

河口処理と海岸保全の関係-山口県綾羅木海岸の例-

On the relation between river mouth improvement and coastal protection
- an example of Ayaragi coast in Yamaguchi Prefecture -

宇多高明*・重枝 実**・本田隆平***

Uda, Takaaki, Minoru Shige-eda and Ryuhei Honda

Relation between river mouth improvement and coastal reservation is studied by taking the Ayaragi coast in Yamaguchi Prefecture as an example. In this pocket beach of around 2 km long shoreline three rivers flow into the sea and at their mouths river mouth closure has been caused by storm waves in winter. As the measures against this, dredging of the river mouth bed was extensively conducted before extending parallel jetties of enough length at the river mouth to induce beach erosion on the adjacent coastline. This situation was analyzed by the comparison of aerial photographs and bottom sounding data. Extension of the jetty is considered to be best solution against beach erosion.

Key words: river mouth improvement, beach erosion, dredging, shoreline change

1. まえがき

入り組んだ海岸線にはしばしばポケットビーチが発達する。これらのポケットビーチの汀線は波浪条件に応じて変動するが、長期的に見れば安定形状を有している。しかし、ポケットビーチの端部で防波堤を大きく伸ばし、遮蔽域を広げると、自然に安定していた砂浜のバランス形状を崩すことになり、防波堤背後域での汀線の前進と同時に、防波堤より離れ、波に曝された区域での侵食を招く。具体例は数多いが、山口県の八ヶ浜(宇多, 1994)や福井県の松原海岸(島田ほか, 1995)の例があげられる。

一方、ポケットビーチの侵食に関連するもう一つの要素として、航路や河口での浚渫があげられる。例えばポケットビーチに流入する中小河川を例として考えると、それらの多くでは河口閉塞に悩まされるため、対策として小規模な導流堤が伸ばされた上で、河口浚渫が行われる。この場合、一回の浚渫量は多くなくても、繰り返し行われる浚渫はポケットビーチの砂量を減らし、河口周辺海岸の侵食を起こす原因となる。最近では、これらの中小河川自体の改修も進んでいるため、流出土砂量も減少傾向にあるから、河口の土砂採取はただちに海岸侵食に繋がる恐れがあるのである。従来、河川改修は河川のみ、海岸保全は海岸のみという縦割りの事業が行われてきたが、両者は密接に関連している以上、河川改修と海岸保全の両立が求められる。ここではこうした問題について山口県の綾羅木海岸と綾羅木川の間接的関係を取りあげて検討する。

2. 綾羅木海岸と綾羅木川の河口の概要

綾羅木海岸は、図-1に示すように山口県南西部、下関の北7kmに位置し、響灘に面した延長約2.2kmの砂浜海岸である。綾羅木海岸の北14kmにはポケットビーチ内での防波堤延長に伴う海岸侵食・堆積についての検討が行われた八ヶ浜海岸(宇多, 1994)が位置している。綾羅木海岸付近の海岸線は、ほぼ南北に走っている。綾羅木海岸は北端を村崎ノ鼻により区切られたポケットビーチであるが、その北

