

閉じた漂砂系の中での離岸堤群建設がもたらす 周辺海岸の侵食とその軽減方策

宇多高明*・福田清隆**・上田源一***
木原均***・富士川洋一****・戸川光司****

1. ま え が き

最近では、景観の悪化などの懸念から離岸堤が建設される機会は減少しているものの、それでもなお離岸堤は砂浜海岸における主要な侵食対策工として使われている。勿論、景観への配慮から最近では離岸堤に代わって人工リーフが造られる機会も増加しているが、汀線への入射波高を低減させる意味において、形は異なるものの、人工リーフは離岸堤と同様な機能を有している。いま、両端を岬などにより区切られ、閉じた漂砂系を有する比較的長い海岸線を持ったポケットビーチ状の海浜を考える。その海浜の端部付近において波向変動に起因して局所的な侵食が起これば、これらの消波構造物が設置されることはよくあることである。しかし、その海浜への入射波の方向が変動することによって生じた海岸侵食に対してこれらの消波構造物を設置し、その背後で堆砂を促すことは、土砂収支から見れば当然周辺海岸の土砂量の減少をもたらす。しかし、離岸堤などの施設がポケットビーチの端部近くで建設されることから、海浜中央部への影響は小さいと盲目的に信じ、海岸線全体への影響は小さいとの先入観念にとらわれることが多い。ところが、実際には以下に述べるように、それらの影響は一連海岸全体に及び、離岸堤などの消波構造物の建設が新たな侵食原因となり、そのための対策がまた侵食を起こすという悪循環に陥る恐れがある。このような点は、海岸保全を進める上で十分な注意が必要である。本研究は、この問題について京都府の久美浜海岸と島根県の江津海岸での実例をもとに考察する。

2. 京都府久美浜海岸における離岸堤群周辺の海浜変形

2.1 空中写真による久美浜海岸の汀線比較

京都府久美浜海岸は図-1に示すように、丹後半島の西端部に位置する延長約6kmの砂浜海岸である。この海岸は両端を岬で囲まれており、漂砂は閉じた系を持つ。

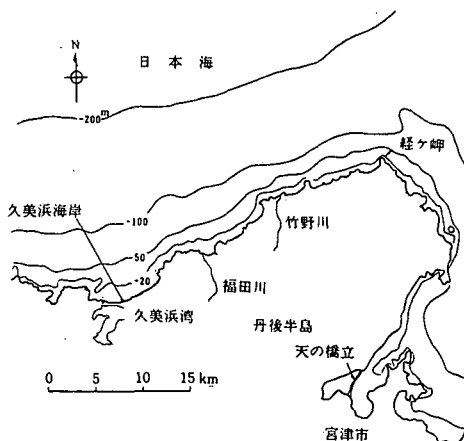


図-1 京都府久美浜海岸の位置

砂浜の西側1/3は砂嘴として伸びたものであり、その南側には久美浜湾を取り込んでいる。砂浜の中央部には箱石の岩礁部があるが、その規模は大きくなく、沿岸漂砂は東西方向に通過することができる。

久美浜海岸では1976年11月～1992年10月に5回の空中写真撮影が行われている。ここでは、これらの空中写真から、図-2に示す基準座標系により沿岸方向に50m間隔で汀線位置を読みとり、その場所的・時間的变化について調べてみる。図-3には、1976年11月を基準としたときの、各時期の汀線変化を示す。併せて久美浜海岸東端部の浜詰地先の離岸堤の建設年度も示す。まず、(a)の1984年までの変化では、西側端部の湊宮付近は侵食傾向を、また中央部の箱石付近では汀線が前進傾向を示す。このことは、この間の時期には西寄りの入射波の

