

底質粒径集団の変化からみた海底谷への土砂流出実態調査

宇多高明*・加藤憲一**・山形 宙***

1. ま え が き

最近、全国各地で海岸侵食が進んでいるが、中でも海岸線近くまで海底谷が発達しているような急勾配の海岸で、かつ沖への著しい土砂流出がある場合侵食が著しい。我が国では全般的に河川や海食崖からの土砂供給は減少傾向にある一方、沖への土砂損失が続くことはネットの意味での海浜土砂量の欠損を招くからである。我が国3大急深湾である駿河湾、富山湾および相模湾の沿岸に位置する海岸はいずれもこのような状況下にある。したがってこのような急深な海岸での侵食対策の立案に際しては、海底谷への、あるいは海底谷を経由した深海への土砂移動機構に関する十分な検討が必要である。この種の研究の一環として、Uda et al. (1988) は、駿河海岸北部に発達する海底谷の周辺で蛍光砂によるトレーサー調査を行い、汀線付近より海底谷への漂砂移動があること、また海底谷の深部に礫が散乱することなどを明らかにした。しかし海底谷の谷頭周辺での現地調査をもとにした研究はなお十分ではない。このことより、本研究では駿河湾内の富士海岸と蒲原海岸を選び、海底谷や急勾配斜面での土砂移動について主として底質特性の面から検討し、海底谷周辺での漂砂について考察する。宇多ほか(1995)によれば、富士海岸では急勾配な海底斜面を通る沖への土砂移動が報告されており、一方蒲原海岸では汀線近くまで大規模な海底谷が迫っており、そこへの土砂流出が懸念されている。このことから、両者のデータの比較を通じて海底谷周辺での土砂移動について考察する。

2. 富士海岸と蒲原海岸の地形概況

富士・蒲原海岸は駿河湾の湾奥に位置する(図-1)。富士川河口から西側の4.3 kmが蒲原海岸と、河口から沼津港までの20.2 kmが富士海岸と呼ばれる。調査区域から見ると駿河湾はS~SSW方向に開いており、これらの方向からのうねり性の波浪が卓越する条件にある。富

土海岸の中央部では海岸線から沖合約2 kmで水深500 mに達する急勾配(約1/4)の海底地形となっている。

図-2には蒲原海岸と富士海岸の測線配置を示す。富士川の河口の右岸側に基準点を設け、200 m間隔で測線を配置したとき、田子の浦港はNo. 26に、沼津港はNo. 90に位置する。

3. 富士海岸の海浜縦断面形と底質粒径特性

宇多ほか(1995)は、富士海岸の汀線変化、海浜縦断面形および底質粒径の変化について調べ、急勾配な富士海岸では沿岸漂砂により富士川河口から沼津港方向へと砂礫が移動する際、主として細粒分の土砂が沖へと流出し、したがって顕著な汀線の後退に釣り合った形で汀線

