

皆生海岸の離岸堤について

西 谷 康 男

はじめに

鳥取県西部に位置する皆生海岸は、美保湾に臨む弓ヶ浜半島の海岸の総称で、東は淀江漁港（第2種）から日野川河口を経て西の境港（重要港湾）に至る延長約16kmの範囲を指すものである。そして弓ヶ浜半島の基部に日野川をその左岸に皆生温泉を有し、大山、日本海と風光明媚な所である。

この海岸は、明治初期から大正にかけての約50年間の資料によれば、砂鉄採取（たたら）によるおびただしい日野川からの土砂流出により全域にわたって汀線が前進していたが、大正12年をピークにして皆生温泉付近より汀線の後退が始まり、現在の護岸ができるまでに最大約300mの侵食を生じそれは東西に広がっている。

海岸保全施設は、昭和12年の風浪災害によって昭和13年にコンクリート方塊による突堤 $L = 20\text{m}$ を施工したのが最初であるが、数年を経ず飛散しほとんど効果が認められなかった。その後昭和16、18年と合掌杵、三角杵等の突堤を施工したが一年余りで破壊した。このような急激な侵食に対し昭和22年、鳥取県は漂砂対策委員会を設置するとともに、昭和25年より突堤、護岸等の施設を施工し、昭和34年までに1.22億円を投じた。昭和31年に海岸法が施工され、建設省において調査が開始され一帯を海岸保全区域に指定し、昭和35年4月1日より建設省直轄工事区域として図-1で示す皆生工区、日吉津工区を、さらに昭和52年6月9日より両三柳工区を直轄区域に編入している。

以下、昭和46年より、皆生工区で順次設置され現在11基に達している離岸堤を中心に、現在に至るまでの保全事業の経緯について紹介を行う。

1. 皆生海岸の概要

(1) 海岸の概況²⁾

弓ヶ浜半島は、日野川河口から北西に伸長していった幅4km前後、長さ18kmの巨大な砂州である。日野川上流域の花崗岩地帯は良質の磁鉄鉱を大量に含んでいるため、古来その風化土層（真砂土）を掘って砂鉄採取が行われていた。しかるに、大正10年ごろから日野川上流の砂鉄採取は、製鉄近代化の波に押されて、次々と閉山されていった。あたかもこれを契機とするかのように、大正12年に海岸侵食が発生した。この年には数回の暴風波浪があって海岸が侵食されたが、特に11月3日の大波浪により約20m侵食後退したといわれている。海岸侵食は、昭和7、8、9年の室戸台風と続き、昭和8年10月19日の波浪による侵食で「海岸侵食」という言葉が初めて使用された。その後も侵食現象は続

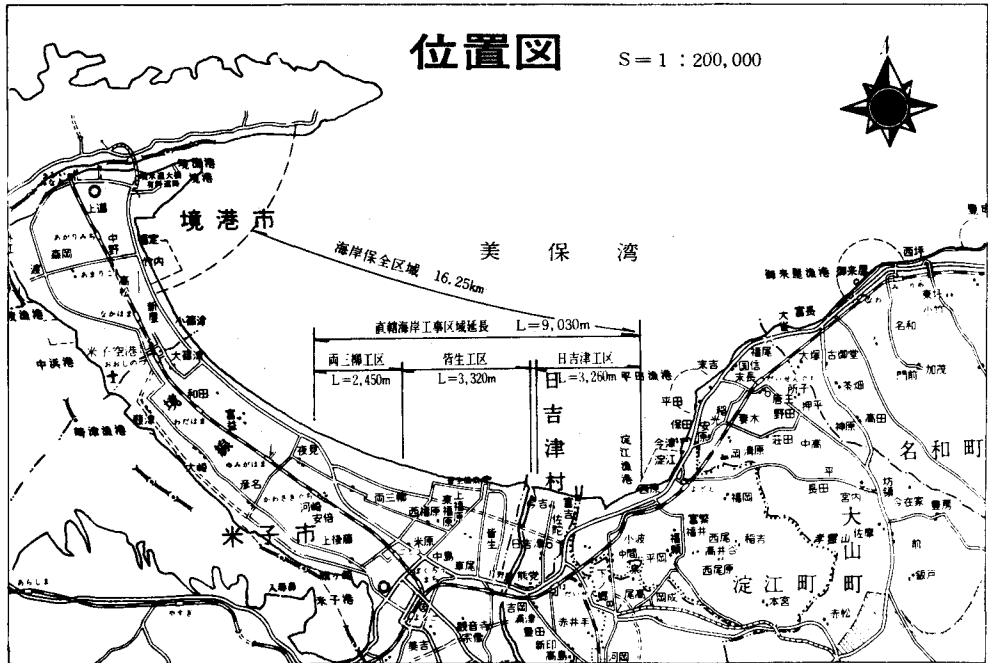


図-1 皆生海岸概要図

き、今日に至っている。

(a)皆生工区

本工区は鳥取県において昭和22年から34年までに侵食防止として突堤15基を施工し、護岸は昭和30年から34年までに967m施工、昭和35年以後直轄編入とともに、突堤、護岸工事を継続したが、昭和36年冬期風浪により皆生温泉街前の護岸 $L=113\text{m}$ の基礎が洗掘され、このうち73mが破堤した。その後昭和45年1月（台風坊主）の冬期風浪により県施工の護岸187mが崩壊した。このように突堤、護岸、根固を継続実施したが、前浜は損失し、侵食は止まらなかった。このため保全施設の見直しが考えられ、昭和46年から離岸堤に着手し、現在11基が完成し、侵食対策事業として十分な成果を上げている。

(b)日吉津工区

本工区は皆生工区に比べ護岸の着手は大幅に遅れ、昭和32年および33年に台風による高潮災害を受けた後、昭和34年に突堤工事に着手した。護岸は33年に鳥取県において着手され、その後40年までに護岸は全線にわたって完成したが、毎年の台風による波浪などにより、基部の洗掘や破堤が相次ぎ、補強などの繰り返りで前浜を復活させる目的と波浪による越波を防止するため、新規に離岸堤を計画し、昭和55年に離岸堤に着手、現在までに2基を完成した。

(c)両三柳工区

本工区は自然海岸で海岸保全施設は全くなく、たびたび保安林が侵食された。昭和50年9月の低気

庄では、かなり広範囲の保安林が侵食されるに及び鳥取県において保安林施設として護岸、根固200mを災害復旧事業で施工した。その後昭和52年に直轄となり53年に降突堤を設置し、現在6基が完成している。

(2)気象・海象

皆生海岸における風向、風速の観測は、昭和37年日吉津小学校において地上14mに風向、風速計を設置して以来、本格的な観測が始まり、波浪の観測も同年より日吉津地先水深10m地点に自記波高計を設置し今日まで観測が行われている。気象・海象の諸元は表－1で示される。

表－1 気象および海象の諸元表

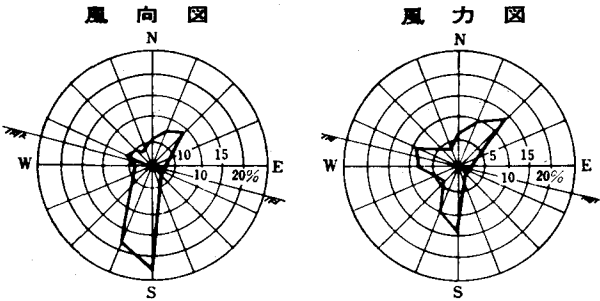
計 画 風		潮 位		波			
対 岸 距 離 最大平均風速 吹 続 時 間 風 向	1,000 km 12m/s 28 hr 北 東	高 極 潮 位	T.P.=0.978m	発生年月日	既往 最大	計 画	
		既往 最高潮位	T.P.=0.858m		(S. 45.1.31)		
		朔望平均満潮位	T.P.=0.379m	波 高 波形こ う 配 周 期	(6,000m) (0.043) (9.5 sec)	4.500m 0.030 10 sec	
		" 干潮位	T.P.=0.016m				
		既往 最大偏差					0.42 m
		平 均 潮 位					T.P.=0.168m
境 港 検 潮 所							

