

蒲原海岸の海岸侵食実態

滝沢俊二*・宇多高明**・堤 博志***・大長良昭***

1. まえがき

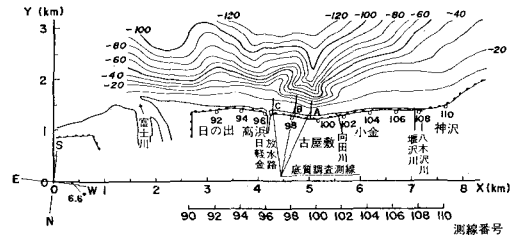
蒲原海岸は駿河湾の湾奥、富士川河口右岸に位置する。この海岸は富士川の河口デルタとして形成されたが、近年富士川の流出土砂量が減少したため、それに伴って海岸侵食が著しくなった。海岸侵食は隣接する富士海岸においても相当著しい¹⁾。

本研究の目的は、この海岸の侵食実態とその原因を現地データをもとに調べることにある。まず、地形図や航空写真を用いて汀線変化の比較を行う。また、昭和43年より毎年1回行われている深淺測量のデータをもとに等深線距離²⁾の時間的、空間的変化を調べる。地形解析の重点は次の点にある。すなわち、この海岸には汀線のすぐ沖合に大規模な海底谷が存在するが、海岸侵食の原因が沿岸漂砂によるか、あるいはこの海底谷への土砂損失によるかを調べることである。海底谷への土砂の損失は、同じ駿河湾の駿河海岸²⁾や相模湾の西湘海岸³⁾でも報告されているが、その実態については不明な点が多い。そこで本研究ではとくにこの点に重点を置く。以上の目的のために、地形変動特性を調べるとともに、海底谷周辺で底質の鉛直サンプリング、海中写真撮影および矢作川産の白色花崗岩礫を用いたトレーサ調査を実施した。

2. 蒲原海岸の概況

蒲原海岸の深淺図と河川等の位置を図一1に示す。この海岸の著しい特徴は、汀線のすぐ沖合に大規模な海底谷が存在することである。この海底谷は水深100m付近まで顕著に発達している。また図には座標系が示されているが、以後の解析ではこの座標系を基準にとる。さらに、図示する No. 90~No. 110 の測線番号位置では、昭和43年より昭和59年まで16年間、毎年1回深淺測量が行われている。よってこのデータより、等深線距離等を求め、長期間の地形変動を調査する。

一方、実際に現地海岸の海底谷周辺での土砂移動の状



図一1 蒲原海岸位置図

況を調べるために、直径約6cmのアクリルパイプを用いて底質の鉛直サンプリングを行った。測線は図一1に示すA, B, C位置である。測線Aがほぼ海底谷の頂部に位置する。サンプリングはダイバーにより行い、陸上部より最大水深35mまでの範囲で底質資料採取を行った。また、底質採取点の底面の状況を海中写真により調べた。

3. 海岸線と海浜断面形状の長期的変化

最初に蒲原海岸の海岸線の変化状況について調べる。海岸全域の海岸線の変化を地形図と航空写真をもとに調べると図一2となる。基準は大正4年の海岸形状とし、それからの変化量を図示する。汀線変化は昭和59年まで示されているが、これらのうち地形図より海岸線形状を定めたのは大正4年と昭和45年のデータである。

大正4年から昭和22年まで32年間の変化については、富士川河口において最大240mも汀線が前進した。これは富士川からの流出土砂が堆積したためと考えられる。また $x=4\sim5$ km付近でも海岸線形状に大きな変化が見られる。これは $x=4.2$ kmに日軽金の放水路があり、その上手側に土砂が堆積したためである。

昭和22年より昭和45年の間では海岸線は大きく後退した。富士川河口での後退量は250m以上に及んだ。しかも汀線の後退は全般的に西側で小さく、富士川に近づくほど大きい。蒲原海岸の西側には漂砂源が存在しないことを考慮すると、このように大規模な侵食は、富士川の流出土砂が減少し、富士川河口砂州が後退するとともに、東向き漂砂によって富士川河口を越えて土砂が流出したために生じたものと考えられる。ただし図一1に示