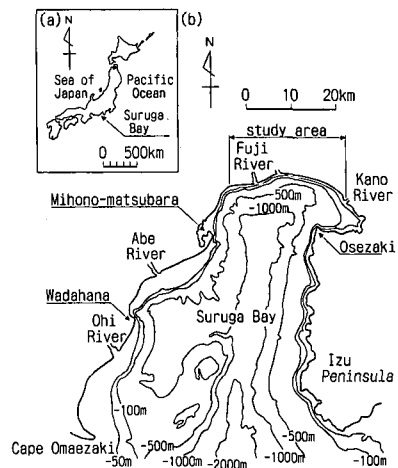


図-1 富士海岸と蒲原海岸の位置図

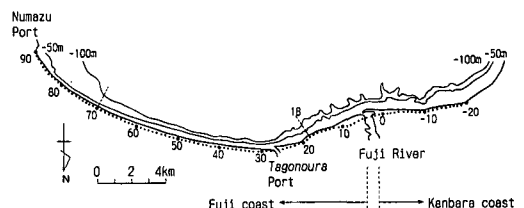


図-2 富士海岸と蒲原海岸の測線位置

* 正会員 工博 建設省土木研究所河川管理総括研究官

** 正会員 工修 日本建設コンサルタント(株)

*** 日本建設コンサルタント(株)

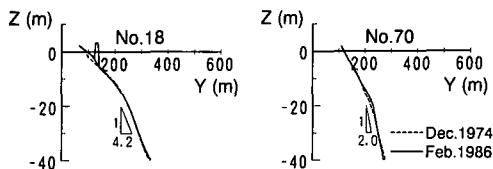


図-3 富士海岸の測線 No.18 及び No.70 における海浜縦断面図形

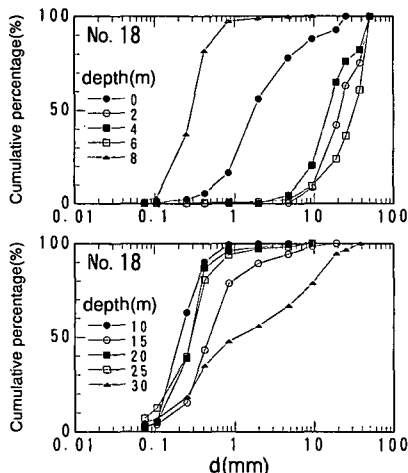


図-5 富士海岸の測線 No.18 における底質粒径加積曲線

は前進しないことを明らかにした。ここで詳細調査を行う蒲原海岸は富士川河口を挟んで東西対照的な位置にあり、しかも海底勾配が急である点も同一であるから、両者の比較は有意義と考えられる。そこで、比較のため宇多ほか (1995) より 2 断面を選び、縦断面図や底質粒径加積曲線などの比較を試みる。まず、図-3 には富士海岸の測線 No.18 と No.70 の縦断面図を示す。No.18 は図-2 に示すように富士川河口と田子の浦港の間に位置し、1970 年以降侵食されたが、離岸堤が建設されたあと汀線はほぼ安定状態に達している測線であり (宇多ほか, 1995)、この地点では東向きの沿岸漂砂が卓越している。図-3 のように汀線より水深 12 m 付近まで勾配約 1/9 で落ち込んだあと、それ以降では 1/4.2 と非常に急勾配となる。またもう一つの測線 No.70 は沼津港の西 4 km に位置する。図-3 の縦断面図に示すように、この断面は No.18 と比較してさらに急勾配である。水深 15 m 付近を境にそれより浅では 1/5.7、以深では実に 1/2 の急勾配である。宇多ほか (1995) に述べたように、富士海岸の No. 50 以東では汀線の前進域はほとんど見られず、しかも図-3 の縦断面図のように海底勾配が非常に急なことから、この区域では沖への土砂流出が著しいと推定される。その根拠の一つとして、底質粒度特性があげられる。図-4 には No.18 と、No.70 に近接する No.75 におけ