汀 線 変 化		潮 流		
侵食の開始時期	大正末期	沿 岸 流	速 度	0.3m/s
既往最大汀線変化	300m		方 向	各 種
平均汀線変化	10m/年	沖 流	速 度	0.2m/s
海岸線平均延長	8 km		方 向	W→E
		漂 砂	平 均 粒 経	0.7mm
			移動方向皆生工区	E→W
			日吉津工区	W→E

() 台湾坊主

(a)風の特性

昭和43年から51年までの年間の風配図により風の特性についてみると、風向の頻度はNE, W, S方向が卓越し、平均風速についてはNE, W方向が卓越する。(図－2)



図－2 風向・風力図

(b)波 浪

波浪観測は、機械の故障および維持、補修のために1年を通じて観測資料を得ることはなかなか難しい。比較的良好な資料をもとに波高、周期の頻度を示したのが図－3, 4である。波高は1.0m以下が年間の約50%を占め、周期については、ほとんどが5～8秒程度である。

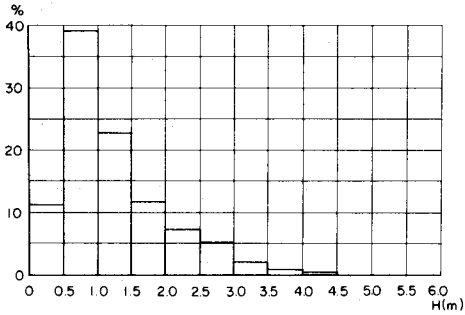


図-3 波高 ($H_{1/3}$) 分布図

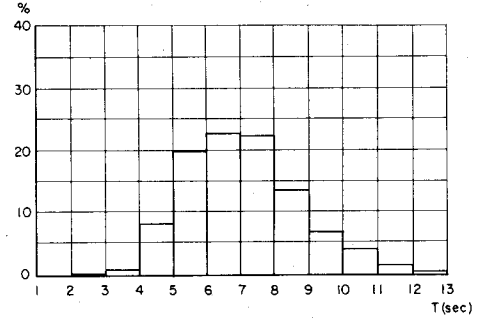


図-4 周期 ($T_{1/3}$) 分布図

2. 侵食の実態と土砂変動

皆生海岸の侵食の実態については、既に多くの諸先輩により、貴重な研究がなされている。³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾現在までに判明している侵食の実態および土砂移動は次のようである。

図-5 は昭和23年米軍撮影時の海岸線と昭和54年撮影時の海岸線を比較したものである。日吉津、皆生、両三柳地区では150m程度海岸線が後退している。大 waterfall 川以西では逆に汀線が後退から前進に転じている。その結果、境港に至る区間は80m程度の海岸線の前進が認められる。

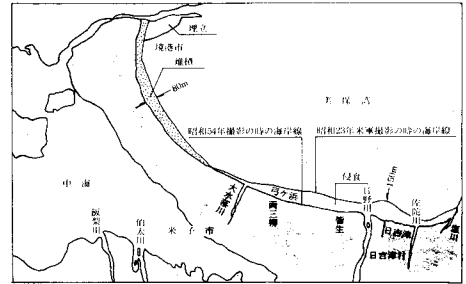


図-5 汀線変化図

この様に多少の季節変動が存在するものの、経年的な変化としては日野川を中心として東西で侵食、また

境港に至る西側では逆に堆積傾向を示し、境港では航路浚渫が行われている。この原因としては、

(イ) 日野川の流出土砂量が、大正末期の砂鉄採取の減衰により減少し、その後流域安定のために設置された諸施設によりさらに減少し、漂砂変動量に対応する土砂の供給の均衡が失われたこと。

(ロ) 美保湾の地形特性として、冬期には西および北西の季節風が日本海では卓越するにも拘らず、これらの風向きに対し、島根半島が障害となる。さらに美保湾自体北東方向に開いているため、北西、西方の風よりも北東および東方向の風により発生した風が卓越し、その結果、図-6 に示す屈折図より皆生海岸には西向きの沿岸流が卓越し、沿岸漂砂が西へ移動したと。

(2)の裏付けとして、底質特性を考えてみる。水際および汀線より100m地点の平均粒径をみると、図-7 のように日野川から西に離れるに従って底質の分布が粒

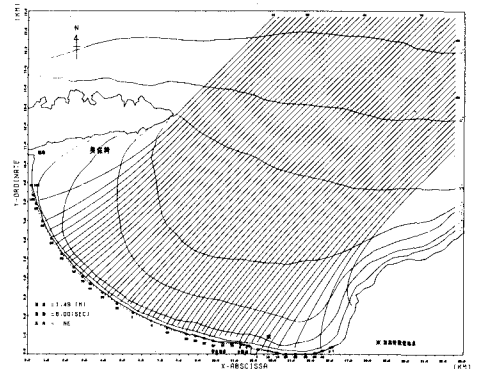


図-6 屈折図 (沖波入射波向 NE)

径の小さいものに変化しているが、500mの位置ではほとんど変化が認められず、沿岸方向には一定の砂の移動がそれほど卓越しないことを物語っている。

次に土砂の変動について触れる。昭和34年3月、この海岸に深浅測量用の基線が建設省により設置され、現在に至るまでこの基線を基に測量が実施されている。

測点の間隔は100～200mで図-8に示すように日野川河口の左岸側を測点No.0とし、皆生海岸側を正の数値、日吉津海岸側は、(ダッシュ)の記号で表示している。

測量は概ね年1～2回、春と夏に実施している。なお、淀江より境港に至る全域にわたり深浅測量が実施されたのは昭和41年9月以降である。

昭和41年から昭和49年に至る土砂の変動を図-8に示す。図-8のA-A断面に示すように、土量計算は陸上の基線から海底の等深線-10mまでの全土量を対象に算出を行っている。計算上、土量区分は汀線より上の部分を上層土量、下の部分を下層土量とした。下層土量は汀線量を示しており、沿岸方向の延長に水深10mを乗じたもので除すれば、基線からの平均汀線幅を求めることができる。美保湾沿岸の深浅測量結果において、水深3～4mまでは海底勾配が約 $1/30$ 、それより深くなるとこの地点を急変点として $1/300$ 程度の緩勾配となっており、この地点で前浜土量と沖側土量とを区分した。