* 正会員 (前)建設省中部地方建設局静岡河川工事事務所長
 ** 正会員 工博 建設省土木研究所海岸研究室長
 *** 正会員 建設省中部地方建設局静岡河川工事事務所

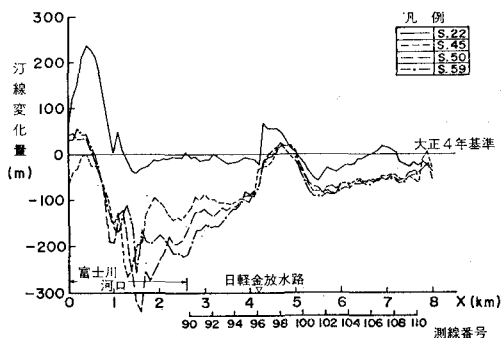


図-2 蒲原海岸汀線変化図

したように測線 No. 97 より No. 102 の間には大規模な海底谷が存在するために、もしこの部分で沖向き漂砂が存在し、これにより土砂損失が生ずるとすれば侵食原因が沿岸漂砂のみであったとは断定できない可能性がある。しかしながら日軽金の放水路付近を除けば汀線変化量が東側ほど大きいことや、測線 No. 97 より No. 102 の間の海底谷部に特に著しい変化が生じていないことから判断すると、図-2 からは沿岸漂砂による寄与の方が大きいと推定される。

日軽金の放水路と富士川河口の間の海岸線は経年的になだらかに変化しており、しかも富士川河口に近づくほど変化が大きい。このような特徴は沿岸漂砂の卓越方向が東向きであり、かつ放水路の東側には突堤群がありそこで汀線の後退が阻止されたために生じたものと考えられる。

次に、測線 No. 91 より No. 110 の間の昭和43年より昭和59年までの汀線変化を深淺測量データをもとにまとめ、図-3 に示す。日軽金の放水路の西側の領域では全域で単調に汀線後退が進み、その最大後退量は測線 No. 104 において 38m に達した。測線 No. 106 より西側では根固工があるために汀線の後退は根固工の先端で止まっているが、前浜は消失した。一方、日軽金放水路の東側では昭和40年代に建設された突堤群があるために汀線の後退は突堤先端部で止められているが、突堤区間の下手に位置する測線 No. 91, No. 92 では汀線の後退が著しい。しかも昭和45年以降侵食範囲が経年的に東側へと広がっていった点が特徴的である。

次に、汀線の経年変化状況を詳しく調べる。図-4 は

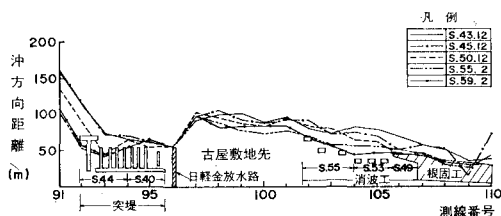


図-3 古屋敷地先の汀線変化

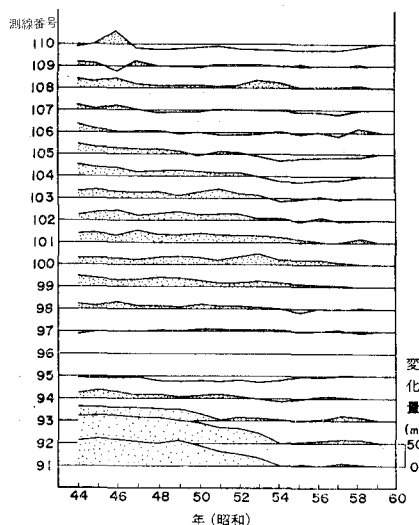


図-4 汀線の場所的・時間的变化

測線 No. 91 から No. 110 の範囲の汀線の経年変化をまとめたものである。横軸には年度をとり、また縦軸には昭和59年の値を基準として過去に遡ったときの汀線変化量をとっている。図-4 によると汀線の変化は日軽金の放水路の東側に位置する測線 No. 91, No. 92 でとくに大きいことがわかる。しかもその変化パターンに注意すると西側に位置する No. 94 および No. 93 の方が No. 92, No. 91 よりも後退が早い時間（昭和43年）に生じ、侵食域が次第に東側へと移っていったことがわかる。これらの測線の更に西側に位置する No. 95~No. 97 では何ら汀線変化が生じていないが、これは No. 96 に日軽金の放水路があり、そこで汀線が固定されているためである。