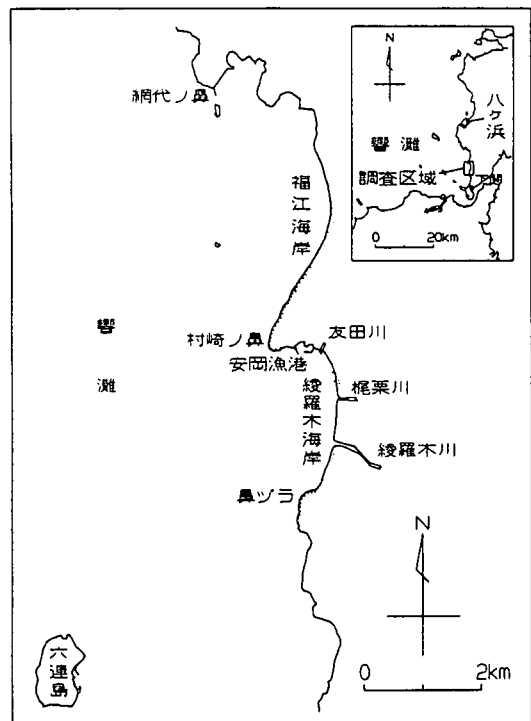


図-1 山口県の綾羅木海岸と綾羅木河口の位置

* 正会員 工博、建設省土木研究所 河川部 河川管理総括研究官

** 山口県土木建築部 河川課 治水係長、現在 宇部土木建築事務所 工務第一課 主査

*** 日本治水コンサルタンツ(株)

側にも網代ノ鼻により北端を区切られたもう一つのポケットビーチの福江海岸が存在する。全体として、これら2段のポケットビーチが階段状に並んでいる。綾羅木海岸の北端、村崎ノ鼻の付け根には安岡漁港が位置し、またこの海岸には北側より順に、友田川、梶栗川、そして綾羅木川が流入している。これら3河川の流域面積は、それぞれ 8.2、5.7、33.6km²である。これらのうち、本研究で特に詳細な検討を行うのは、最南端に流入する綾羅木川の河口である。

3. 空中写真の判読による綾羅木海岸の海底地形特性調査

1981年、1987年および1992年に撮影された空中写真を、同一縮尺にすることにより海岸状況の判読を試みる。まず、写真-1は1981年の綾羅木海岸の全景である。1981年当時、大きく西に突出した村崎ノ鼻の南側にきれいなポケットビーチが広がっていた。村崎ノ鼻では、海岸線に沿って北側より白い線が伸びてきているが、これはこの位置まで建設の進んだ海岸護岸である。またその南側には岩礁が続いている。これと同様、綾羅木海岸の南端を区切る「鼻ズラ」岬周辺も岩礁で覆われている。岩礁の露出状況から判断して、鼻ズラを通過して南へ移動する沿岸漂砂はほぼ0とみなせる。一方、北端にある安岡漁港の防波堤の外海側には細長い砂浜が広がっている。しかし、波の入射方向と、防波堤の長さから考えて安岡漁港の防波堤を越えて西向きに土砂が移動することはないことから、この砂は村崎ノ鼻の先端を回り込んで東に移動する沿岸漂砂により運ばれたと考えられる。



写真-1 綾羅木海岸の空中写真 (1981年撮影)

ポケットビーチの中央部の砂浜に注目すると、綾羅木川河口付近より南側に波長約110mで、深みと浅瀬がリズムに並んだ海底地形が判読される。これらのうち、深みを表す黒い部分の岸側では汀線がカスプ状に後退している。また、このような浅海域でのリズム的な海底地形の沖は一旦深くなってトラフを形成した後、再び沿岸方向に連続的な沿岸砂州の発達が見られる。以上の判読結果は図-2のようにまとめられる。

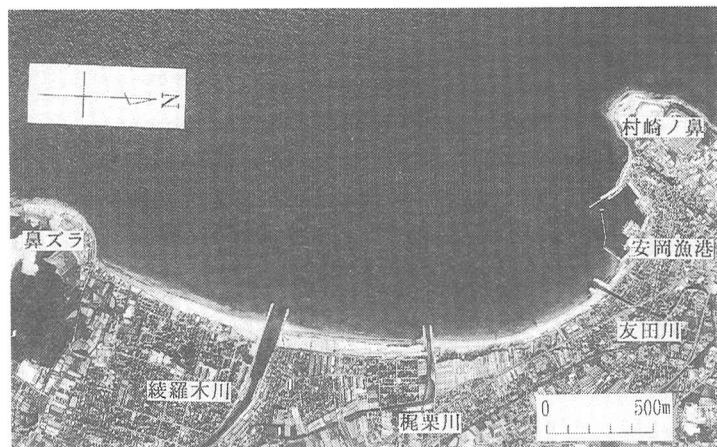


写真-2 綾羅木海岸の空中写真 (1987年撮影)