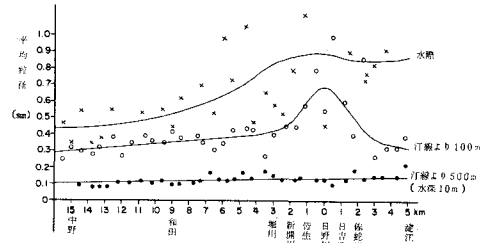


図-7 皆生海岸における平均粒径分布

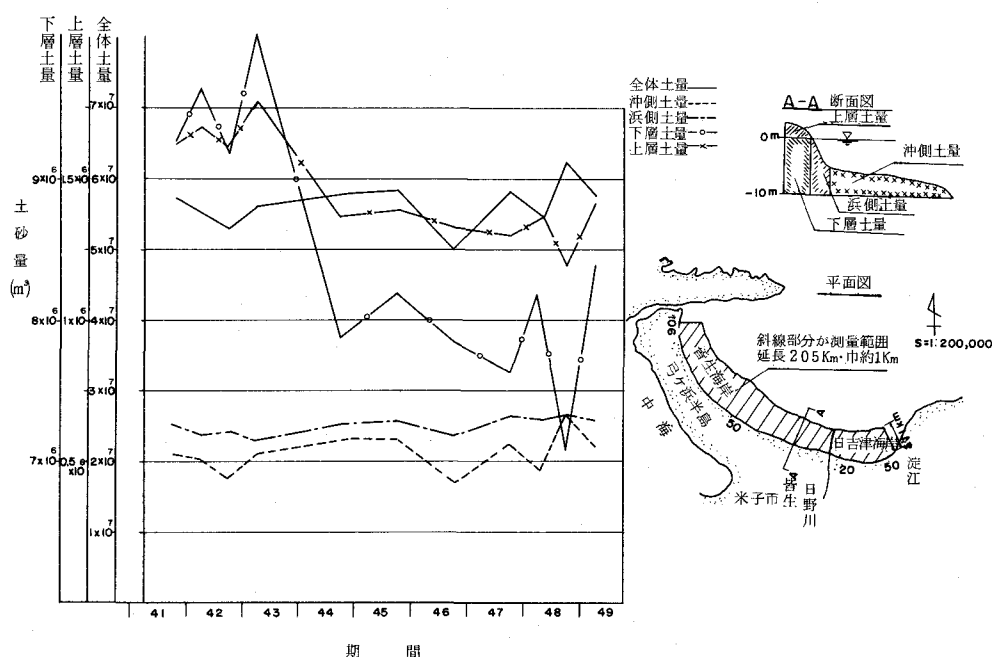


図-8 美保湾沿岸土砂量の経年変化

(a)全体土量

経年的に大きな変化はないが、46年に減少して以来回復傾向にある。全体土量は約5,800万 m^3 であり年間の変動量400～500万 m^3 と推定される。この変動量は、いま日野川河口からの流出土砂量を0とおくと、調査対象範囲（延長20.5km、水深10m）の区域内外での流入、流出を繰り返していることがわかる。図-9は野田⁷⁾により、日野川河口から上流10km地点までの区間の河床変動量から算出した河口地点の年間流出土砂量であり、流出量が大きい年で数十万 m^3 /年程度あると報告されている。

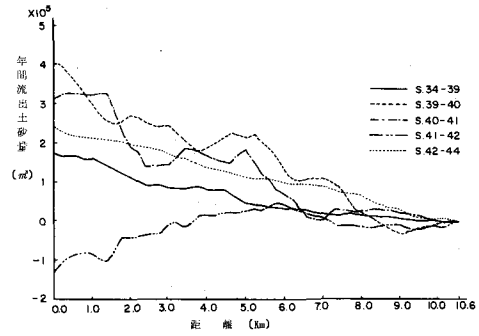


図-9 日野川からの年間流出土砂量⁷⁾

一方、吉川、芦田公式を用いた下流車尾基準点（約3km）における年間掃流砂量は5万 m^3 /年程度である。美保湾沿岸における土砂の変動量400～500万 m^3 /年に比べ、日野川からの年間流出土砂量は1オーダー小さいことがわかる。地形的に、皆生海岸は隣接海岸からの漂砂の供給あるいは、隣接海岸への流出等が考えられないことを考慮すると、水深10mまでの範囲では土砂の収支に関して地形的に閉合されておらず、海底の土砂が年間数百万 m^3 というオーダーで水深10mを境にして岸沖方向に流出入を繰り返しており、土砂移動はかなり広範囲に及んでいることがわかる。なお数百万 m^3 という土砂の変動は、全域で押しなべて考えてみると高さで0.4～0.5mとなる。

(b)沖側土量

昭和48年以降、やや増加傾向を示している。周期的には、夏に堆積、冬に侵食というパターンを繰り返している。

(c)浜側土量

全般的に微増傾向を示しながら安定化状態にある。

(d)下層土量

昭和43年3月から昭和44年8月にかけて下層土量が約250万 m^3 減少しており、汀線幅に換算すると、平均約12mの後退量となる。すなわち、等しく汀線が後退したとして、全域にわたって12mの後退を示したことを示す。季節変動量は約100万 m^3 であり、汀線が5m程度、前進、後退を繰り返していることがわかる。

(e)上層土量

表-2 海岸別漂砂移動状況表

		美保湾沿岸 (延長 20.5 Km)	皆生海岸 (延長 15.6 Km)	日吉津海岸 (延長 4.9 Km)
		底50～底 25 (S.34.3～S.49.3) 底25～底105 (S.41.9～S.49.3)		
全体土砂量		全般的に変化はないが、S.47.9よりやや増加の傾向 季節変動量500～700万 m^3 夏に堆積、冬に侵食	S.44.8より増加400万 m^3 季節変動量400～500万 m^3 夏に堆積、冬に侵食	全般的に大きな変動はない。季節変動量150万 m^3 夏に堆積、冬に侵食
沖側土砂量		やや増加の気配 季節変動量500万 m^3 夏に堆積、冬に侵食	S.48より300万 m^3 の増加、季節変動量300万 m^3	全般的に大きな変動はない。季節変動量は100万 m^3
浜側土砂量		S.46.9より増加100万 m^3 、季節変動量100万 m^3	S.47.8より100万 m^3 の増量 S.47.8より季節変動少く安定している。	全般的に大きな変動はない。季節変動量50万 m^3
下層土砂量 (汀線幅)	S.34.3 S.49.3			日吉津海岸において汀線が平均2.4m後退している。
	S.41.9 S.49.3	美保湾沿岸において汀線が平均4.5m後退している。	皆生海岸において汀線が平均2m後退している。	日吉津海岸において汀線が平均4m後退している。
	S.43.3 S.49.3	美保湾沿岸において汀線が平均9.2m後退している。	皆生海岸において汀線が平均7m後退している。	日吉津海岸において汀線が平均1.0m後退している。
	S.46.9 S.49.3	美保湾沿岸において汀線が平均2.5m前進している。	皆生海岸において汀線が平均6m前進している。	日吉津海岸において汀線が平均5m後退している。
	汀線の季節変動	土量で100万 m^3 汀線幅で平均約5mの変動。	土量で約150万 m^3 の増減があり、汀線が約3mの変動。	土量で30万 m^3 の増減があり汀線が約6mの変動。
その他		S.43.3～S.44.8は平均1.2mの汀線後退をしている。	S.43.3～S.44.8は平均1.1mの汀線後退を示している。	S.43.3～S.44.8は平均1.2mの汀線後退を示している。
上層土砂量		S.44.8より比較的安定している。	S.44.8より比較的安定している。	S.34より常に減少傾向を示している。

上層土量の変動特性も下層土量の変化に対応しており、昭和48年8月以降、回復傾向にある。

これらの結果の他に、皆生海岸、日吉津海岸の土砂移動特性も同様に整理を行った。結果は表-2で示される。

3. 離岸堤の設計⁸⁾

(1) 計画波浪

離岸堤を設置する場合、対象波高をいかに取扱うかが問題となるが、図-3で示したように波高2.5m以上の波が生ずる頻度は非常に少ない。離岸堤計画時（昭和44年）においては、実測波の観測記録が7ヶ年程度しか存在せず、統計的にみた場合、母集団に対し標本が少ない。このため、隠岐島の西郷観測所の、昭和15年から昭和44年に至る30年間の風の資料を基に波高確率計算を行った。結果は図-10で示される。なお、図-10の計算は、各観測年の第1位から第5位までの波高を抽出し、トーマス、グンベル、岩井法により計算を行っている。また、図-10中台湾坊主は、昭和45年1月30日から2月1日に日本海西北に異常発達した低気圧によるもので、表-1で示すように、既往最大値を記録している。

