

富士川河口部における海浜変形

宇多高明*・望月誠一**・渡辺勝彦**・野口賢二***

1. まえがき

近年、わが国では全国的に海岸侵食が激化してきている。筆者らの一人は、我が国の海岸侵食実態に関する最近の研究において、主な侵食原因を3つに類型化した(宇多, 1990)。それらの要因の一つに、河川流出土砂量の減少があげられる。我が国の多くの河川は急流河川であるために、長い年月の間、海岸へ多量の土砂を供給してきた。しかし、ダムの建設や砂防工事などにより河川流出土砂量が減少したことや、洪水の頻度が減少したことなどから、従来は堆積傾向にあった河口部が逆に侵食傾向を示す例が目立って増えている。実例としては西湖海岸に流入する酒匂川の河口部における海浜変形があげられる(宇多・矢野, 1987)。扇状地を形成する急流河川では、過去においてしばしば洪水流が発生したから、河口の両側の海岸へと土砂が供給されてきた。しかし、流路の固定が進むとともに過去のような氾濫は生じなくなったから、河口部の漂砂上手側の区域へ土砂が供給されることが困難となった。このため沿岸漂砂量との均衡が失われ、河口部が一方向的に侵食されることとなった。さらに侵食が進むことにより、河口部の河川堤防(高潮区間)で越波の増大を招くなど、河川管理上の問題が生ずることもある。このため沿岸漂砂が卓越する海岸に流入する河川の河口部における海浜変形については特別な注意が払われるべきである。本研究では、駿河湾に流入する富士川を例として取り上げ、実態データをもとにその侵食機構について考察する。

2. 調査地域の概要

調査地域は、駿河湾の湾奥にある富士川河口部である(図-1)。富士川は富士海岸へ流入する計画流量 16600 m^3/s の一級河川である。富士海岸の面する駿河湾は急深なため高波浪があまり減衰せずに海岸へ来襲する。富士海岸は図-1に示すように富士川河口の西岸地区も含むが、河口の西岸地区は蒲原海岸とも呼ばれる。

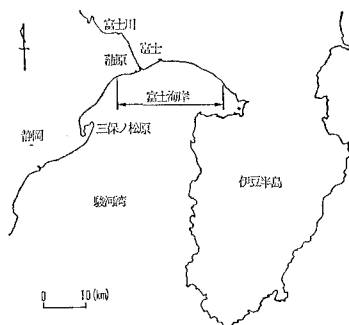


図-1 富士川河口および富士海岸の位置

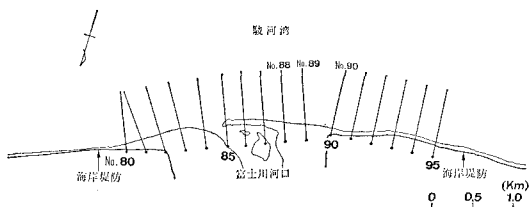


図-2 深浅測量の測線配置

河口部における深浅測量の測線配置を図-2に示す。測線は 200 m 間隔で並んでおり、富士海岸の侵食実態分析(河野ほか, 1986)や、蒲原海岸の侵食実態分析(滝澤ほか, 1987)と同じ一連番号が付けられている。測線 No. 90 が河口右岸の境界上、No. 82 が左岸の境界上にあり、現河口は No. 85 付近にある。蒲原海岸の侵食実態の分析では、No. 92 より西側の区域の地形変化が重点的に分析された。本研究では河口の西側隣接域にある No. 88, 89, 90 の3測線に沿う地形変化について調べることにする。なお富士川河口付近は、河口デルタ地形として海側に突出していることから、測線は海岸線形になるべく直交するよう河口部(No. 85~89)では南から 23°、右岸側(No. 90~95)では南から 5°、左岸側(No. 80~84)では南から 23°~37°、それぞれ反時計回りに傾けて設定されている。