測線 No. 99 と No. 106 の間では再びかなり大きな汀線変化が生じている。しかもこの区域においても侵食範囲が次第に東方向へと広がる傾向がある。例えば測線 No. 106 では昭和46年までにほぼ汀線の後退は終わったが、測線 No. 100 ではほぼ昭和57年になって初めて汀線の変化が小さくなった。

以上に述べたように汀線の後退範囲が次第に東側へと広がった主な原因は次のように考えられる。すなわち当海岸の漂砂の卓越方向が東向きであって、上手側に漂砂の供給源がないために、汀線の後退は西側より早く平衡に達する。

以上の議論は汀線の変化に着目したものであったが、海底の地形変化も同様に検討することができる。まず図-5 は測線 No. 92 における等深線距離の経年変化を表わす。測線 No. 92 は富士川河口右岸砂州上に位置する（図-1 参照）。この測線では図-4 に示したように、昭和44年以来 60m 以上も汀線が後退した。したがって、No. 91 から No. 110 までの間の測線において最も顕著な変化の生じた測線の代表が測線 No. 92 と考えること

ができる。

図-5 では、等深線距離の長期的な変化傾向が明らかである。陸上部の T.P. 1m から水深約 6m までの範囲の等深線はほぼ一様に後退している。またそれらの間隔はほぼ一定であることから、海底勾配はほぼ一定値を保ちつつ汀線が後退したことがわかる。ただし詳細に調べると水深 6m 付近が先に侵食され、やがて徐々に侵食部分が浅い方へと移っている。何故ならば、水深 6m の等深線は昭和 44 年より後退を始めたのに対し、汀線は 4 年後の昭和 48 年になって始めて後退が始まったからである。以上に述べた種々の特徴は、隣接の富士海岸で得られたものと良い一致を示す。次に、水深 6m 以深について調べると、等深線の後退速度は小さくなり、水深約 14m では等深線の後退は見られなくなる。有意な地形変化が生ずる意味での漂砂の移動限界水深は、約 14m となる。

測線 No. 92 における等深線距離の変化は図-5 に示したが、同じ測線において代表年度の海浜断面形状と昭和 59 年を基準としたときの各水深ごとの地形の水平方向変位量の鉛直分布を示すと図-6 となる。横断面を見ると、昭和 43 年より汀線の後退と同時に海中中部及び陸上部において侵食が進んだことがわかる。また水平方向変位図によると、昭和 59 年においてその変位は水深約 4m で最大値をとり、これより鉛直上方、下方に向ってほぼ単調に減少する。水深約 14m 以深では変位量はほぼ 0 となる。実際にはわずかに変動しているが、深浅測量の精度を考えるとこの部分の変動は有意なものとは考えられない。水平変位の分布形は、断面全体で侵食が生じたことを表わしているが、このような地形変化は沿岸漂砂によって侵食された地形変化と考えられる。筆者らの 1 人は、富士海岸で地形変化データより水平方向の地形変化量の水深方向分布を算出している⁷⁾。図-6 の分布は、水平変位を無次元化してはいないものの、地形変化の生ずる限界高さや限界水深などは良い一致をみている。

