

皆生海岸における海浜地形変化の解析

石橋正穂*・宇多高明**・岸田正人***・清水生一***

1. ま え が き

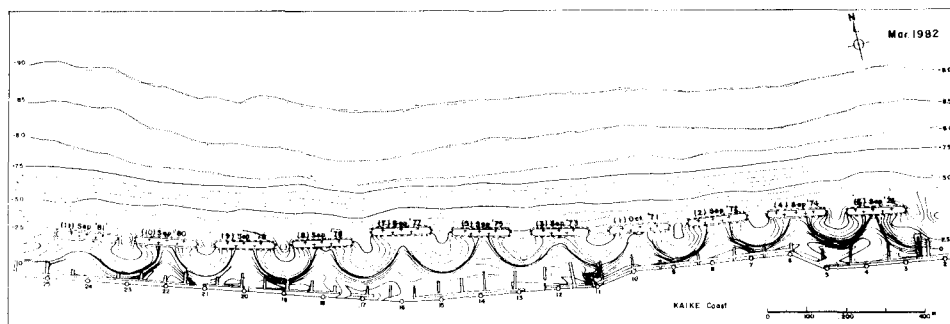
皆生海岸では、海岸侵食を防止するために、昭和 46 年より離岸堤が建設されてきた。離岸堤は現在 12 基を数える。この間離岸堤の背後には大きなトンボロが発達し、前浜の拡大に離岸堤は有効に機能したが、豊島ら^{1),2)}および西谷ら³⁾は深浅測量図を経年的に比較することによって、これらの離岸堤の堆砂効果と海底地形特性を明らかにした。豊島らの研究によって離岸堤周辺の堆砂機構について多くの知見が得られたが、なお解決すべき点も少なくない。例えば 1) 土砂はどこからどの様にして運ばれたか、2) 離岸堤が沖合の海底地形変化にどのような影響を持つか、などが問題点として挙げられる。本研究の目的は、皆生海岸の深浅測量データを解析することによって上記の問題点を明らかにすることにある。

解析を行うべきデータは、昭和 46 年より毎年 1 回行われている深浅測量データである。一般に、深浅測量の結果は等深線図として表示されているが、この等深線図を単に経年的に比較するのみでは地形変化を定量的に議論することは相当難しい。一方数値化したデータを用いて固有関数展開を行う方法もあるが、多大な労力を必要とするものの、地形変化特性を十分見出すことができない場合も多い。このような点を考慮して筆者らの 1 人⁴⁾は基準点より一定水深の等深線までの水平距離（等深

距離）の時間的、空間的变化より地形変化特性を論ずる方法を提案したが、本論文ではこの方法を用いて皆生海岸の海浜地形変化の解析を行った。解析の結果、離岸堤沖合の海底において、第 ① 号離岸堤を境いとして、この地点より上手で堆積が、逆に下手では侵食が生じたことが明らかになった。

2. 調査方法

皆生海岸では、毎年ほぼ 1 回深浅測量が行われている。測量は古くから行われているが、ここでは昭和 46 年より 57 年まで 14 回の測量結果を用いて解析を進める。測量は 100 m 間隔で行われており、全体で 26 測線からなる。測線配置は図一 1 に示すとおりである。測線 No. 1 は日野川左岸に位置し、測線は西向きに配置されている。なお測線 No. 5 から No. 11 までの間は堤防法線が曲がっているため、海側に突き出た条件となっている。海岸には離岸堤が 12 基設置されているが、これらの離岸堤は長さが 150 m、間隔が 50 m である。測線と離岸堤の関係として、偶数番の測線がちょうど離岸堤の背後に位置している。解析では基準点より一定水深までの岸沖方向の水平距離（等深線距離）を各測線ごとに読みとった。読みとった等深線距離は水深 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10 m のものである。



図一 1 皆生海岸深浅図

* 正会員 建設省中国地方建設局倉吉工事事務所長
 ** 正会員 工博 建設省土木研究所海岸研究室長
 *** 正会員 建設省中国地方建設局倉吉工事事務所

3. 調査結果

図-1 は昭和 57 年 3 月の深浅図である。離岸堤は ①号堤が昭和 46 年 10 月に測線 No. 10 上において建設され、その後この離岸堤の上手（右側）、下手の順に毎年 1 基ずつ ⑦号堤まで建設された。また ⑧～⑪号堤は西向きに順序良く施工された。図-1 に明らかなように、離岸堤の背後にはいずれも大きなトンボロが成長している。

