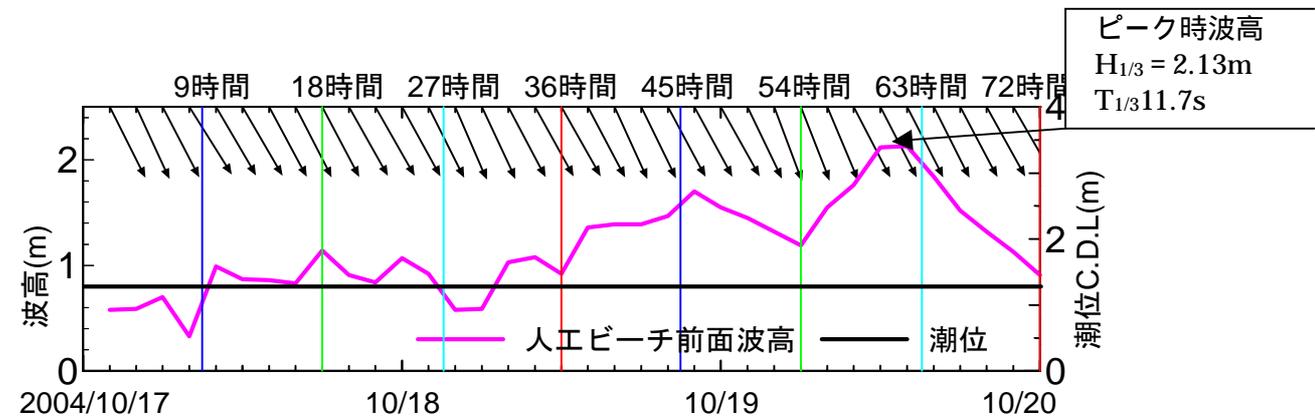
断面変化モデル

◎ 波浪条件 (中城湾波浪観測点)

	波向	有義波高	周期	潮位	Smax
ケース 1 (2003/08/07 2:00)	N135.0° E	10.34m	11.4sec	C. D. L. +2.46m	10

注) 高波浪時の 2003 年 8 月 7 日 2 時に発生した波向 N135° E, 波高 10.34m, 周期 11.4s(沖の中城湾波浪観測位置での値)を用いた。

◎人工ビーチ前面波高 (中城湾波浪観測点より数値計算により算定)



注) 2004 年 10/17 ~ 17/19, 台風 23 号 (0423 号) の波高経時変化のデータを用いた。