さらに、写真-1において海岸・河川構造物の状況を調べると、村崎ノ鼻と安岡漁港による波の遮蔽域に入る友田川の河口では、左岸導流堤の先端まで汀線が伸びており、河口内の右岸近傍に堆砂が見られる。海浜中央部の梶栗川では、導流堤がないため、河口は左岸寄りに非常に狭い水路を残してほぼ閉塞している。また、綾羅木川河口では、両岸に短い導流堤があるのみなので、河口には大量の土砂が堆積している。全般に、1981年当時、いずれの河川の河口も閉塞傾向にあったと言える。さらに、この当時すでに梶栗川河口と綾羅木川河口の間の汀線には連続的な捨石護岸が設置されていた。

写真-2には、1987年の空中写真を示す。村崎ノ鼻の先端部では写真-1と比較して白い線で表された護岸の建設が更に進み、村崎ノ鼻の南側への最突出部まで到達した。綾羅木海岸で目につくのは流入3河川の河口でいずれも

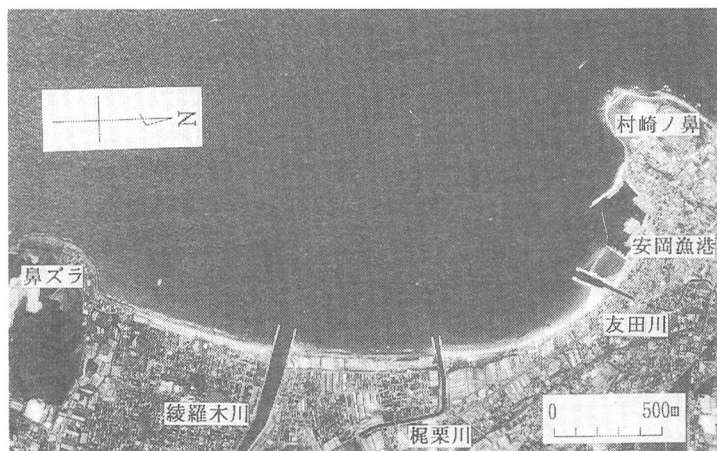


写真-3 綾羅木海岸の空中写真 (1992年撮影)

平行導流堤が伸ばされたことである。特に、梶栗川と綾羅木川の河口導流堤はかなりの長さ達した。この当時の導流堤の長さを、綾羅木川と梶栗川河口の間にある捨石護岸の法線からの突出長として測ると、梶栗川が85m、綾羅木川が115mとなる。これらの導流堤工事に伴い、河口内への海側からの漂砂の流入量が減少したことは導流堤間に白い前浜が広がっていないことから分かる。しかし、それでもまだ海面下には白っぽく砂が堆積している。また、梶栗川、綾羅木川河口とも右岸側から導流堤の先端を越えて南側へと白っぽく見える浅瀬が伸びている。これは全体としてやや南に向かう沿岸漂砂により導流堤の先端を越えて砂が移動し、その結果そこが浅くなっていることを表すと考えられる。写真-1に示したように、1981年では海岸に突き出した施設はわずかであったが、1987年になると3河川の河口導流堤が伸び、それらの構造物の影響もあって1981年には規則的であった浅海域の海底地形が、沿岸方向にかなりの乱れを示している。

写真-3は、1992年の空中写真である。1987年と比較して、友田川、梶栗川、綾羅木川いずれも河口導流堤がさらに延長された。また、安岡漁港と友田川河口の間では、埋め立てのため安岡漁港の防波堤の屈曲点より海岸線と平行に護岸が造られつつある。特に、1987年当時と比較して、友田川の河口導流堤は斜めに125mも伸ばされ、波の遮蔽域が広がったため、その東側の付け根で汀線が大きく前進したことが明らかである。友田川河口と梶栗川河口の間はほぼ漂砂が閉じているため、梶栗川河口の北340m付近を中心として侵食が進み、その土砂が北側の友田川の河口導流堤の付け根に堆積したと言える。さらに、1981年、1987年と比較して、梶栗川と綾羅木川の低水路は掘削・拡幅され、水深も大きくなっていることが、1992年の写真では河道内に砂州が見られないことからわかる。さらに河口部でも浚渫が進められた結果、顕著な堆砂は見られない。このことは、河口処理から見ると浚渫は合理的であって、それにより河口堆砂の防止が図られたことを意味する。しかし、綾羅木川河口の南側の砂浜は1987年と比較して1992年では侵食が進んでおり、河口処理が進んだこととよい対照をなす。本来、綾羅木川の河口導流堤は、写真-1で示した漂砂の活発な沿岸砂州よりもその先端位置が岸側にあったから、高波浪が作用するたびごとに海浜より河口導流堤内に土砂が移動して堆積したが、その土砂が浚渫されることにより、海浜の砂量の減少を招いた。したがって河口維持が隣接海岸の侵食原因となったと考えられる。