波高の頻度および確率波高を考慮すれば、通常確率的に発生すると考えられる波高は、相当沖波波高 $H_o=2.5m$ 以上が生起する頻度は稀である。また波高確率から判断して、年間を通じて最も発生頻度の多い波高 H_o （日吉津波高計水深10mにおける相当沖波波高）=2.5m程度を目標とすれば、波のエネルギー量が最も大きくなり、離岸堤設置後の遮蔽効果も非常に大きくなるものと考えられる。この波高は通常毎年観測される最大波高程度の規模となる。

(2) 設置位置

前述で述べた海象の諸条件より理論的計画をすることは学問的に未解決である。したがって経験的な設置基準として「海岸保全施設築造基準解説」,「設計データ・ブック」を参考とした。これによると次の条件が示されている。

(i) 荒天時、常に来襲する波浪の砕波位置を避ける。

表-3 推定波による波高確率計算結果

順位	確率年	岩井法	トーマス法	グンベル法
1	1/2	2.56m	2.62m	2.54m
	1/5	3.09	3.19	3.14
	1/10	3.41	3.48	3.53
	1/20	3.70	3.72	3.91
	1/50	4.05	4.00	4.40
2	1/2	2.20	2.23	2.18
	1/5	2.53	2.57	2.55
	1/10	2.72	2.75	2.79
	1/20	2.89	2.90	3.02
	1/50	3.09	3.06	3.32
3	1/2	2.00	2.02	1.98
	1/5	2.26	2.29	2.27
	1/10	2.41	2.43	2.46
	1/20	2.53	2.55	2.65
	1/50	2.69	2.68	2.88
4	1/2	1.86	1.88	1.85
	1/5	2.79	2.13	2.11
	1/10	2.42	2.26	2.29
	1/20	2.64	2.37	2.46
	1/50	2.94	2.49	2.68
5	1/2	1.73	1.75	1.71
	1/5	1.97	2.01	1.98
	1/10	2.12	2.14	2.16
	1/20	2.24	2.25	2.34
	1/50	2.39	2.37	2.56

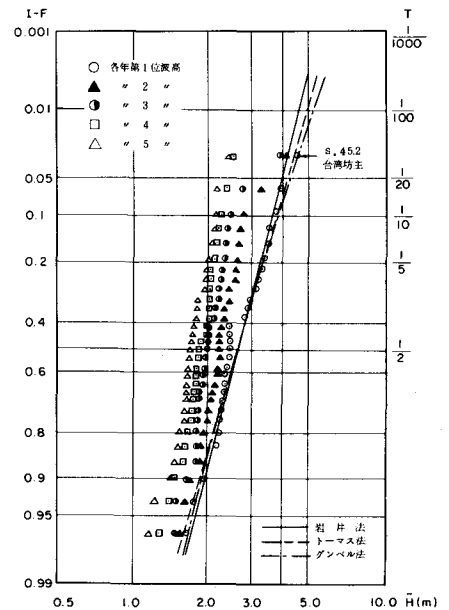


図-10 波高(H1/3) 確率図

(ロ) 砕波による基礎の洗掘、越波のかく乱を避けるには、ある程度の水深が必要である。

(ハ) 砕波後の波が汀線に達するまでにできるだけ多くのエネルギーを消費し得る距離。

(ニ) なるべく汀線近くに設置し工費の軽減を計る。

以上より、(イ)～(ハ)では設置位置は、砕波帯を避けた沖側が良く、(ニ)と相反するが、(1)で述べたように波高 (H_0) 2.5m以上の波が生じることは稀であり、波高2.5mに対応する砕波水深は約3.5～4.0m (汀線より100～150m位置) となる。この地点の変動は毎年実施している深浅測量結果から変動が少なく、構造物を築造した場合、堤体維持が比較的容易であると考えられる。次に上記箇所に離岸堤を設置した場合、構造物によって砕波した波がどの様になるか波の回折を考えた場合、離岸堤の開口部の幅 (B) と波長 (L) との比 (B/L) および波の入射角により回折係数が変化し、回折係数が小さい方が波のエネルギーが弱くなり、漂砂の移動がとまり堆砂現象としてトンボロが発生し易くなる。

図-11はこれらの条件をもとに室内実験した結果である。当海岸での平常時の波浪として $T=8.0\text{ sec}$, $h=-3.5\text{ m}$, $L=50\text{ m}$ を採用すれば図-11 (a) より開口部 $B/L=1$ で回折係数0.2以下が期待できるのは、堤長 $3L=150\text{ m}$, 汀線までの距離 $2L=100\text{ m}$ 以上あれば一応の堆砂現象が表れるものと考えられ、ほぼ仮定した離岸堤の位置 (汀線から100～150m) が適当であることがわかる。(図-12)