次に海底谷周辺の地形変化特性について調べる。図-

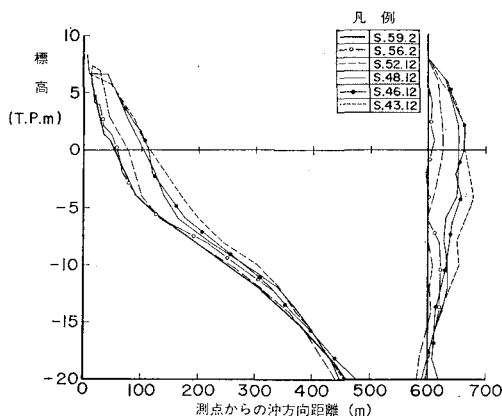


図-6 測線 No. 92 における海浜断面形状の変化

7 は海底谷頂部より 115m 東側に位置する測線 No. 99 における等深線距離の経年変化図である。図の様式は図-5 と同一である。この測線の変化を示した理由は、この測線が海底谷のほぼ頂部に位置するために、海底谷への土砂の損失がもし存在するとすれば、その土砂の移動に関する何らかの情報を海底地形の変化より得られるのではないかと考えたためである。図-7 によると汀線は経年的に後退傾向を示し、その変化は昭和 44 年より昭和 59 年まで非常に緩やかなものであることがわかる。このような汀線の変化と対応して水深約 6m までの等深線も緩やかに後退している。しかしそれより深くなると等深線の変化は小さくなる。全般的に見ると、水深約 14m 付近までは緩やかに減少傾向を示すが、それより深い部分では変動はあるものの等深線距離はほぼ一定であり、等深線は沖向きに前進しているとは言えない。結局、種々の特徴は、海底谷部でない測線 No. 92 の特徴と良く似ており、したがって海底谷部特有な特徴が見られない以上、少なくとも深浅測量データからは水深 14m 以上に土砂が流出している理由を見出すことは困難である。

前述までの議論より、蒲原海岸の海浜変形が主として東向きの沿岸漂砂によって生じたことが明らかになったが、海岸線の沿岸方向の勾配と、代表波の各地点における入射方向とを比較することにより沿岸漂砂の機構をさらに詳しく調べてみた。まず海岸線の沿岸方向の勾配を

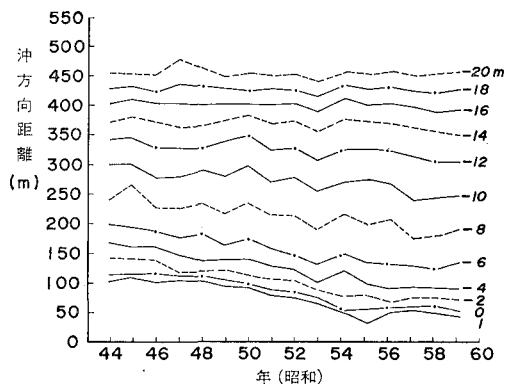


図-5 測線 No. 92 における等深線距離の経年変化

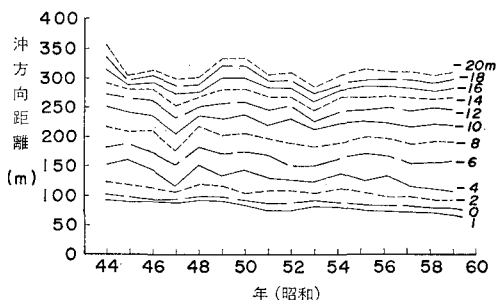


図-7 測線 No. 99 における等深線距離の経年変化

計算し、図-8に示す。計算は昭和22年と昭和45年の海岸線形状を用いて行い、結果の表示においては南より反時計回りの方向より入射する場合を正とした。富士川河口部は変動が激しいので除外し、測線 No. 98 より西側の領域について注目すると、明らかに海岸線の方向が変化する変曲点は測線 No. 99 にある。測線 No. 98 より No. 101 の間では海岸線の方向が約 30° 変化しているが、これは海底谷の存在によって海岸線が沖方向に凹型となっているためである。

この理由を説明するために、代表波を選んで屈折計算を行った。当海岸では波浪観測は行われていないが、富士海岸では行われており、それによると代表波の周期は約9秒である¹⁾。一方、波の入射方向については正確な測定値がないために、海岸線の方向より推定した。まず図-8より河口部に隣接する $x=2.0\sim3.5$ km の区間において平均海岸線方向を求めると、その方向は西方向となる。このため海岸近傍において南方向から波が入射すると考え、これを逆屈折計算により一旦沖合の水深400m地点へ戻し、その波が全域に一樣に入射すると仮定した。ただし逆屈折計算の出発点は No. 91 とした。以上の屈折計算より求めた水深2m地点での波峰線方向をW方向を基準として図-8に表示した。屈折計算の結果によると、海底谷の存在のために確かに No. 99 付近で入射方向が急激に変化している。また図-8には昭和45年の海岸線方向と波峰線方向との差、すなわち波の入射角の分布も示した。入射角はほとんどの範囲で正すなわち東向き漂砂を生じさせる方向であることがわかる。