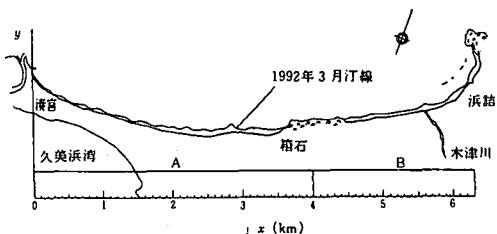


図-2 汀線変化比較のための座標系

* 正会員 工博 土木研究所河川部長
** 中国地方建設局浜田工事事務所副所長
*** 中国地方建設局浜田工事事務所
**** 正会員 建設技術研究所

もとで、東向きの沿岸漂砂が発達する条件にあったことを示唆する。(b)に示す1990年では、上述と同様な特徴が極めて顕著になり、 $x=3\text{ km}$ 付近にある岩礁より西側で著しい侵食が発生するとともに、この時期までに完成していた浜詰地先の4基の離岸堤の背後でも汀線が大きく前進した。このような特徴は、西側からの入射波の卓越とともに、新設された離岸堤による砂のトラップ効果によって、箱石以西での海浜砂量が減少したこと、したがって中央部にある岩礁群は沿岸漂砂を阻止する能力が高くないことを示している。(c)に示す1991年までの汀線変化では、東端の浜詰地先の離岸堤背後での汀線の前進が著しくなった。同時に1.5~2 km付近で汀線が前進し、これと対照的に箱石の岩礁部の東側隣接部では汀線が後退傾向を示す。(d)に示す1992年までの変化では、局所的にわずかな違いがあるほかは、1991年までの汀線変化状況とあまり違いがない。全期間を通じた最も大きな変化は、久美浜海岸の東端部の離岸堤群により堆砂が進んだことである。

図-4には、各期間ごとの汀線変化比較の結果を示す。(a)に示す1984~1990年の変化では、箱石の岩礁部以东および離岸堤背後の汀線の前進と、箱石以西の汀線後退とが非常によい対照を示す。(b)に示す1990~1991年の変化では、(a)の場合と正反対に、箱石以东では離岸堤背後を除き汀線が後退し、以西では前進している。(c)に示す1991~1992年の汀線変化では局所的変動はある

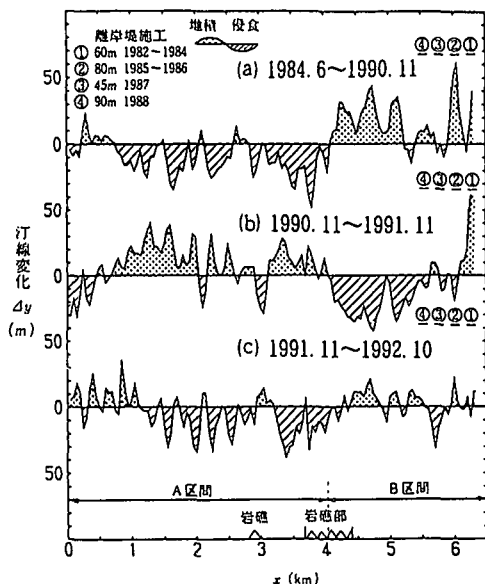


図-4 汀線変化の各年比較

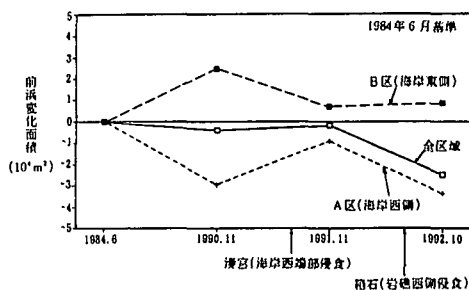


図-5 海浜面積の経時変化

ものの、大局的には有意な変化は見られない。

以上の汀線変化データから、箱石以西を区間 A、以东を区間 B として前浜面積を計算し、1984 年を基準とした経時変化としてまとめると図-5 となる。これによると、海岸の東部で前浜面積が増大したときには海岸西部で前浜面積が減少し、全体としてシーソーのような変動があることが見て取れる。