4. 現地海岸状況の調査

1994年12月22日、綾羅木海岸の現地調査を行った。ここでは、その折撮影した写真により、海岸や河口部の状況について調べてみる。図-3には、以下で説明する写真-4～写真-10の位置を番号④～⑩で示す。写真の順序は、沿岸漂砂の上手側から下手方向とする。まず、写真-4は、綾羅木海岸の北端を区切り、最も西に突出した村崎ノ鼻の先端付近の海岸状況である。海岸線には大きな礫が堆積するとともに、11の六脚ブロックが海岸線に沿って並んでいる。また、少なくとも表面付近には細砂は見られない。ここより東側では、写真-5に示すように、護岸の法線が湾曲している部分に細砂からなるごく狭い前浜がある。この細砂は後述するように、綾羅木海岸の構成砂と非常によく似ている。また、安岡漁港の防波堤の外海側に防波堤を越えて波により砂が運ばれることは考えられないから、

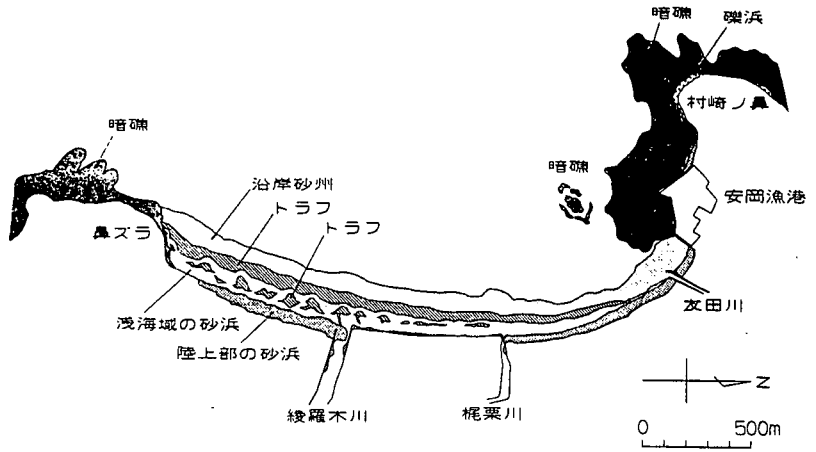


図-2 1981年撮影の空中写真より判読した綾羅木海岸の地形的特徴

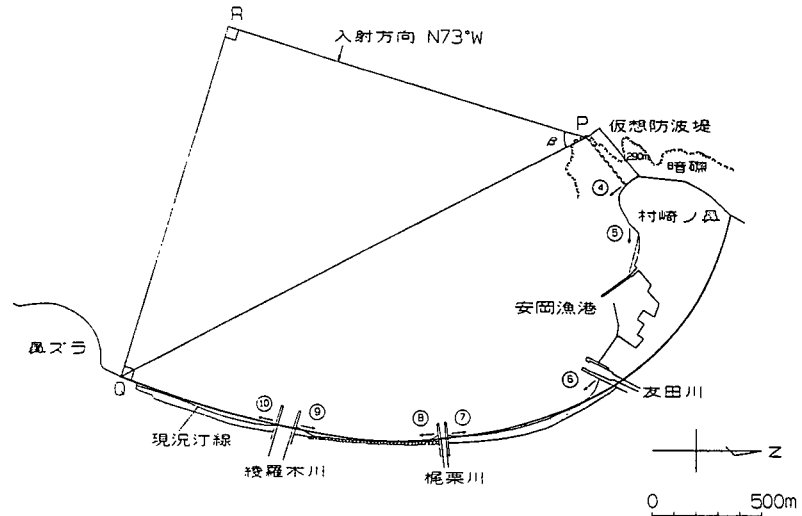


図-3 写真撮影位置と、安定汀線形の計算値と実測値の比較

この砂は村崎ノ鼻を越えて南側に回り込んだ沿岸漂砂と考えられる。その場合、前浜が防波堤の外側基部に一部広がるのみであり、防波堤の先端に到達するほどの堆積は見られないことから判断して、村崎ノ鼻を越えて南側へと流入する沿岸漂砂量はごく少量と言える。