ここでの計算では富士川河口右岸の海岸線方向が碎波点における入射方向とほぼ直交すると仮定して計算を進めたが、河口を横切って東向きの漂砂があるためには実際にはさらに西寄りから入射する可能性がある。この場合、図-8に示した入射角はさらに大きな値となり、結局東向きの沿岸漂砂を助長させることになる。

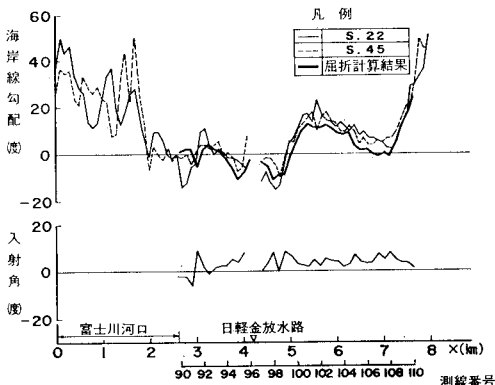


図-8 海岸線勾配と入射角の沿岸方向分布

4. 海底谷付近の底質特性

底質調査は図-1に示した測線 A, B, C に沿って行った。採取した高さ 30 cm のコアサンプルについては、上層の 0~0.1 m と下層の 0.2~0.3 m の範囲とに分割し、各々粒度分析を行った。図-9は上層、下層の底質の中央粒径の水深分布をまとめたものである。また測線ごとにデータを区別してある。汀線付近の粒径は 4.5 mm から 7.1 mm の間であるが、水深の増加とともに粒径は粗くなり、水深 3 m において粒径は最大となり、28 mm の粒径も出現する。汀線より水深 3 m までの範囲では上層よりも下層の方がばらつきが少ない。水深が 3 m より深くなると水深 7 m までの間に粒径は急激に小さくなる。水深 7 m での粒径の範囲は 0.44 mm~2.5 mm と水深 3 m 付近と比較すると 1 オーダー小さくなる。

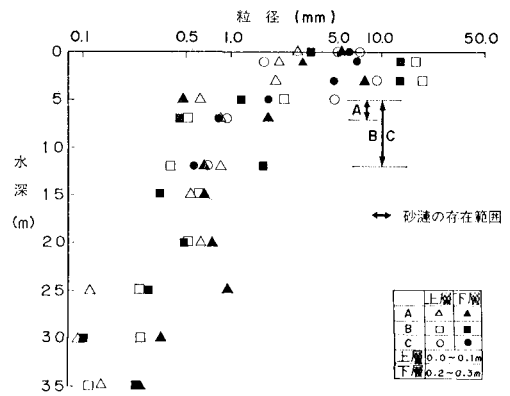


図-9 中央粒径の深さ方向分布

る。水深 7 m より 35 m の間においては深さとともに緩やかに粒径は減少し、水深 35 m では 0.12 mm~0.35 mm となる。

このような粒径の深さ方向分布は図-5に示した等深線距離の変化とかなり良い対応を示している。すなわち図-5では汀線の変化と一体的に変化する水深が約 6 m であったが、この範囲では図-9によると大粒径の底質が現われている。また水深 6 m から約 14 m の間は緩やかな地形変化が見られたが、ここでは浅海部に比較して細粒の底質が存在する。

5. 海底谷付近でのトレーサー調査

海底谷付近での漂砂移動を調べるために、海底谷背後の古屋敷地先でトレーサー調査を行った。トレーサーには中央粒径 6.0 mm の矢作川産の白色花崗岩礫 30 m³ を用いた。トレーサーは、トラクターショベルにより 61 年 10 月 17 日に干潮時の汀線付近に投入した。サンプリングはダイバーを用いて行い、50×50×10 cm のワクを用い、その中の全量の底質を採集し、容積あたりの花崗

岩礫の数を計測した。投入点、サンプリング位置およびトレーサーの分布を図-10に示す。トレーサー分布は、投入後1ヶ月が経過した61年11月16日の測定値である。結果はトレーサーの粒径別に表示した。(a)は粒径が4.76mm以上のもの、(b)は2.00mm~4.76mmのものである。