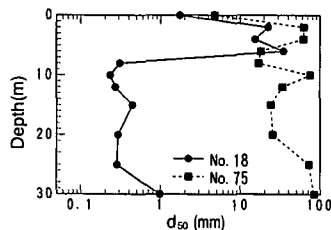


図-4 富士海岸の測線 No.18 及び No.75 における底質中央粒径の水深方向分布

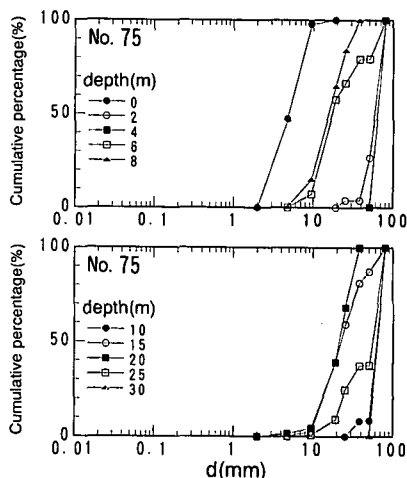


図-6 富士海岸の測線 No.75 における底質粒径加積曲線

る底質中央粒径の水深方向分布を示す。東向きの沿岸漂砂が卓越する No.18 では水深 8 m 以浅では 1 mm 以上の中央粒径であって、地形変化が活発でなくなる水深 10 m 以深では 0.2~0.4 mm と細くなる。これと比較した時、No.75 では水深 30 m に至ってもなお 60 mm の礫が存在する。

この状況は各地点の粒径加積曲線の比較により一層明らかになる。図-5, 6 には両地点の粒径加積曲線を示す。No.18 では、汀線を除いて水深 6 m 以浅ではほぼ 10 mm 以上の粒径集団からなる。ところが、水深 8 m 以深では 30 m を除き、ほぼ 1 mm 以下の粒径集団からなる。すなわち海底勾配の変化点付近を境として、それより浅と以深では海底表面の粒径組成が全く異なり、浅い場所では 10 mm 以上の粗い粒径が、そして深い場所では 1 mm 以下の粒径成分からなることが分かる。

図-6 に示す No.75 では No.18 と違い、汀線を除いて全ての水深で 10 mm 以上の粒径集団からなる。この粒径集団は No.18 でほぼ水深 6 m 以浅で見られたものと全く同一である。沿岸漂砂により運ばれてきた砂礫が汀線付近にはほとんど堆積しておらず、かつ沖合の十分深い場所に粗な粒径成分が見られることは汀線付近の砂礫の

沖への流出を示すと考えられる。

4. 蒲原海岸の地形と海浜変形

蒲原海岸と富士川河口部の深浅図を図-7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。この海底谷は深海より水深100 m付近まで顕著に発達している。また図には以後の解析に用いる座標系を示す。測線 No. 0~No. -20では1968年以降深浅測量が行われてきており、うち1984年までの地形変化は滝沢ほか(1987)に要約されている。この研究の中では海底谷周辺の底質粒径の変化が水深方向のサンプリング調査により明らかにされた。図-7の測線①, ②, ③はそれらの測線である。測線③がほぼ海底谷の頂部に位置し, ②, ①の順に測線位置は東側へずれる。サンプリング調査は汀線より水深35 mの範囲においてダイバーにより行われた。現地調査ではアクリル管を用いて表層から30 cmの鉛直サンプリングが行われ, 上層(表層~10 cm), 下層(20~30 cm)に分けて資料が取られたが, 本研究では粒径の鉛直分布は無視し, 平均的傾向に着目して両者の平均値について議論する。

まず, 滝沢ほか(1987)を参照して蒲原海岸の汀線変化について調べてみる。

1915年作成の地形図をもとに, 1984年までの汀線変化をまとめたのが図-8である。ここに, 1915年と1970年は地形図より, 残りの3時期は空中写真より汀線位置の

読み取りが行われている。1915年~1947年では富士川の河口で最大240 mも汀線が前進した。これは富士川からの流出土砂が河口部に堆積したことを表していると考えられる。また4.2 km付近での不連続な汀線は日軽金の放水路による沿岸漂砂の阻止によるものである。その後1970年までに汀線は大きく後退し, 河口での汀線後退量は250 m以上に達した。しかも汀線の後退量は日軽金の放水路より富士川河口に近づくほど大きくなる。蒲原海岸の西側には東名高速道路が海岸線に沿って走り, したがって有力な漂砂源は存在しないことから, 以上の侵食は富士川の流出土砂量が1970年までに急減すると同時に, 東向きの沿岸漂砂が河口を越えて東側へ流出したため生じたと考えられる。なお測線 No. -7~No. -12の間には大規模な海底谷が発達しているために, この海底谷を経由した深海への土砂損失があれば侵食原因を沿岸漂砂のみによると断定することはできない。しかし汀線変化量が全体的に東側ほど大きく, また海底谷直近の No. -7~No. -12でとくに著しい特徴が見られないことから, 図-8の汀線変化には沿岸漂砂の寄与が大きいと考えられる。