写真-6は、友田川の河口導流堤上より南側、梶栗川河口方面を望んだ状況である。この間は村崎ノ鼻や友田川河口導流堤により波が遮蔽されているため堆砂空間であり、広い前浜がある。特に、写真-3にも示したように、友田川河口導流堤による波の遮蔽効果で汀線が大きく前進した場所が写真-6に示されている。細砂からなる広い前浜の存在は、写真-4に示した村崎ノ鼻の汀線が大きな礫で覆われていた状況と大きな違いである。

同様に、梶栗川の右（北）岸側の海岸状況を写真-7に示す。友田川河口との間には幅約30mの前浜が広がり、しかも後浜に青々とした植生が生い茂っていることから、この地区の砂浜は非常に安定していることが分かる。写真-8は、梶栗川河口の左岸導流堤上より南側を望んだ状況である。梶栗川河口より、写真前方に直線的に見える綾羅木川河口の近くまで、海岸線はほとんど捨石に覆われている。捨石は人工的に設置されたものであるが、この状況は村崎ノ鼻の先端部の状況を示す写真-4と非常によく類似している。写真-9は、綾羅木川の右岸導流堤上より北側を望んだ状況である。導流堤の北側には前浜が広がっているが、その前浜も導流堤より北側60mまでであって、そこから北側は全面的に捨石で覆われている。

最後に、写真-10は、綾羅木川河口の左岸導流堤上より南側の海岸を望んだものである。写真前方に大きく突き出ているのが「鼻ズラ」の岬であり、ここで沿岸漂砂の移動は阻止されている。綾羅木川の河口左岸側には海浜が広がっており、海水浴場として利用されているが、最近では汀線が後退傾向にある。汀線は大きく湾曲しており、導流堤より南に約220m離れた地点で前浜が最も狭い。



写真-4 村崎ノ鼻の状況
(1994年12月22日撮影)



写真-5 安岡漁港の防波堤上手側での土砂堆積
(1994年12月22日撮影)

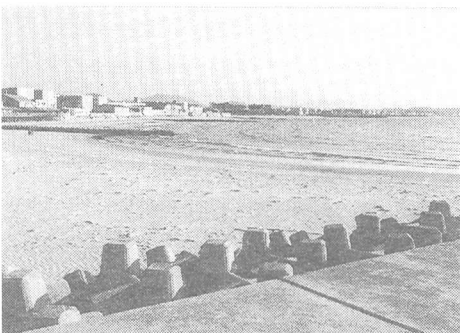


写真-6 友田川河口の南側の海岸状況
(1994年12月22日撮影)

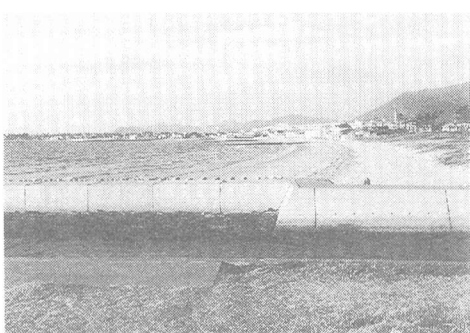


写真-7 梶栗川河口より北側の海岸状況
(1994年12月22日撮影)



写真-8 梶栗川河口より南側の海岸状況
(1994年12月22日撮影)