3. 島根県江津海岸における離岸堤周辺の海浜変形

3.1 深浅測量データに基づく海浜変形分析

江津海岸は、島根県中央部に位置し、江の川河口の西側に広がる延長約 4 km の砂浜海岸である。この海岸では 1970 年代に海岸侵食が進んだために、図-6 に示すように 1978 年以降離岸堤の建設が進められ、1984 年 10 月までに 7 基の離岸堤が設置された。離岸堤の堤長は 200 m、開口幅は 50 m である。これらの離岸堤群の設置後、

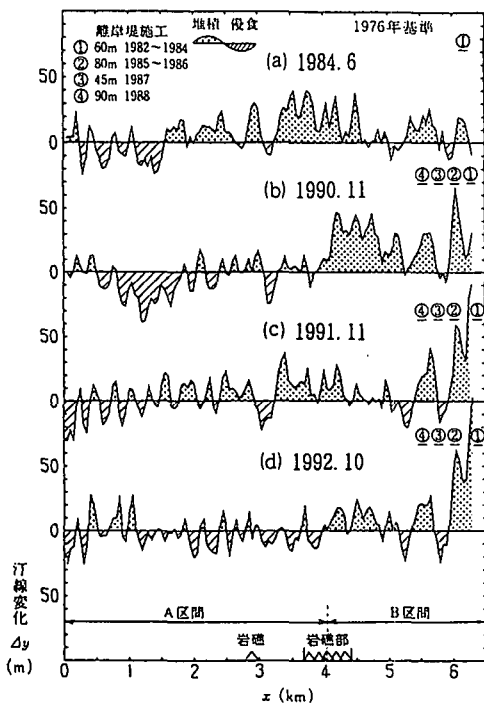


図-3 汀線変化比較 (1976年基準)

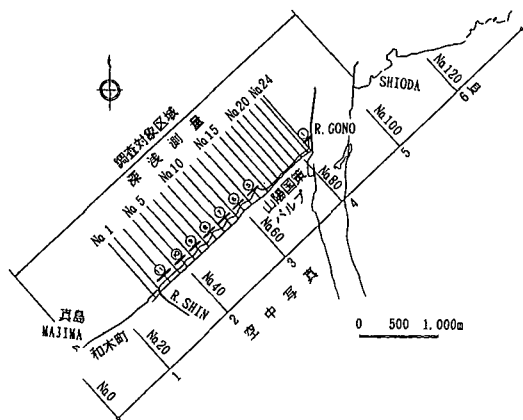


図-6 江津海岸の位置と測線配置

離岸堤の背後ではいずれも舌状砂州が発達したが、逆に離岸堤群の南側区域では著しい侵食を受けた。

図-6 に示すように江の川河口から南西に 4 km 離れた真島までの範囲を調査範囲として海浜変形について調べてみる。この区間では No. 1～No. 24 で深浅測量が行われており、また海岸南西部に位置する新川河口から北東側には 7 基の離岸堤が設置されている。これらの離岸堤群周辺の深浅図を図-7 に示す。離岸堤背後にはいずれもトンボロまたは舌状砂州が形成されているが、その規模は北側ほど大きい。図には離岸堤の設置順序も示すが、最北端の離岸堤は 1978 年 10 月に建設され、以後南側へと離岸堤の設置範囲が伸びている。離岸堤背後の舌状砂州の規模はこのような離岸堤の設置順序と対応を示しており、新しく設置された離岸堤背後ほど舌状砂州の規模が小さくなる。

図-8 は各離岸堤背後の舌状砂州の発達状況を模式的に示したものである。すでに述べたように、北側の離岸堤背後の舌状砂州の規模が大きいが、多少の変動は伴いつつも、この傾向は時間的に見ても単調に進んできている。注目すべきは、離岸堤群の隣接区域での汀線変化で