次に, 滝沢ほか(1988)は1968年~1984年における蒲原海岸の深浅測量データの分析より, ①汀線の後退は西側ほど早い時期に生じたこと, ②西側からの沿岸漂砂が枯渇し, そのため西側地区より順に汀線が後退したこと, ③汀線が根固工や海岸堤防ののり先まで達すると見かけ上後退は止まり, 侵食区域が東側へと移ったことなどを明らかにした。さらに海底谷の頂部を通る測線における1968年~1984年の等深線距離の変化傾向が海底谷以外の場所の変化とほとんど同一であることから, 少なくとも深浅測量データからは海底谷への土砂流出は活発でないと推定した。

一方, 宇多ほか(1991)は富士川河口近傍の3測線の海浜縦断面形の変化について調べた。図-9はそれらから測線 No. 1を選んで海浜縦断面形を描いたものである。この断面では, 1981年以降汀線が急激に後退し, それとともにほぼ-8 m以浅が削られ, 前浜上では砂丘上

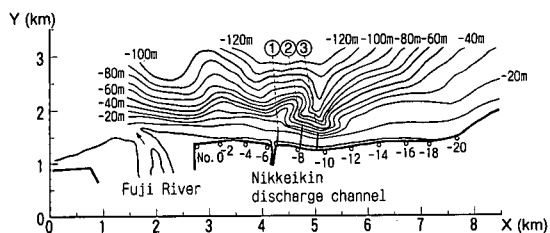


図-7 蒲原海岸沖の海底谷の地形と測線位置

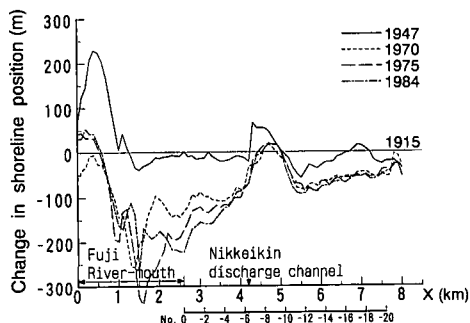


図-8 蒲原海岸の汀線変化

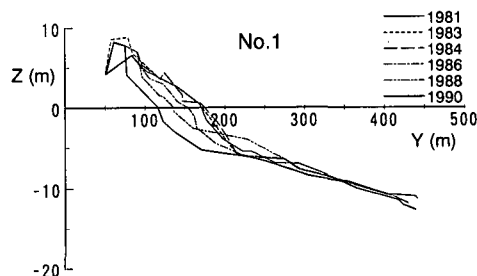


図-9 富士川河口右岸の測線 No.1 における海浜縦断面形の経時変化

部まで浜崖侵食が進んでいる。この結果、1990年には水深ほぼ5m~10m間に勾配約1/36のなだらかな海底面が形成されたことが分かる。

5. 蒲原海岸の底質粒度特性

1984年、蒲原海岸で底質調査が行われた(滝沢ほか, 1987)。図-10にはこの時の3測線(測線①, ②, ③)の海浜縦断面形を示す。測線位置は図-7に示した通りであり、測線は富士川河口(東)側より①, ②, ③の順に配置しており、海底谷の頭部を通るのが測線③である。測線①では汀線付近より1/7.4勾配で落ち込んだあと、-7m以深では1/22の海底斜面が続く。測線①より西側に500m離れた測線②でも浅海の緩勾配海底斜面が大きく広がるが、汀線の沖合約300mからは勾配が急変し、海底谷の発達を見る。最も西側で海底谷の頭部を通る測線③でも前浜上より水深3m付近まで1/8勾配