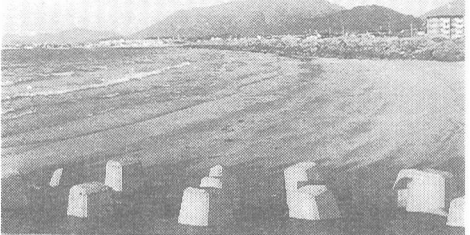


写真-9 綾羅木川河口より北側の海岸状況
(1994年12月22日撮影)



写真-10 綾羅木川河口より南側の海岸状況
(1994年12月22日撮影)

5. 綾羅木海岸の汀線変化と安定汀線

Hsu・Evans (1989) は、静的安定状態にあるポケットビーチの汀線形状を予測する式を導いた。ここではその方式を適用し、卓越波の入射方向について検討する。図-3を参照して、まずcontrol point Pを村崎ノ鼻の先端部に設置し、南側の鼻ズラのたもとにQ点を定めて計算したが、実測値との良好な対応は見られなかった。その原因として村崎ノ鼻の周りには図-2に示したように岩礁がとりまいており、そこでは入射波の侵入が抑えられていることが挙げられる。そこで、この岩礁の外縁に点Qを定め、同様な計算を行った。図-3には太い実線で計算結果を示す。友田川河口導流堤の遮蔽効果の表れている河口近傍を除けば全体に実測値との対応はよい。したがって、綾羅木海岸での卓越波の入射方向はほぼN73° W となる。この方向角は、綾羅木川の河口に対してほぼ直角な方向である。

写真-1による海底地形の判読結果は図-2に示したが、沿岸砂州の発達状況をより定量的に扱うために、沿岸砂州の沖端位置と浅海浅瀬の外縁位置を写真から読み取り、沿岸分布として整理した。ポケットビーチの形は大きく湾曲しているので、鼻ズラ、綾羅木川河口、梶栗川河口にそれぞれ原点を設け、北向きに沿岸距離を定めた。結果を図-4に示す。沿岸砂州と浅海浅瀬の位置のうち、浅海浅瀬の輪郭は写真より明瞭に識別できるが、沿岸砂州の輪郭は薄いので多少の誤差を含む余地はある。しかし写真撮影時、写真-1に示すように波浪は非常に静穏であるから、波の影響は除くことができ、しかも海水の透明度も良好なことから、少なくとも沿岸方向に同一精度で沿岸砂州の位置を判読可能である。図-4によると、沿岸砂州と浅海浅瀬の外縁線はよく似た変化を示す。沿岸砂州の外縁線は、綾羅木川河口付近とその南側では沖向き距離が大きいが、北側では沖向き距離が減少し、梶栗川河口の北600m地点で汀線に最も近づく。この点より北側では、友田川河口へ向かって再び増加傾向を示す。沿岸砂州の規模は第一義的には碎波波高に比例するから、図-4の沿岸分布は、ポケットビーチの北半分では相対的に碎波波高が低く、梶栗川河口以南では相対的に波高が高いことを表している。そして浅海浅瀬もそれに応じた広がりを見せている。

図-5には、1981年の空中写真を基準として各年の空中写真から求めた汀線変化を示す。各区域ごとに特徴を拾うと、まず梶栗川河口と友田川河口の間では、1987年までは全体的に侵食傾向を示していたが、友田川河口導流堤の延長とともに、1992年には北側へ砂が大きく移動し、友田川河口の南側隣接域で前浜が大きく広がったことがわかる。この堆積に要する砂は梶栗川河口より北600m区間の侵食により供給されたことが汀線変化から明らかである。

綾羅木川河口を挟む2地区の汀線変化では、梶栗川河口の南側、および鼻ズラの北側区域で侵食され、侵食土砂が綾羅木川河口へと移動した特徴がある。なぜなら、綾羅木川の河口両側での汀線変化量が最大で、河口から北側・南側に汀線変化量が減少するとともに、河口両側での侵食時期も最後であったからである。1992年での綾羅木川河口を挟む2地区の汀線後退は著しく、特に南側での汀線の後退量は1981年と比較して20m以上に達した。鼻ズラから南への沿岸漂砂はあり得ず、また梶栗川河口導流堤の南側側面での汀線変化は小さいことは、鼻ズラと梶栗川間の海岸侵食の原因が河口部にあったこと、そして河口では浚渫が行われてきていることから、侵食原因に浚渫が深く関与するといえる。