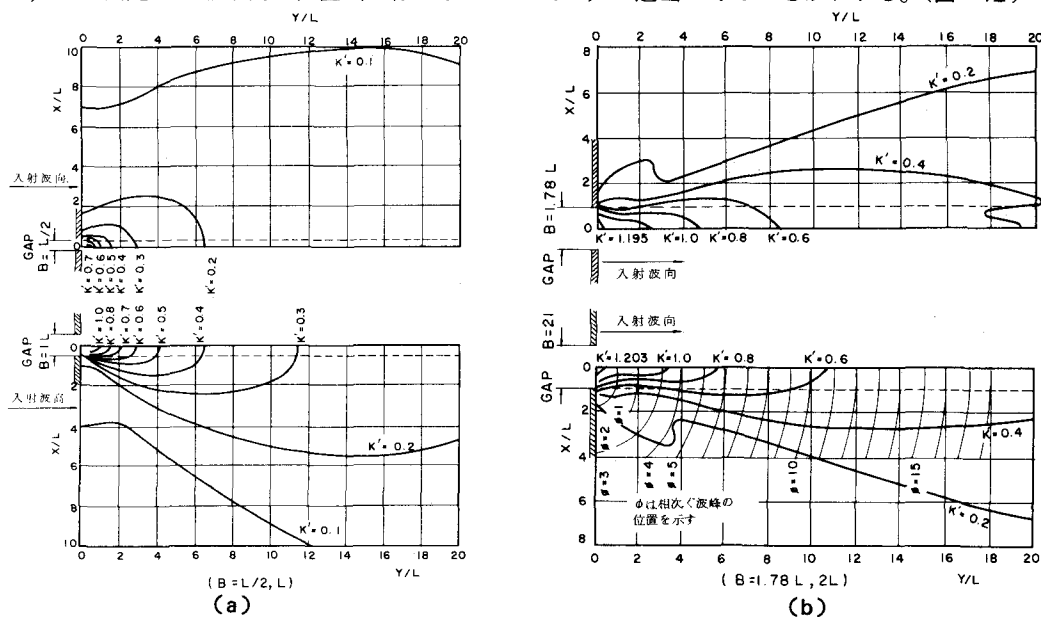


図-11 防波堤開口部からの波の回折

(3) 離岸堤の諸元

(a) 使用ブロック

堤内に使用するコンクリートブロックは、我が国に

おける使用例をみると、テトラポッドと六脚ブロック

が多い。ブロックの必要重量はハドソン公式により計算を行っている。

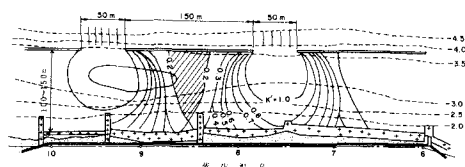


図-12 離岸堤背後の回折図

ハドソン公式を用いて表-4の各

条件について計算した結果は図-13

で示される。

皆生海岸での離岸堤計画波高は、
最多頻度 $H_o = 2.5\text{m}$ を目標としたが、

当海岸で記録された最大記録は、表-1に示す昭和45年
1月31日発生した台湾坊主による観測地点波高 $H_o = 6.0\text{m}$ 、
 $T_o = 9.5\text{sec}$ の実績があり、堤体は既往最大波浪に耐え得
る規模以上を目標とした。この結果、離岸堤設置水深3.5～
4.0mの位置の変形波は、この地点での限界波高以上にな
り得ることはなく、この場合、 $H_b = 0.78 \cdot h_b$ (h_b ; 砕波
水深) より3.5m程度の波高が存在しうる最大波高とな
る。この結果、必要重量は10～12tとなるが、全国の
施行例を参考として16tテトラポッドを使用することに
した。

(b) 堤体高

離岸堤の高さは目的によって異なってくる。消波効果
を考えた場合は h/d (h ; 離岸堤の高さ、 d ; 水深) が0.9～
0.95程度になればその効果が著しいことは、実験結果から推定できるが、侵食の防止、あるいはトン
ボロの発生による海浜の回復のために、どの程度の高さが必要であるかは不明であった。海岸保全施
設設計便覧によれば、期望平均満潮位+0.5m～1.0m程度高くする必要があるとされているが、明確
な証拠がなく、一応暫定断面として施工し、状況に応じ維持、補強することとし高さを決定した。即
ち期望平均満潮位 T.P. $\div 0.5\text{m}$ に対し、余裕高+2.0mを離岸堤高 (T.P. 2.5m) とした。なお、期望平
均満潮位は昭和33年から昭和46年に至る境港検潮所の資料を用いている。(表-1)

(c) 堤頂幅

離岸堤の幅について定説はなく、むしろ高さが波の打上げ高越波量に影響する。このことより幅に
ついてはあまり検討がなされていないようで、全国的な施工例をみても2.4m～8.1mまでの範囲があ
り、使用するブロックの大きさにより定められるのが実情のようである。皆生海岸においては16tブ
ロックを使用することおよび施工の難易度より考えて8.1mとした。基礎については、経済性、施工性
を考慮し、図-14に示す捨石基礎とした。雑石は一般に粒径の混合した捨石材 (20～100kg) を50cm
程度敷き、さらにその上により重い雑石による被覆を行う工法を採用しているが、施工性および雑石
間のなじみを考慮して20～800kgの雑石基礎とした。堤前面は直接波浪に対するため、飛散等を考慮
し、ブロック重量の $1/10 \sim 1/30$ 程度の500～1500kgの捨石を使用した。

表-4 K_d 表

条 件	堤 体 部 分		堤 頂 部 分	
	砕波する(A) 越波を許す	砕波なし(B) 越波なし	砕波する(C) 越波を許す	砕波しない(D) 越波なし
K_d	6.6	8.3	5.0	6.5

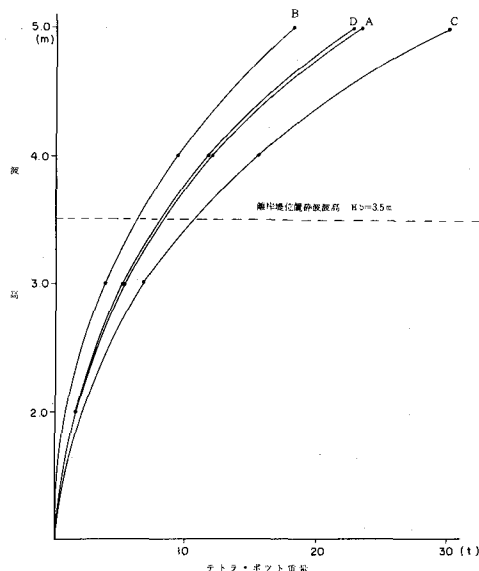


図-13 テトラポッド重量

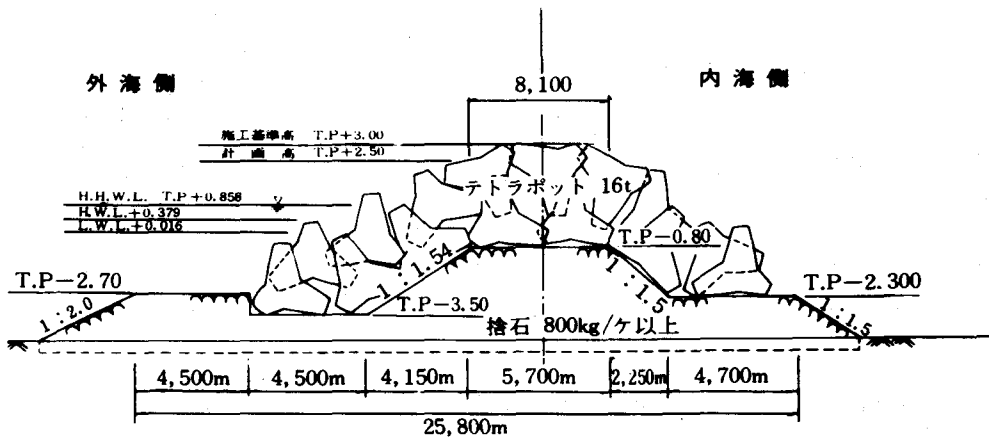


図-14 離岸堤標準断面図

4. 離岸堤の工事^{9) 10)}

(1) 工事と気象

日本海の場合、11月～3月は冬期風浪が強く、海上作業は不可能であり、5月～9月が作業可能期間となる。さらに海上でのブロック運搬据付は、有義波高が0.3～0.5m程度になれば作業は不可能である。このため、工程には特に配慮する必要がある。表-5に昭和55年度の実作業日数を示す。

表-5 昭和55年度皆生海岸実作業日数

		月別						
内容		5	6	7	8	9	10	計
全日稼働	陸上		27	17	10			54
	海上		17	19	16	19		71
半日稼働	陸上							
	海上							
休	陸上	4	3	13	21	30	15	86
	海上	4	13	12	15	11	15	70

(2) 施工

作業には雑石のストックヤードおよび積出し施設、ブロックの製作ヤード、ストックヤード、荷積施設が必要である。これらは離岸堤に近いほど有利であり、堀川河口付近の海浜と突堤を利用している。

(a) ブロック製作

ブロック（16t）の高さが2.8mとかなり大きいので、コンクリートはペイロードのバケット（0.8m³）で持ち上げ、縦シュートによるコンクリート打設を行う。型枠の組立て、脱型は20t吊りクローラー・クレーンを使用する。また、脱型まではシート養生を行い、脱型後は被膜養生を行う。

(b) 捨石基礎

堀川河口付近の海浜に集積した捨石は、捨石運搬船（450t積）及びガット船（290t積）により積込、海上運搬し、所定の捨石場所へガットにより投入する。捨石の均しは、捨石運搬船、ガット船及び二又潜水夫船と潜水夫により行う。