各年度の深浅測量の結果は図-1 のような深浅図としてまとめられているので、これらより等深線距離を読みとることができる。得られた等深線距離は横軸に沿岸方向距離をとり、測量年度パラメーターとして図示した。この結果、 $h=0\sim3\text{m}$ の等深線距離の変化については、離岸堤背後のトンボロの経年的形成と良い対応が得られた。一方水深 $h=5\sim8\text{m}$ の等深線距離については興味深い変化が見出された。これらの等深線距離の変化はともに良く似た変化であるために、代表的にまず $h=5\text{m}$ の等深線距離の変化を詳しく調べてみる。

図-2 は水深 5 m の等深線距離の場所的分布を示す。横軸は 100 m 間隔の測線番号を、縦軸は基準点から沖向きに測った距離である。図には 6 年分のデータが示されている。既に述べたように測線 No. 6～No. 10 は基準点の位置が他の点よりも海側に位置しているために、等深線距離の絶対値ではなく、相対的变化に注目すべきである。図-2 によると、昭和 46 年と 57 年の間で、ほぼ測線 No. 10～No. 15 を境いにそれより右側（東側）では等深線距離が約 90 m 増加し、また左側（西側）では約 100 m 後退したことがわかる。また測線 No. 10 より東側では堆積する場所が次第に右側（東側）へと移っていった。一方測線 No. 15 より左側（西側）では侵食位置が次第に西へと移動した。皆生海岸における漂砂は西向きが卓越する¹⁾が、上述の結果はあたかも測線 No. 10～No. 15 の間に大きな突堤が存在し、それによって西向きの漂砂がしや断されたとき生ずる地形変化と同一である。なお図-1 から明らかなように離岸堤の設置水深は 2～3 m であり、5 m の等深線は離岸堤より沖にあることに注意すべきである。

図-2 は水深 5 m の等深線距離に関して、測量年度をパラメーターとして場所的分布を描いたものであったが、場所をパラメーターとして時間的変化を調べることも可能である。図-3 は水深 5 m の等深線

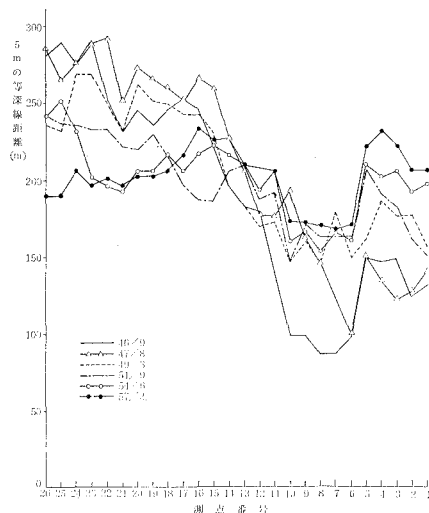


図-2 水深 5 m の等深線距離の場所的分布

距離の変化量（初期値は昭和 46 年 9 月とする）の経年変化を示している。横軸は測量年度を示す。各測線の値は縦方向に 1 目盛ずつずらして描かれており、また 1 目盛は 100 m である。さらに図中の数字と矢印は ①～⑪