6. 綾羅木川河口部の地形変化

綾羅木川河口では毎年河口閉塞に悩まされてきた。この状況を深淺図により分析してみる。河口では、1988年深淺測量が行われた。得られた深淺図を図-6に示す。平行導流堤の右岸側からは浅瀬が導流堤の先端を回りこんで河口内へと侵入し、導流堤の内側に沿って浅瀬が伸びている。これと対照的に、左岸導流堤の先端部には2.5 mに達する局所洗掘が起きている。すなわち河口導流堤を挟んで左右岸の海底地形は著しい非対称性を示す。この非対称性は波が導流堤の方向に対して時計回りの方向に傾いて入射するためである。図-6とほぼ同じ時期の空

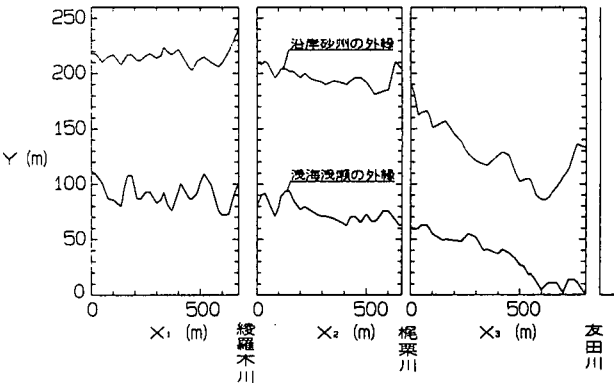


図-4 沿岸砂州と浅海浅瀬の沖端位置の沿岸方向変化

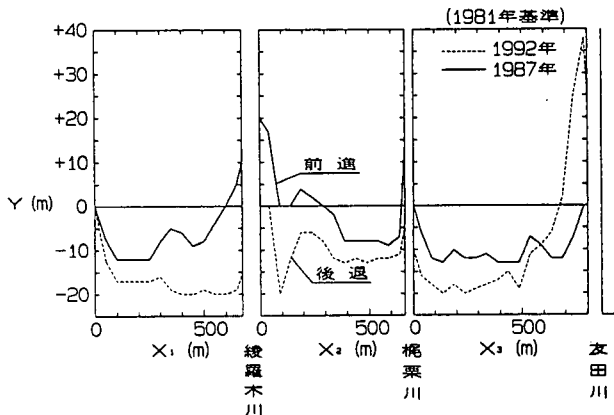


図-5 綾羅木海岸の汀線変化 (1981年～1992年)

中写真は1987年に撮影されており、その結果はすでに写真-2に示したが、写真から判読される特徴が図-6の深浅図のそれと非常によく対応していることは、写真判読の有効性も示している。

図-7には、河口中央を通る測線での地形変化を示す。ここでは1988年の浚渫後の縦断面形も示すが、1992年の堆砂では導流堤の先端より125mの位置に、頂部の標高がT. P. -1.1mの小高い小山が形成され、その沖側勾配が1/67、岸側勾配が1/9で堆積したことが分かる。