(c) ブロック据付

ブロックは、クローラー・クレーン（40t吊）及びトレーラートラック（20t）で前浜に集積し、500t

台船に積込む。ブロックを積込んだ台船は、230 HPの曳船により施工場所まで曳航し、台船設置の150 t吊クレーンと潜水夫により据付を行う。

(3) 沈下と復旧状況

各離岸堤とも施工基準高T.P.+3.0mに対し規格値±30cmの範囲で施行されている。設置後の全体の平均天端高の推移を図-15に、両端部の平均天端高の推移を図-16に示す。なお両図において天端高が前回に比べ上昇しているのは、補修嵩上げによるものである。離岸堤の沈下は皆生の場合、離岸堤の端部の沈下が、他の直轄海岸と同様中央部に比べ卓越する傾向にある。図-15、16に示されるように、第2号堤を除き冬期風浪により設置一年内の沈下量が最も大きく、その後は比較的安定している。各堤により沈下量は異なるが、図-15で示す全体の沈下量は最終的には平均約60cm、図-16で示す端部の沈下量は最終的には平均約1.5m程度になり、計画高以下になることが予想される。

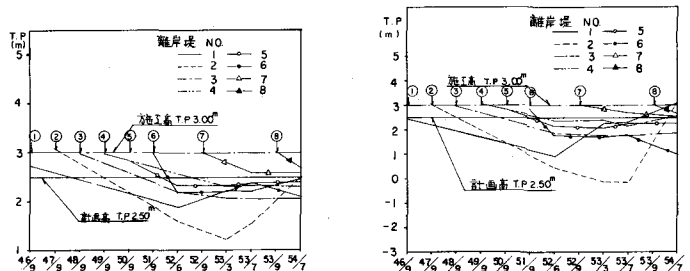


図-15 天端高の変化(全体) 図-16 天端高の変化(両端)

図-17は、特に沈下の著しい昭和47年設置の第2号堤の復旧状況を示したものである。第2号堤の場合両端部の沈下が著しく、昭和53年に両端の嵩上げ復旧を行ったところ、その後中央部もさらに天端が下がったため、昭和54年度に再度復旧を行っている。

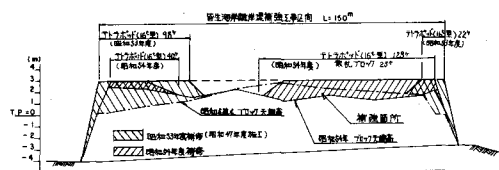


図-17 第2号堤の復旧状況

5. トンボロと海底変化

離岸堤設置後のトンボロの発生および海底変化については昭和46年度に第1基が施工されてより、現在までに、豊島・定道¹¹⁾、豊島¹²⁾、豊島・西谷・速水¹³⁾により報告されている。以下、その概要について示す。なお皆生海岸の離岸堤は最も侵食が激しいこと、背後地の重要度を考えて、昭和46年度より皆生温泉前既設護岸の前面約110m、水深5～6mの海底に1号堤が設置されて以来、毎年1基ずつ(現在11基)設置されている。

(1) 1号堤～3号堤設置当時¹¹⁾

図-18は離岸堤着工当時から3号堤設置までの間の海底変化を示したもので、(a)は1号堤施工当時の昭和46年9月と翌47年3月との比較、(b)はその翌年48年8月で3基めの離岸堤竣工直後の状況、そして(c)はさらに一冬越えた49年3月の状況をいずれもその前回と比較したものである。

図-18(a)に示すように、1号堤施工当時の昭和46年9月には-2.5mのコンターは岸近くに迫り、護岸前面の大部分は砂浜もなく、離岸堤設置位置の水深は5mを越えていた。離岸堤竣工後一冬を過ぎた翌年3月には図の実線で示したコンターのようになり、トンボロが発生するとともに、-2.5mのコンターがもとの-5mのコンターの位置まで前進し、-5m、-7.5mのコンターもそれぞれ沖側へ移動し、沖側も浅くなっている。一方、測点10～12付近までの砂浜はやや後退している。この部分の砂はトンボロの形成に関係があると思われる。

図-18(b)は1年半後の昭和48年8月、3号堤竣工当時の状況である。2号堤にもトンボロが発生しているが、1号堤のトンボロの一部が2号堤に移動した印象を受ける。開口部は少し掘れて深くなっているが、沖側は前回よりさらに深くなっている。

図-18(c)は昭和49年3月の状況である。1号、2号ともトンボロは成長し護岸付近の標高は+3mを越えている。3号堤のトンボロはあまり大きく発達していない。

次に、この期間に、トンボロの発生により大きく堆積した測点8について過去の断面変化を調べてみたのが図-19であり、昭和33年8月以降比較的断面変化の激しかった測量成果を対比させたものである。この結果変化の少ない時は数年を経過してもあまり大きな変動は認められないが、大幅な変動がある時は数ヶ月を経ずして膨大な土砂移動があることがわかる。

特に昭和38年3月から同年8月に至る間に、全断面について2mないし4m以上の大幅な海底洗掘が認められる。一方、離岸堤設置が始まった昭和46年9月と、この地域に2号堤が設置されて1年半経過した昭和49年3月との断面を比較すると、2～5mの砂堆積が認められる。しかもこの49年3月の断面は、昭和33年8月の断面に比べると海底土量そのものはあまり大きな差は認められないが、その汀線位置については大幅な前進を示しており、単純に海岸侵食を汀線の前進と同列に扱うことの矛盾を示しているといえることができる。

このような観点から同じ測点8について、図-20に示される各位置について海岸変動状況をプロットしたのが同図に示される汀線幅の変化、水深の変化である。

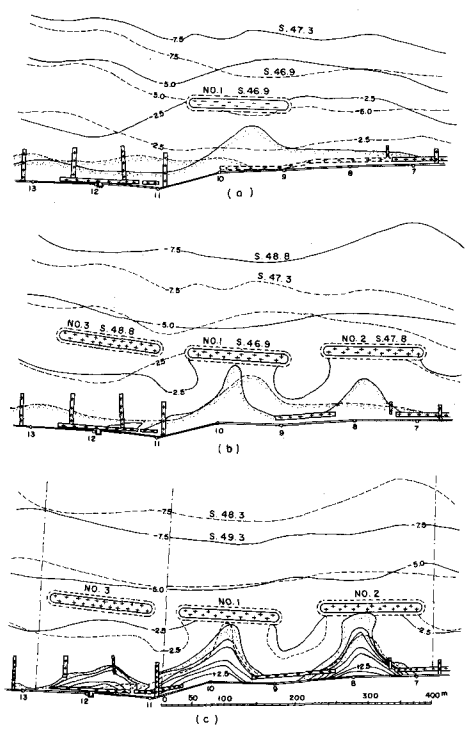


図-18 離岸堤設置と海底変化

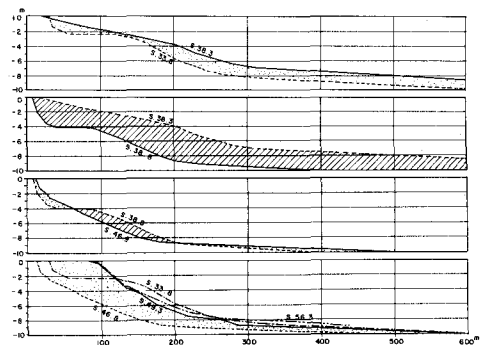


図-19 測点8における海底断面変化

これによれば、図-19に示された大きな変動の時期が明らかに示されていると同時にB点の昭和39年3月における飛躍的上昇を別とすれば、各位置、汀線とも概ね同様の傾向を示しながら、離岸堤が設置された昭和46年9月まで漸次侵食傾向が進行していったことがわかる。昭和46年9月、離岸堤が設置されてからは、汀線（S）及びA点の堆積傾向が顕著であるが、沖合のB、C点の変動はそれほど大きいものではない。