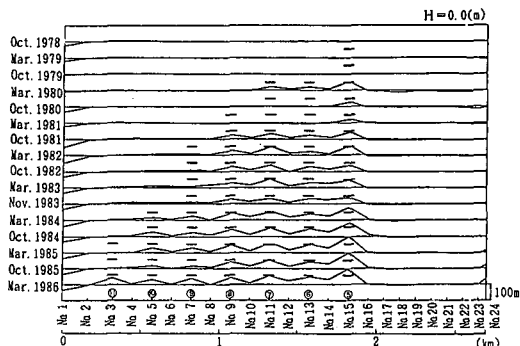


図-8 江津海岸の離岸堤背後のトンボロの形成状況

ある。まず、離岸堤群背後の汀線の前進域の面積と比較して、隣接区域での侵食域の面積は圧倒的に小さい。このことは沿岸漂砂の移動の見地から見れば、図-8 に示す範囲外に侵食域が広がっていることを強く示唆する。また、離岸堤群の北側ではほとんど汀線変化が見られず安定しているのに対して、南側では少なくとも No. 1 では汀線が後退傾向にあり、また、このことは、離岸堤背後の舌状砂州の規模が北側から次第に減少し、南端の 11 号堤で最も小さくなったあと、汀線の後退区域へとつながる点においてごく自然である。しかしながら、深浅測量の範囲は No. 1 までに限られているので、深浅図からはこれ以上の議論はできない。

広い区域の汀線変化を調べるには空中写真による汀線変化比較が有効である。そこで、離岸堤の建設直前の 1976 年を基準として、1980 年、1985 年の汀線変化を調べ、結果を図-9 に示す。これによると、1980 年までには右（北）側から 3 基の離岸堤が建設されていたが、この背後で舌状砂州の発達が始まった。これと合わせて真島から新川河口の間で汀線の後退が始まった。その後 1980 年までには 7 基の離岸堤が建設されたため、それぞれの離岸堤の背後で舌状砂州の発達をみた。一方、真島から新川の間では汀線が後退し、真島から約 1 km 地点での

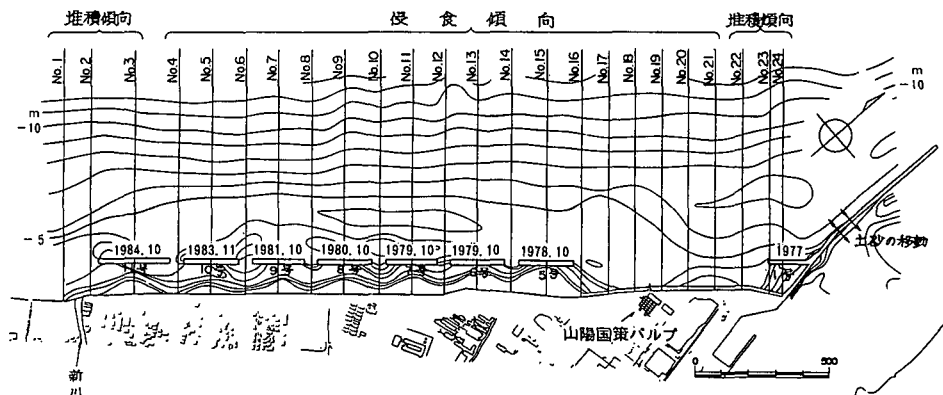


図-7 江津海岸の深浅図 (1986 年 3 月測量)

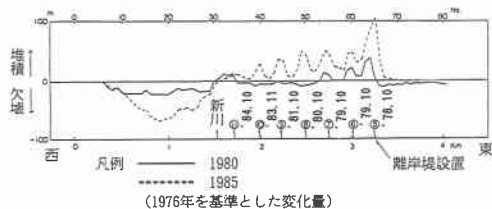


図-9 空中写真による汀線変化 (1976年基準)