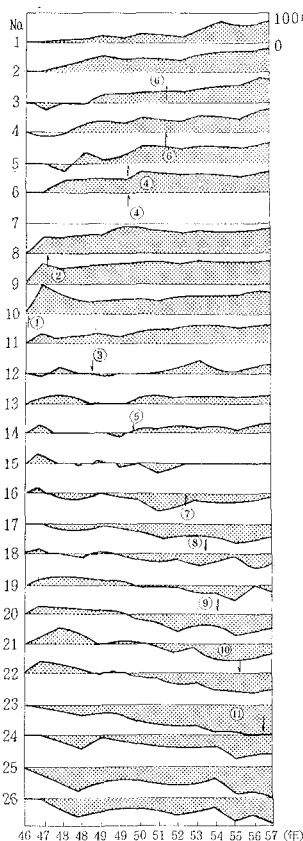


図-3 水深 5 m の等深線距離の経年変化

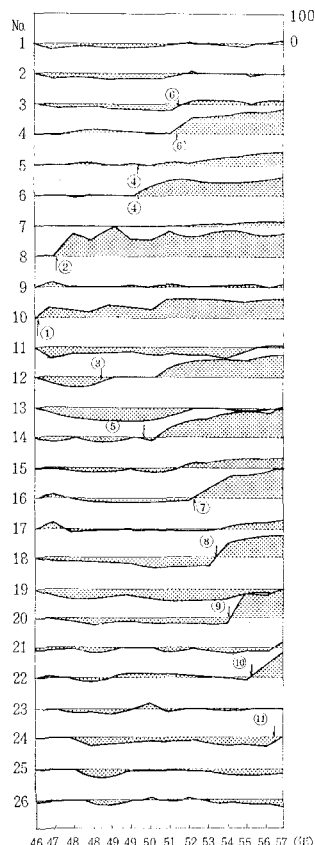


図-4 汀線距離の経年変化

号離岸堤の建設時期を示す。図-3によると、水深5mの等深線距離は測線No.10において昭和46年より47年の間に急速に増加した。この測線より上手に位置するNo.9~No.1では等深線距離はいずれも増大しており、しかも測線No.10より離れるにしたがい、変化の生ずる時期が次第に遅くなることが特徴的である。一方測線No.11~No.15に関しては、No.11はNo.10に近接しているため等深線の前進が見られるが、No.12~No.15では有意な変化は少ない。これは図-2で明らかにしたように、これらの測線が堆積領域より侵食領域に変化する境界にあるためである。さらに上手側の測線No.16~No.26では測線No.1~No.10と対照的にいずれも等深線が後退した。測線No.19~No.22では最初のうち前進したが、全体的に見るといずれも後退している。測線No.10~No.15を境に堆積、侵食と変化は逆であるが、それらの変化はいずれも長い時間スケールを持っており、②~⑩号離岸堤建設の影響は明確には現われていない。

一方、水深0mの等深線距離(汀線距離)の変化は離岸堤の建設によるトンボロの形成と良い対応関係を示す。図-4は図-3と同様な手法によって昭和46年9月を初年度としたときの汀線距離の変化をまとめたものである。横軸は時間を表わし、各測線の値は縦方向に1目盛(100m)ずつずらして描かれている。図中の数字と矢印は①~⑩号離岸堤の建設時期を示す。離岸堤は偶数番号の測線上で建設されているために、偶数測線上で汀線の前進量が大きい。これは離岸堤背後のトンボロの形成に対応している。各測線とも離岸堤の建設以前は汀線の変化は小さかったが、離岸堤が建設されるとすぐに汀線が前進し、その後安定していることがわかる。以上の変化は水深5mの等深線の挙動と相違し、侵食、堆積の長期的トレンドは持たず、各離岸堤の建設と対応関係を有していることが特徴的である。

次に各測線における地形変化を詳しく調べるために、各測線ごとに全等深線距離の変化を調べた。図-5は日

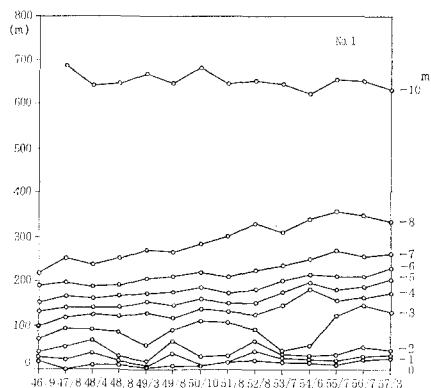


図-5 等深線距離の経年変化(測線 No. 1)

野川河口左岸に隣接する測線No.1における等深線距離の経年変化を示している。図にはすべての等深線距離が記入されており、横軸は時間を、縦軸は基準点より沖向きに測った距離を示す。図によると、水深4~8mの等深線は昭和46年9月以来、55年7月まで経年的に単調に前進したことがわかる。一方、水深10mの等深線は変動はあるものの有意な変化は存在しない。また0~2mの等深線にも変化は少なく、汀線は前進していない。このような等深線の変化は、その変化状況より判断すると沿岸漂砂による地形変化と考えられる。なぜならば岸沖方向の漂砂による地形変化であったとすれば、ある等深線距離の時間的増加は、他の等深線距離の減少と必ず対応していなければならないが、そのような変化は図-5では見られないからである。