次にその各測点ごとに最も大きな変動を示している沖合200m地点、図-20のB地点について各測点ごとに過去の海底変動状況を示したのが図-21である。これによれば著しく大きな海底変動が生じた点が2回存在する。1つは離岸堤の東側領域である測点2および4の昭和41年の堆積、他は昭和38年における測点6～

12までの区域での著しい侵食である。測点6～12までが一応離岸堤領域と考えられているが、海底変化もわずか200m（測点間隔は100m）離れるとかなり大きな変化があるということがわかるとともに、1つの気象擾乱で沿岸一帯が必ずしも同じ動きをするものではないことを示している。

(2) 4号堤～6号堤¹²⁾

図-22は6号堤が設置されて後約半年を経過した昭和52年3月の状況である。離岸堤の背面にはいずれもトンボロが発達し、図-18(a)では平均5～6mあった離岸堤設置予定位置の水深は、開口部を除き、ほぼ2mとかなり浅くなっている。

離岸堤の岸側のみならず沖側も全面的に浅くなっている。-3mのコンターは、全面的に沖側に移動

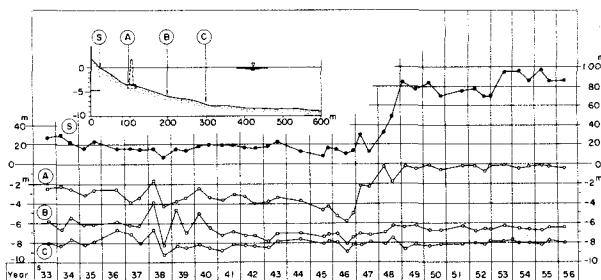


図-20 測点8における海底変化

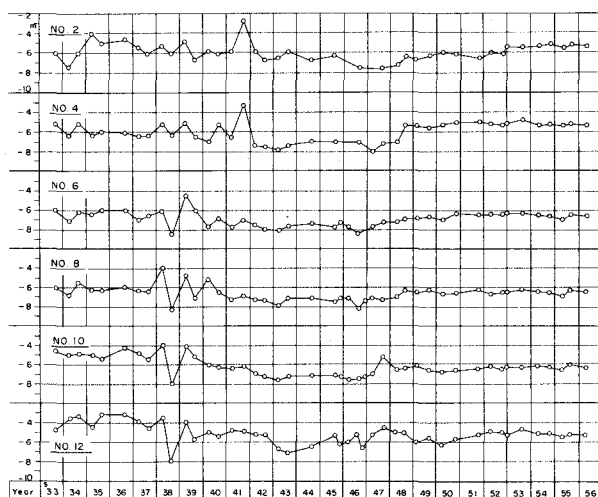


図-21 沖合200m地点の海底変化

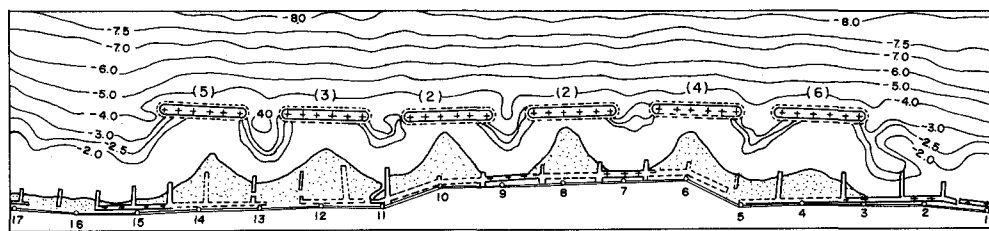


図-22 昭和52年3月

するとともに、汀線にはば平行になっている。このような傾向は、1～3号堤設置当時と同様沖合の海底の安定化傾向が継続している。

- この期間を通じての主だった点は以下である。
- (イ) 冬期波浪後は全般的な堆砂傾向を示し、新設した離岸堤も冬期風浪により急激な堆砂が進行する。
 - (ロ) 逆に春から夏にかけては砂が持ち去られる場合が多い。
 - (ハ) 離岸堤を新設するたびにその岸側のみならず、沖側も浅くなるとともにコンターが次第に平滑し、かつ汀線に平行になって安定化する傾向が認められた。

(3) 7号堤～10号堤¹³⁾

図-23は第10号堤が設置されて約半年を経過した状況を示したものである。

離岸堤の背面にはいずれもトンボロが発達し、第10号堤背後にも設置後約半年で離岸堤背後に達するトンボロが順調に発達している。離岸堤沖側のコンターはその後も依然としてはば汀線に対し、平行の状態が持続しており沖合海底の安定傾向が引き続き認められる。この期間内には、昭和54年10月18～19日に7920号が来襲しており、最大波浪 $H_{1/3} = 4.16\text{m}$ 、 $T_{1/3} = 8.30\text{sec}$ 。（日吉津観測地点）を記録している。台風直後の測量成果がないため、推定の域を出ないが、かなりの規模の沖合に至る土砂の移動が生じ、逆に堆積する傾向が認められている。この結果、ある程度の異常気象に対しても離岸堤の機能は維持されるようである。

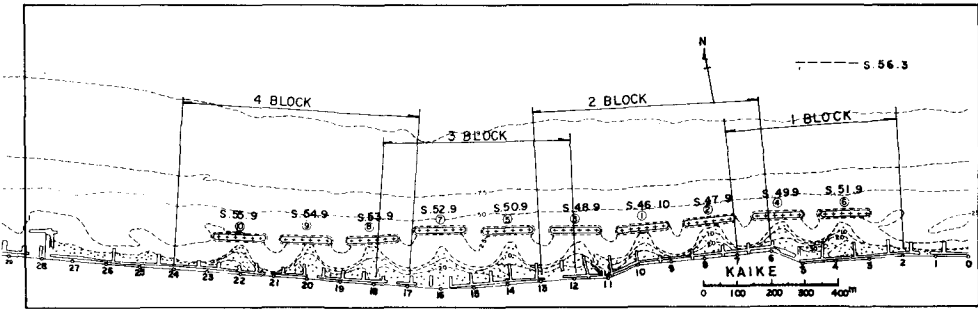


図-23 昭和56年3月

夏場、冬場において、夏場にトンボロの面積が減少、冬場に増大する傾向が顕著なことより、昭和54年の冬場と夏場の日平均波浪をもとに、沖波波形勾配、沖波波高の頻度分布を示したのが図-24、図-25である。

両図より、冬場は夏場に比べ、波形勾配、沖波波高とともに、それぞれ分布域が値の大きい方に移動している。また7920号の波形勾配は0.041で冬期風浪に近い波形勾配、波高となる。この結果、皆生離岸堤の場合、冬場および台風時は碎波点が沖側になるので浮遊状態の砂が離

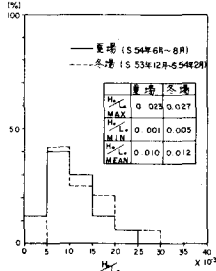


図-24 夏場・冬場の沖波波形勾配分布

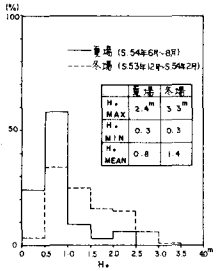


図-25 夏場・冬場の沖波波高分布

岸堤内にたまるが、夏場の開口部近くで砕波する波では離岸堤内部に運搬される砂より、冬場に発達したトンボロにより堤内の水面積が減少する。そのために生ずる堤内の水位上昇をともない発生する戻り流れにより沖に運搬される砂の量が多く、このためにトンボロが減少するのではないかと考えられる。