汀線の後退量は約70mに達した。この場合、侵食・堆積域の平面積を求めると、侵食域は $4.6 \times 10^4 \text{ m}^2$ 、堆積域で $5.2 \times 10^4 \text{ m}^2$ となって両者はほぼ対応を示す。堤長200m、開口幅50mの離岸堤は、堤長に対する開口幅の比が小さいため消波効果が高く、このことは堆砂効果も大きいことを意味するが、このような離岸堤の設置により、真島から江の川方面へ向かう沿岸漂砂が発生する条件下で移動した土砂が、離岸堤群の背後にトラップされたため上述の汀線変化が生じたと言える。

3.2 現地写真による侵食状況調査

空中写真の読み取りの基準点を定めた江津海岸南西端の真島は、島というよりも小さな岬になっており、その頂部には弁天宮がある。この弁天宮付近からは東側の江津海岸の展望がよい。そこでこの位置から撮影された写真より海岸侵食状況を調べてみる。まず、写真-1は、1986年7月10日の海岸状況である。すぐ前方には小さな岩礁があり、その背後にはトンボロが形成されている。遠方に見える煙突は、図-6にその位置を示した江の川河口に隣接する山陽国策パルプの煙突である。またその前面には離岸堤群が見える。この写真を撮影した時期は、図-6で汀線を示した1985年のすぐ後である。煙突の見える位置のわずかに手前の汀線が凹状になっており、ここが図-6で示した離岸堤群南側での汀線後退区域である。一方、真島の近傍にある岩礁付近の海浜は侵食されていない。岩礁の陸側には広い前浜があり、その背後には一部海岸護岸が見えるがほとんど砂で埋まっている。同じ位置から1987年4月8日、12月23日に撮影したのが写真-2、3である。わずか1年5か月間に岩礁背後から東側の海浜は大きく侵食されたことが分かる。岩礁背後の広々とした前浜が消失しただけでなく、海岸護岸が破壊されるとともに、護岸の背後に高い浜崖が形成されたことが見て取れる。写真-3のほぼ中央部には壊れた護岸が見える。侵食前には砂丘の前にはかなり広い前浜があったが、沿岸方向北向きに土砂が流出したため、砂丘を含めて高い浜崖侵食が進んだ。

4. 考 察

ここで取り上げた久美浜海岸と江津海岸を比較すると、共に日本海に面した海岸であって、海岸線の延長は



写真-1 真島の弁天宮から江津海岸を望む状況 (1986年7月10日撮影)



写真-2 真島の弁天宮から江津海岸を望む状況 (1987年4月8日撮影)



写真-3 真島の弁天宮から江津海岸を望む状況 (1987年12月23日撮影)

前者が約6km、後者が約4kmとほぼ同じ規模を有する。また、両端を岬または導流堤などの不透透性構造物に囲まれた閉じた漂砂系を有する点も同様である。これらの海岸では、海浜変形の外力である波向の観測データはないが、生じた汀線変化から考えれば、海岸線に対して常に直角方向から波が入射することはありません、必ず波向変動を伴うはずである。このとき、これらの海岸で

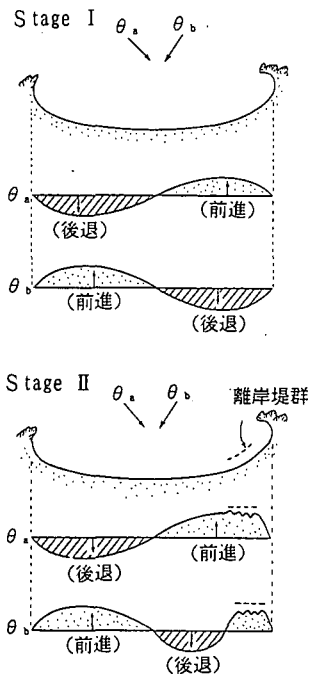


図-10 波向変動に対応したポケットビーチでの汀線変化

の海浜変形は図-10のように要約される。波が西(左)側から入射する $\theta = \theta_0$ の場合には東向き(右)の沿岸漂砂が生じ、西側の汀線(境界線)は後退し、東側では前進する。波の入射方向が変わり、 $\theta = \theta_1$ となるときは逆である。いずれの波向の場合においても、ポケットビーチの端部付近では岬や暗礁による消波効果のために汀線変化は大きくなく、端部からやや離れた地点で汀線変化量が最大となる(図-10のステージI)。離岸堤の建設以前はこのような状況にあったと考えられる。