観測地点では波浪観測が行われていないので、調査地点より南西52kmに位置する駿河海岸の波浪データを参考にする。調査期間の波浪は比較的静穏であって、日最大有義波高で、0.25~0.5mが12回、0.5~0.75mが13回、0.75~1.0mが5回、1.5~1.75mが1回出現している。また対応する有義波高は、5~6秒が4回、6~7秒が14回、7~8秒が9回、8~9秒が3回、9~10秒が1回出現している。

トレーサーは、いずれの粒径の場合も汀線に沿って東、西方向にかなり広く拡散している。図には水深3、5mの等深線も記入してあるが、波浪が比較的静穏であったものの、投入礫は沖方向に移動しにくいことがわかる。底質中央粒径の水深方向分布は図-9に示したが、投入礫は自然状態の分布形に対応し、ほぼ水深5m以浅の粗な粒径の洗い出された部分にのみ存在したことになる。トレーサーは全体としてやや東側に広く拡がっている。少なくともこの期間での沿岸漂砂の卓越方向は東向きであったと考えられる。

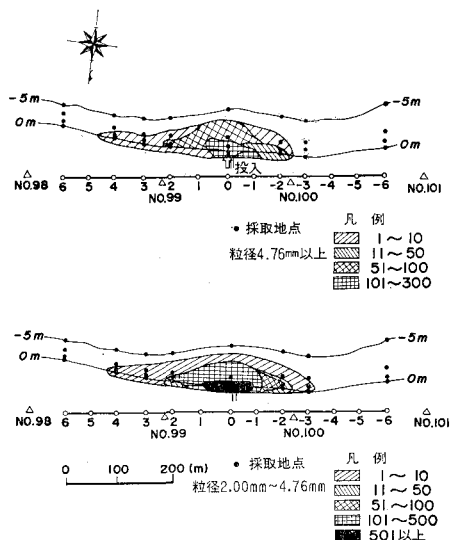


図-10 白色花崗岩礫を用いたトレーサー調査の結果

6. 結 論

本研究で得られた主要な結論は以下のようである。

① 蒲原海岸では昭和22年以降海岸侵食が激しくなった。汀線後退量は富士川河口に近接するほど大きくなり、河口部では59年まで300m以上後退した。

② 汀線の後退は西側ほど早く始まり、平衡状態に達した。これは蒲原海岸の西側には漂砂源がなく、かつ沿岸漂砂の卓越方向が東向きであるためと考えられる。

③ 等深線距離の変化を調べると、T.P. 1mから-6mまでの範囲の等深線は汀線と一体的に動くことがわかった。海底谷頂部と河口右岸に位置する測線のデータを比較したが、両者には著しい差は見られず、等深線の動きからは海底谷への土砂の落ち込みを確認する積極的理由は見い出されなかった。

④ 代表波の屈折計算によると、この海岸では確かに東向きの沿岸漂砂を生じさせる入射角となることが定量的に証明される。

⑤ 底質粒径の水深方向分布に関しては、水深約3mで最大粒径が現われたあと水深約7mまで急激に粒径が小さくなる。粒径の大きい部分は、顕著な地形変化が見られる水深と一致した。

⑥ 水深7mより深くなると粒径は深さとともに単調に減少する。また、海底谷頂部の測線と他の位置の測線とで底質状況に有意な差は見られず、底質特性は海底谷への土砂損失を肯定するものではなかった。

⑦ 矢作川産の白色花崗岩を用いたトレーサー調査によると、投入礫は水深約5m以浅の浅海部に止まり、東西方向に拡散しつつやや東向きに多く移動した。結局、沿岸漂砂の方向が東向きであること、および礫は浅海に止まり沖向きには移動しにくいことが確認された。

参 考 文 献

- 河野 宏・宇多高明・斎崎義之・水野益宏: 富士海岸の侵食実態と地形変化予測, 第33回海岸工学講演会論文集, pp. 287~291, 1986.
- 宇多高明・小俣 篤・堤 博志・吉村敏明: 深海への土砂流出実態の現地調査, 第33回海岸工学講演会論文集, pp. 277~281, 1986.
- 宇多高明・矢野 滋: 相模湾西湘海岸の侵食実態について, 地形, Vol. 8, No. 1, pp. 1~19, 1987.