のあと、水深7mまで海底勾配は比較的緩やかである。しかし、12m以深では海底谷のため1/3と海底勾配は非常に急となる。汀線より海底勾配の急変点までの沖向き距離は150mであり、緩やかな勾配の海底斜面に急勾配の海底が続く。以上のように底質調査の行われた3測線では、浅海部に比較的勾配の緩い海底斜面を有することが特徴である。ところで、侵食の著しい富士川河口部では図-9に示したように断面変形が進んだが、この結果形成された汀線部における緩勾配斜面の形状は図-10に示した3断面の形状と非常によく似ている。そしてこれらの測線が沿岸方向に最大500mのみしか離れておらず、漂砂特性もほぼ同一と見られることから、測線①, ②, ③での浅海緩勾配斜面の形成機構は図-9の場合とほぼ同様と考えられる。さらに、前節で述べたように、測線No.1付近での海浜変形が東向きの沿岸漂砂の場所的不均衡によって生じたことから判断すると、測線①, ②, ③付近での海浜変形も沿岸漂砂により支配されていると推定される。

もしこの仮説が正しいとすれば、海底の底質特性は前節で述べた富士海岸の測線No.75と大きく違うはずである。なぜならNo.75では十分深い海底面にも10cm以上の粒径が見られたことから、沖への砂礫の移動が活発と見られるのに対して、測線①, ②, ③では少なくとも沿岸漂砂が絶えず海底谷方面へ流出することはないと考

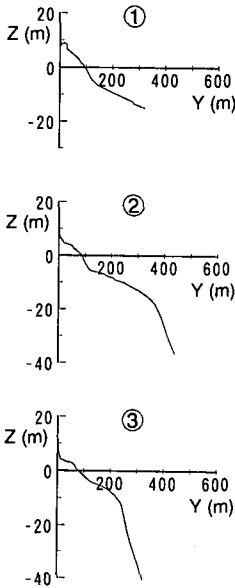


図-10 蒲原海岸の測線①, ②, ③における海浜縦断面形

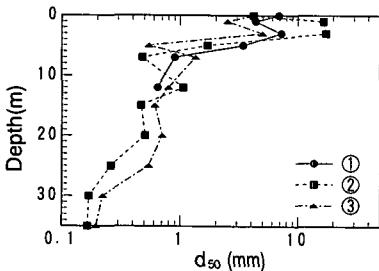


図-11 蒲原海岸の測線①, ②, ③における底質中央粒径の水深方向分布

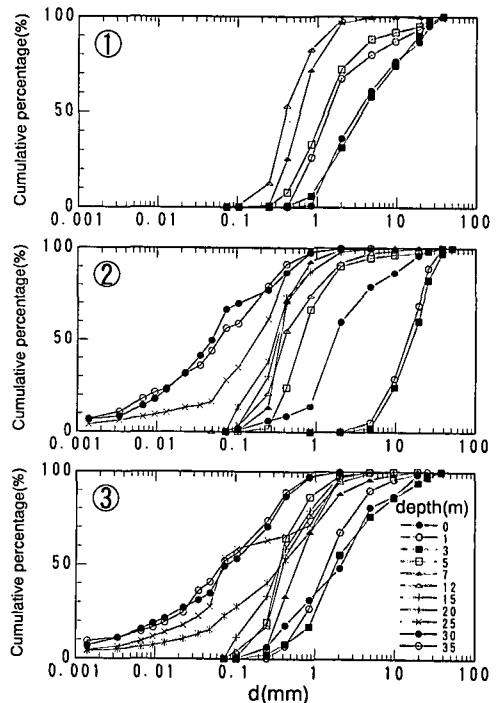


図-12 測線①, ②, ③における粒径加積曲線

えられるからである。そこで1984年の観測時の底質データを改めて検討した。まず図-11には d_{50} の水深方向分布を示す。これによると、水深約10m以浅では図-4に示したNo.18と同様、ほぼ1mm以上の粗い粒径であり、また水深20m以浅では0.5mm程度であってNo.18とあまり違わない。ところが、水深25m以深の海底谷に入る部分では、粒径が0.2mm程度と非常に細くなる。このような粒径は砂れきの落ち込みが推定される測線No.75の分布と決定的に異なる。