その後離岸堤群が建設されると、図-10のステージIIとなる。波向変動の条件は同一であるが、新たに離岸堤群による堆砂効果が発揮されるため、 $\theta = \theta_0$ の波向のとき離岸堤の背後を中心として土砂が堆積し、舌状砂州が形成される。波向が変化して、 $\theta = \theta_1$ となった時、離岸堤背後に堆積した土砂の大部分は離岸堤の堆砂効果があるからそのまま動くことができず、したがって離岸堤群の西側隣接域の汀線が著しく後退するのである。かくして端部での離岸堤群の建設は、その他の区域の土砂量を減少させ、波向変動に応じた汀線変動が生じた場合、もともと前浜幅が狭かった場所では汀線後退の影響が顕著に現れることになる。

以上の点は、両端を岬や人工構造物に囲まれた閉じた漂砂系を有する海岸で、かつ波向の季節変動がある海岸において、海岸線の端部近くの海岸侵食を防ぐという理由で離岸堤を建設することは、それらの効果が高ければ

高いほど、閉じた系全体の侵食を招き、全体としての海浜の平衡を崩すことになることを意味している。すなわち、海岸の保全工事が新たな海岸侵食を招き、それへの対策がまた新たな侵食を招くことになるのである。この点は海岸線が多数の消波ブロックで覆われた状態となった一因を説明していると考えられる。これらの消波構造物を設置しても、土砂量自体が大きく増えることはなく、海浜全体の土砂収支からみれば、場所的に土砂量バランスが崩れることを考慮すれば、それらの消波構造物の機能と配置には十分な注意が必要であることを示している。

具体的な対応策は次のようである。まず、ポケットビーチの端部付近で起きた侵食に対して、直ちに対策施設を造るのではなく、波向変動による逆向きの沿岸漂砂が生じるまでそのままにしておくことである。この場合には、長い海岸線を自然のままで保つことができる。ただし、この場合には汀線変動を許容できる30m程度の幅の前浜が必要である。侵食対策施設として離岸堤を計画する場合には、その消波効果が非常に大きいような、長大な離岸堤とせず、開口幅と堤長の相対比を短くするか、あるいは消波効果をやや落とした人工リーフとすることが考えられる。また、ポケットビーチ全体を視野に入れ、ポケットビーチの中央部にヘッドランドを設置して、長い海岸線をいくつかに分け、波向変動に伴う汀線変動を小さくすることも考えられる。どうしても消波効果の高い離岸堤を設置したい場合には、周辺海岸の砂浜のバランスを崩さぬように、養浜をあわせて実施することが必要である。

5. ま と め

日本海に面した久美浜海岸と江津海岸で生じたポケットビーチの端部での離岸堤の建設によって周辺域で侵食が進んでいった状況を実態データに基づいて明らかにした。また、そのような災害を未然に防止するための方策として、①波向変動に伴う汀線の変動を許容できる前浜を有する場合には、そのまま放置して波向が変化して逆方向の沿岸漂砂が生じるのを待つ方法、②消波効果をあまり高めない離岸堤あるいは人工リーフによる対策を行う方法、③ポケットビーチの中央部にヘッドランドなどを建設して、長い海岸線をいくつかに分ける方法、④消波効果の高い離岸堤を建設すると同時に、周辺海岸への侵食の影響を軽減するために養浜を行う方法を示した。

参 考 文 献

宇多高明 (1997): 日本の海岸侵食, 山海堂, p. 460.