図-6は測線No.4における等深線距離の変化を示す。図はいくつかの特徴を示している。まず水深3~8mの等深線距離は昭和46年以来経年的に増加し、53年以後はほぼ一定となった。これは52年までは沖合に土砂が次第に堆積したこと、またその後は堆積があまり生じていないことを表わしている。同様な変化は測線No.1でも見られたが、平衡状態に達する時間が約2年間短くなった点が相違している。これは測線が堆積・侵食の変化位置である測線No.10~No.15測線に近接したためである。また図-6によると水深10mの等深線には有意な変化が存在しないことがわかる。さらに水深0~2mの等深線距離は昭和51年に急激に前進したが、これは測線No.4の前面に⑥号堤(図中⑥と表示)が建設されたことによってトンボロが急速に成長したことを表わしている。

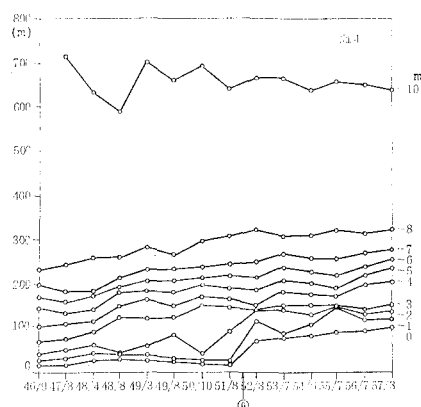


図-6 等深線距離の経年変化(測線 No. 4)

図-7は測線No.8における等深線距離の変化を示している。再び水深3~8mの等深線距離はともに良く似た変化をしており、昭和46年9月と47年8月の間に急激に変化し、その後はほぼ平衡状態にある。測線No.8は第①号離岸堤の建設された測線No.10より漂砂の

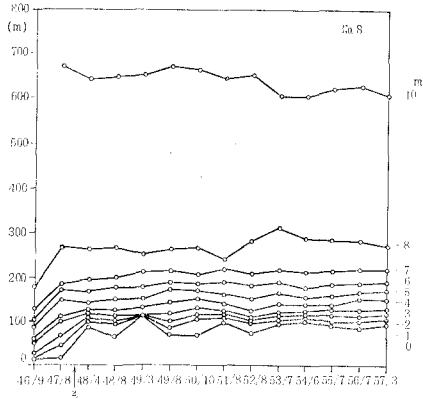


図-7 等深線距離の経年変化 (測線 No. 8)

上手側 200 m に位置する。第 ① 号離岸堤は昭和 46 年 10 月に完工しており、図-7 における等深線距離の急激な変化は、離岸堤によって沿岸漂砂が阻止されたために生じた変化と考えられる。また水深 0~2 m の等深線距離の変化は、3 m 以深のものよりも平衡状態に達するまでに長い時間を要しているが、これは ① 号離岸堤の建設の影響と、その後 47 年に完成した ② 号離岸堤によるトンボロ形成の効果とが重なったためである。水深 3~8 m の等深線は、図-6 に示した測線 No. 4 においては昭和 46 年に変化が始まり、52 年にほぼ平衡に達したが、測線 No. 4 よりも 400 m 下手側に位置する測線 No. 8 では同様な変化が昭和 47 年まで 1 年間で生じたことがわかる。また図-7 によると、水深 10 m の等深線距離は緩やかな減少傾向となっている。

図-8 は測線 No. 14 における等深線距離の変化を示す。既に図-2 で示したように、測線 No. 10~No. 15 は堆積領域と侵食領域との境界に位置する。図-8 はこれらの代表として測線 No. 14 の変化を示しているが、顕著な特性が現われている。すなわち水深 3~10 m の等深線は長期間のトレンドを持たず、昭和 46 年以来平衡を保っている。これは測線 No. 1, 4, 8 において等