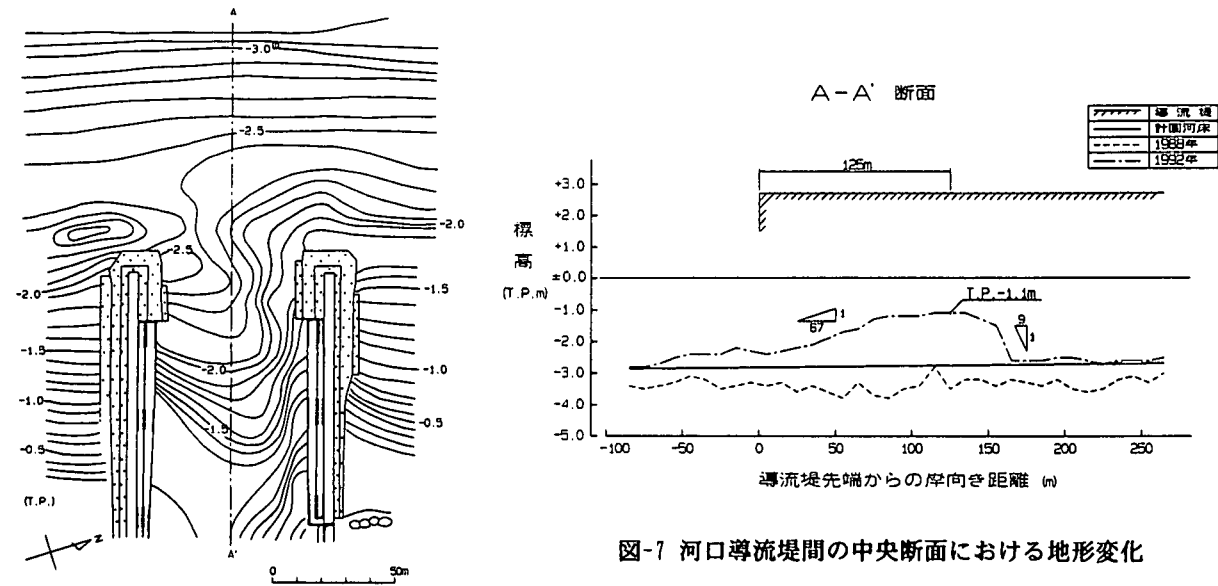


図-6 綾羅木川河口の深浅図 (1988年)

図-7 河口導流堤間の中央断面における地形変化

7. 考察

比較的規模の小さいポケットビーチでは、河口閉塞の防止のための河口浚渫が、周辺海岸の侵食の主原因となる。一回の浚渫で結果が表れる訳ではないが、浚渫は繰り返行われるから侵食の主原因となりえるのである。ポケットビーチに注ぐ中小河川は流出土砂量も大きくなく、河口に主として堆積するのは漂砂であって、浚渫すれば波の作用により再び堆積するため、イタチゴッコのようにして堆積・浚渫が繰り返される。このような悪循環を断ち切るには、導流堤を漂砂の活発な範囲の沖側まで伸ばし、海浜の土砂の動きと河口内のそれとを分断しなければならない。その上で周辺海岸で侵食が進んだ場所、例えば綾羅木川河口の南側の海水浴場などで養浜を行うことが最善の策である。それでも河道内に土砂が緩やかに堆積することは避けられないが、この場合には浚渫土砂を周辺海岸に戻すことが必要である。海から河口内に運ばれた土砂は海へ戻すことが原則であって、それを他の用途に利用すると必ず周辺海岸で侵食が起こることを銘記すべきである。

8. まとめ

山口県の綾羅木海岸を対象として、河口処理と周辺海岸の海岸侵食との関係について実証的に考察した。この結果、このポケットビーチでは河口堆積土砂の浚渫が海岸侵食の主原因となったことが判明した。治水対策としての河口処理も、海岸保全のいずれも大切なことは言を待たないが、二者の両立は実際かなり難しい。ここでは現実的な対策として、河口導流堤を沿岸砂州の形成水深付近まで延長した上で、周辺海岸で養浜を行う手法を提案した。それでも河道内に土砂が緩やかに堆積する場合には浚渫土砂を周辺海岸に戻せばよい。導流堤長が短ければこの方法は取れないが、現在かなり長い導流堤が伸びているために、通常の時化時の波による河道内への土砂の打ち込みはそれほど大きくなく、したがって何回も浚渫を行わずとも済む合理性がある。なお、綾羅木川の河口導流堤をさらに延長すると、その南側の遮蔽域が拡大してそこでの堆砂が進み、さらにその南側隣接域では侵食されるので注意が必要である。

参考文献

宇多高明 (1994) : 現場のための海岸Q&A選集、(社) 全国海岸協会、p. 236.
島田 敬・山口 豊・片野明良 (1995) : 松原海岸の地形変化特性、海岸工学論文集、第42巻、pp. 656-660.
Hsu, J. R. C. and C. Evans (1989) : Parabolic bay shapes and applications, Proc. Intn. Civ. Engrs, Part 2, 87, pp. 557-570.