ここで富士海岸と同様、粒径集団の意味から底質特性を理解するために、粒度分布を図-12に示す。測線①より特徴を調べると、海底谷より離れ、底質調査区域の水深12mまでは緩勾配の海底面の広がる測線①ではいずれの水深でも0.1mm以上の粒径成分からなる。この特徴は図-5に示した富士海岸の測線No.18と同一である。ところが、測線②、③と海底谷に近づくとき浅海の15m以浅の粒度は変わらないものの、海底谷の中では0.1mm以下の粒径集団がほとんどを占め、海底谷の内外で粒径の著しい違いを示す。このように、海底谷内の粒径が非常に細かい粒径成分により占められていることは、この海底谷では沖の深海への土砂流出は不活発なことを意味している。

6. 考 察

蒲原海岸での底質調査は1984年に、一方、富士海岸での観測は1990年に行われ、両者の観測時期には6年間のずれがあり、まったく同時観測ではない。しかし富士海岸においては波により顕著な地形変化の見られる限界の水深(地形変化の限界水深)はほぼ12m付近にあるから、それより深く、したがって底質移動が不活発と考えられる水深において 10^3 のオーダーの粒径の相違は非常に大きいと見るべきである。そしてそれぞれの地点の粒度特性を考えれば、富士海岸のNo.75付近では沖向きの土砂流出を、そして同じように海底勾配は急であるが浅海部に緩斜面の発達する蒲原海岸沖の海底谷では沖への土砂流出は不活発と考えるのが妥当である。蒲原海岸沖

の海底谷では確かに海底勾配は急であるが、地形変化の限界水深(ほぼ12m)以浅に緩い勾配海底斜面が発達していたこと、またその範囲では沿岸漂砂によると見られる海浜変形が生じていたことから、この海底谷周辺では単に浅海域を沿岸漂砂が東向きに流れているのみと判断される。このことから蒲原海岸の侵食対策においては沖向きの土砂移動よりも沿岸漂砂による土砂移動に注意すべきと言える。

7. あとがき

本研究では、地形変化データと底質データより急勾配海岸での沖への土砂損失の可能性について実態論的に検討した。この調査は静的なものであり、土砂の流動を直接的に捉えたものではない。したがって動的な意味からの機構分析にはなおデータを必要とするが、それでも海底谷への土砂移動の可能性の評価を行う上で有効な情報が取れることはまちがいない。従来の底質データは汀線付近のものに対する評価、例えば中央粒径の沿岸方向分布からの沿岸漂砂の卓越方向の判定などに主眼が置かれるか、あるいは海浜変形モデルへの単なるインプット条件としてのみ利用されてきているが、本研究のように底質データが海底谷への土砂流出の可能性の判断材料としても使えることから、今後同様な調査への有効利用が期待される。

参 考 文 献

- 宇多高明・望月誠一・渡辺勝彦・野口賢二(1991): 富士川河口における海浜変形, 海岸工学論文集, 第38巻, pp. 351-355.
- 宇多高明・山本幸次・張 達平(1995): 駿河湾湾奥部に位置する富士海岸の海浜変形機構, 地形, Vol. 16, No. 2, pp. 137-155.
- 滝沢俊二・宇多高明・堤 博志・大長良昭(1987): 蒲原海岸の海岸侵食実態, 第34回海岸工学講演会論文集, pp. 347-351.
- Uda, T., H. Tsutsumi and A. Omata (1988): Field investigation of sediment movement into a submarine canyon off the Suruga coast, Coastal Eng. Japan, Vol. 31, No. 2, pp. 289-303.