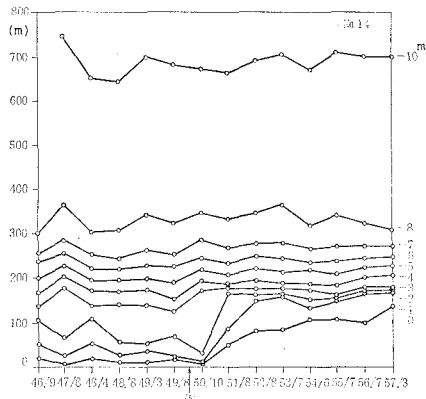


図-8 等深線距離の経年変化 (測線 No. 14)

深線距離が時間的に増加する傾向を持っていた点と良い対照をなしている。一方水深 0~2 m の等深線距離はいずれも昭和 50 年より 52 年の間に増加したが、これは測線 No. 14 の上に ⑤ 号離岸堤が建設され、それによってトンボロが形成されたためである。トンボロ形成時の等深線距離の変化は、他の測線でも見られたが、図-8 の場合は他のものと異なり、まず水深 2 m の等深線距離が平衡状態に達し、次いで水深 1 m, 0 m と平衡状態に達するまでに要する時間が異なっている。これはトンボロが形成される際離岸堤側から徐々に堆砂が生ずることを示している。

図-9 は測線 No. 20 における等深線距離の変化を示している。この測線は侵食領域に位置する。図-9 によると、水深 4~8 m の等深線距離は昭和 47 年より 55 年まで連続的に減少したことがわかる。また 55 年以降はほぼ平衡状態にある。このような等深線距離の減少は、測線 No. 1, No. 4, No. 8 における等深線距離の増加と良い対応を示している。水深 3 m の等深線距離は変動のみ大きい。水深 0~2 m の等深線距離の変化は再び離岸堤 (④ 号堤) の建設と良い対応を示す。すなわち汀線距離は昭和 46 年より 54 年まで減少傾向にあったが、54 年より 55 年の間急激に前進した。これは図中 ⑨ で示されるように ⑨ 号離岸堤が昭和 54 年に建設されたため生じた変化である。またこの測線では水深 10 m の等深線距離は緩やかな減少傾向を持っている。

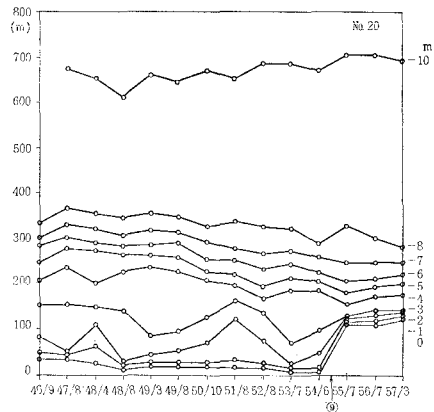
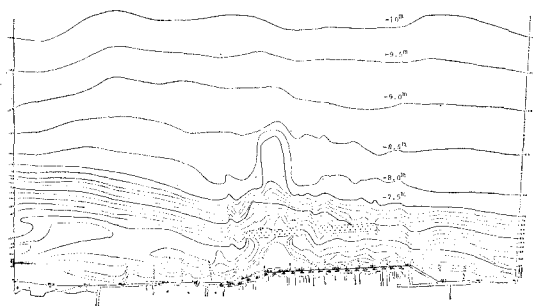


図-9 等深線距離の経年変化 (測線 No. 20)

以上図-5 より図-9 で明らかにしたように、離岸堤より沖合の海底では測線 No. 10~No. 15 を境にしてそれより東側では堆積が、また西側では侵食が生じた。このような変化はあたかも測線 No. 10~No. 15 の間に突堤があったときの変化と同一である。ただし大きな地形変化の生じた領域は離岸堤より沖合であるために、離岸堤が直接そのような効果を持ったとすることはできない。この原因の一端は ② 号離岸堤建設直後 (昭和 47 年 8 月) の深浅図 (図-10) より明らかにすることができ