次に、沖合のコンターの変動状況を把握するため、昭和52年3月を基準として、最近までの水深5m, 7.5m, 10m (一部)のコンターの測線からの変動距離を図-23に示す4ブロックを対象として各平均値を図-26に示す。この結果、各ブロックとも水深5m, 7.5mまでは概ね安定していることがわかる。

季節的には、夏期にややコンターが沖側に移動し堆積傾向を示し、冬期には浜側に移動し水深の増加を示すが、全般的には移動の幅は各ブロックの最大値で、水深5m, 7.5mは30m, 水深10mは90m以内であり、コンターの平行、平滑、安定化の傾向が引き続き認められる。

沖側コンターの安定状況は各ブロックにより多少の差異があり、初期に着工した第2ブロックの変動に比べ第4ブロックの前面海底におけるコンターの移動はやや変動幅が大きい。水深10mコンターについては第2ブロックが最も安定している。

図-23で示す沿岸方向に4ブロック、沖合方向には離岸堤中央部より岸側、沖側(水深10m)の2つに分割を行い、昭和46年9月を基準とした土量変化を図-27に示す。初期に設置された2ブロック及び沿岸漂砂の最上手側にあたる1ブロックの堆砂量は岸、沖側両方とも他のブロックに比べ多く、特に岸側土量については増加傾向にある。3, 4ブロックとも上手側の離岸堤設置により、岸側、沖側土量とも減少傾向を示すが、離岸堤が新設されると岸側の土量はトンボロ発生により増加傾向を示す。沖側土量については昭和54年9月に減少して以来、基準年の昭和46年9月を下回っており、この傾向は3ブロックに比べ4ブロックが顕著である。

図-28は各離岸堤設置後の離岸堤岸側の堆砂土量の増減を竣功時を基準として示したものである。各堤とも竣功後はじめての冬期風浪により急激な堆砂が進行している。最初に設置された第1号堤は若干の季節変動を示すが、ほぼ平衡状態となって

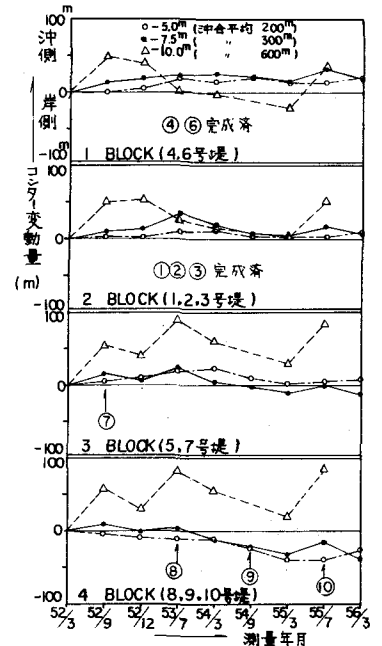


図-26 沖合コンターの変化

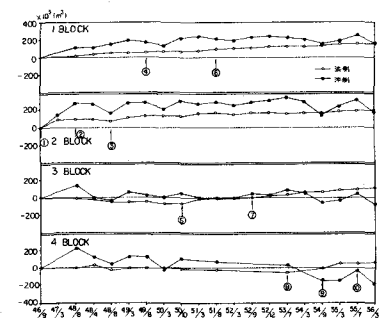


図-27 離岸堤周辺の土量変化

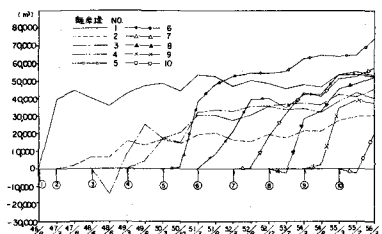


図-28 離岸堤岸側の堆砂量

おり、平均45,000m³程度の堆砂量を示している。堆砂量の最も顕著な例は第5号堤で約70,000m³程度の堆砂量を示す。第2号堤の設置後の堆砂状況は新設の第10号堤を除く他の離岸堤に比べ小さく、現在30,000m³程度である。昭和56年3月現在の全離岸堤の平均堆砂量は約45,000m³程度である。(離岸堤岸側の堆砂厚にして約1.5m)

おわりに

皆生海岸における海岸保全施設整備事業のうち皆生工区については、離岸堤の建設も昭和57年度で12基となり、保全施設として十分その機能を発揮してきている。今後は次の事項を念頭においてさらに事業を進めて行きたい。

(1)海岸侵食の防止による国土の保全

日吉津及び両三柳工区において、現在発生している海岸侵食及び今後予想される海岸侵食の防止と国土の保全を図る。

(2)海岸環境の保全と向上

皆生工区においては、離岸堤の設置以降、護岸前面はトンボロの発達によって海岸線は大きく前進し、既設構造物の保護と併せ海浜利用のための広場が確保され、一応の目的を果たしている。今後は景観の向上を図り、防災面と併せて海洋レクリエーション基地としての整備を図る。

(3)海洋事業と漁業との調整

皆生海岸の直轄区域には、2漁業協同組合が関係し、漁業権としては共同漁業権が存在している。また、沖合一帯では、沖合許可漁業が操業されている。海岸侵食による海浜の減少や海岸工事による護岸、突堤、離岸堤などの構造物によって自然浜を利用していた漁船の収容が困難になったこと、及び地曳網操業が困難となったことにより、一部沿岸漁業から沖合漁業への転換が行われていることを考慮し、従来の漁業補償と併せ、地元県市町村の協力のもとに、海岸における船の繫留施設の整備をはかるなどの対策を図る。

参 考 文 献

- 1) 鳥取県漂砂対策委員会編；漂砂対策調査報告書，昭和25年4月。
- 2) 建設省河川局海岸課監修，社団法人全国海岸協会編集；海岸－30年の歩み，昭和56年7月。
- 3) 染矢 聡；皆生海岸の侵食について，第10回海岸工学講演会論文集，昭和38年。
- 4) 馬場和秋・河村信武・成石治郎；皆生海岸の侵食について，第15回海岸工学講演会論文集，昭和43年。
- 5) 安藤 丘・佐久間良知・田村末次・藤原達雄・野田英明；皆生海岸の侵食とその対策，第19回海岸工学講演会論文集，昭和47年。
- 6) 荒木弘一・永田瑞穂・高塚一雄；美保湾沿岸における海岸侵食の実態について，第25回管内技術

研究発表会，昭和49年。

- 7) 野田英明；皆生海岸における海浜過程について，第21回海岸工学講演会論文集，昭和49年。
- 8) 赤木正文・荒木弘一・藤原達雄；皆生海岸の離岸堤について，海岸14号，社団法人全国海岸協会，昭和49年。
- 9) 奥田 寛・山村恵徳；皆生海岸離岸堤について，第28回管内技術発表会，昭和52年。
- 10) 田村末次；離岸堤工事の経過とトンボロ，第26回建設省技術研究発表会，昭和48年。
- 11) 豊島 修・定道成美；皆生海岸におけるトンボロと海底変形，第21回海岸工学講演会論文集，昭和49年。
- 12) 豊島 修；離岸堤設置による海底変形，第24回海岸工学講演会論文集，昭和52年。
- 13) 西谷康男・速水正辰・豊島 修；離岸堤の堆砂効果と海底変化，第28回海岸工学講演会論文集，昭和56年。