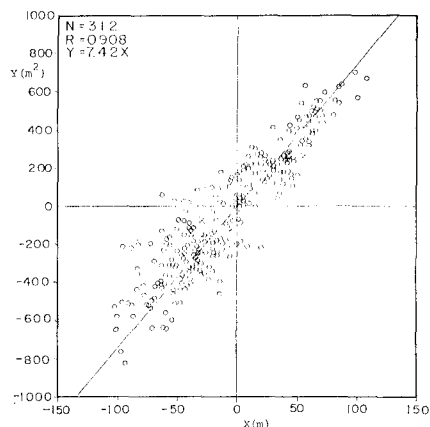
図—10 昭和47年8月の深浅図

る。図によれば、①号離岸堤の沖合に凸形に土砂が堆積している。この突起状の地形は、②号離岸堤の建設時、マウンドを設置するために掘削した土砂を①号堤の沖へ捨てたため生じたものである。この突起部分はその後49年9月の測量結果によると小さくなったが、海岸の地形変化の場所的・時間的特性を考えると、これが海岸の侵食、堆積に重要な役割を有していたと推測される。しかし、正確な理由については明らかではなく、今後さらに検討を加える必要がある。

皆生海岸の海底地形変動の状況が明らかになったので、次に海浜断面積の変化と等深線距離の変化の関係について考察する。このため水深5mの等深線距離と水深0~10m区間の海浜断面積の変化量との関係を調べたところ、図—11に示すように相関係数0.91という良い相関関係が見出された。図の実線は次の式を示す。

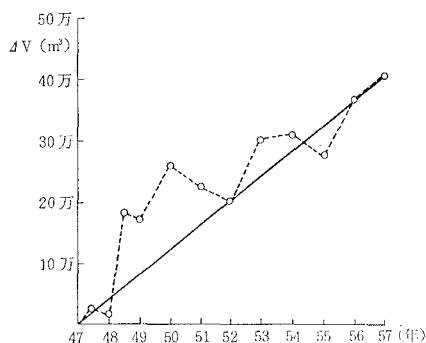
$$\Delta A = 7.4 \Delta L_5 \quad \text{.....(1)}$$

ここに ΔA は断面積の変化量であって、 m^2 の単位を持つ。 ΔL_5 は水深5mの等深線距離の変化量で、その単位はmである。式(1)の関係は、水深5mの等深線の変化量に7.4mを乗ずれば海浜の断面積の変化量が計算されることを示している。よって、この関係より日野川からの流出土砂量を計算することにした。測線 No. 10



図—11 断面積の変化量と5m等深線距離の変化量との関係

より上手では土砂が堆積したが、日野川以東に大きな土砂供給源はないので、この土砂は主として日野川からの流出土砂と考えられる。このためまず測線 No. 10~No. 15で漂砂が完全に阻止されたと考え、水深0~10mの範囲の土砂量の変化を調べた。調べる範囲は測線 No. 1~No. 10の範囲である。土量を算出するには水深5mの等深線距離の増加量に測線間隔100mを乗じ、さらに式(1)の関係を利用して高さ7.4mを乗れればよい。また、計算範囲を水深10mで打ち切ったのは、等深線距離の経年変化図より明らかなように、水深10mでは等深線の変化が小さいためである。図—12は昭和47年8月の深浅測量データを基準としたときの土量変化をまとめたものである。土砂量は年による変動が大きい、全体的に見ると経年的に増加傾向にある。この増加が日野川からの流出土砂によるものと考え、昭和47年と58年の間で平均流出土砂量を計算すると、約4万 $\text{m}^3/\text{年}$ という結果が得られた。



図—12 海浜土量の経年変化

4. あとがき

本報では、等深線距離の時間的、空間的变化より地形変化特性を論ずる方法によって、皆生海岸の海浜地形変化を解析した。この結果、離岸堤沖合の海底において、第①号離岸堤を境として、この地点より上手で堆積が逆に上手では侵食が生じたことが明らかになった。この方法は数本の等深線距離の変化を調べるのみであって、データ数が少ない割に地形変化特性を良好に把握できるという利点を持つ。

参考文献

- 1) 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, pp. 167~172, 1974.
- 2) 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, pp. 185~189, 1977.
- 3) 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, pp. 266~270, 1981.
- 4) 宇多高明: 等深線変化の解析による漂砂の実態把握, 第37回年次学術講演会概要集, II, pp. 737~738, 1982.