河口地形変化の分析では、一般に左右対称形状を有する河口デルタ地形の縮小過程が議論される(橋本, 1974)。この場合、河口の両側の海岸における沿岸漂砂

* 正会員 工博 建設省土木研究所海岸研究室長

** 正会員 建設省関東地建甲府工事事務所

*** 正会員 建設省土木研究所海岸研究室

の方向は、いずれも河口より遠ざかる方向となる。しかし、河口デルタの突出度が著しく大きくない限り、沿岸漂砂が卓越する海岸へ流入する河川の河口部の漂砂上手側区域では河口へ向いた漂砂が生ずる。このような場合、河口には漂砂の上手側から土砂が流入することになるから、従来の河口デルタの縮小の議論とは異なった視点からの検討が必要である。ここで取り上げる富士川河口部地形はこのような条件を満足する海岸である。

3. 富士川河口部の海浜地形特性

1989年2月に測量された富士川河口部の海浜地形を図-3に示す。右岸側より約650mの長さを持つ細長い砂州が延び、河口は東側で開口している。東向きに細長く発達した砂州の形状は、当地点における沿岸漂砂の卓越方向が東向きであることを示す。河口沖合の等深線に注目すると、まず-20m以深は約1/4と非常に急勾配であり、急深な駿河湾へと続いている。-25m~-4mの間では河口の東西で地形特性が異なり、河口の西側隣接部ではやや緩勾配の斜面であるのに対し、東側隣接部では非常に急である。一方、-4m以浅に関しては河口の西側では勾配がやや急なのに対し、東側ではテラス状の広い平坦面がある。波が河口中心線と平行な方向より入射し、これにより河口から海へと流入した土砂が河口の両側へと流れるのであれば、以上に述べた河口の中心線に対して東西で非対称な海浜地形は形成され得ないはずである。したがって上述の非対称地形の存在もまた、この地点で波が斜めに入射することを示している。ところで、河口部の非対称的な等深線形は、伊勢湾に流入する鈴鹿川の河口部(宇多・山本, 1989)や、仙台湾に流入する阿武隅川河口部(宇多ほか, 1990)においても見られる地形特性であって、いずれも卓越波が海岸線に対して斜めに入射する海岸で見られる特徴である。また、以上の河口砂州の延び方と、等深線の非対称性より推定される卓越漂砂の方向は、河口の西側に位置する蒲原海岸での解析結果(滝澤ほか, 1987)と良い一致を示す。また、河口の右岸側では、河口のごく近傍にありながら河川からの流出土砂が砂州を越流する洪水がない限り堆積しないことから、現在では過去の氾濫によって形成された扇状地形が波の作用により一方的に侵食されつつあることが分かる。

1988年冬の河口状況を写真-1に示す。河口を中心として左右岸が扇状地として広がっている状況が見てとれる。河口部の流路は東側へと延び、そこで狭く開口している。河口部の汀線は河口の西側において直線状に延びているのに対し、河口の東側では汀線の方向が急変しており、河口中心線に対する汀線形のコントラストが著しい。以上の点は、図-3に示した等深線の非対称性と

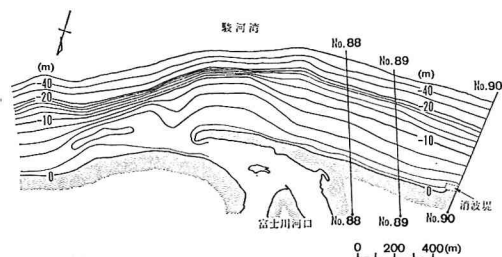


図-3 富士川河口部の深浅図 (1989年2月測量)



写真-1 富士川河口全景 (1988年冬期撮影)



写真-2 富士川河口右岸付近 (1990年9月15日撮影)

良い対応を示す。

写真-2は、1990年9月15日の河口状況である。写真-1では東向きに細長く延びていた流路の一部が池になって取り残された。このように、河口部の汀線付近での地形変化はかなり著しい。一方、写真-2の中央より左下に示された消波堤群の位置では、汀線が固定されているものの、その東端部では汀線が大きく湾入している。

既に表示した図-3の右側端部付近には汀線の後退を防ぐために消波堤群が設置されている。それらの中の東端に位置する消波堤の背後では、汀線が局所的に湾入していたが、この付近の汀線の経年変化状況は図-4に示すようである。1981年2月より1990年8月までの汀線変化である。1981年の汀線は消波堤より沖側にあり、広い前浜があった。その後汀線の後退が急速になり、1989年に

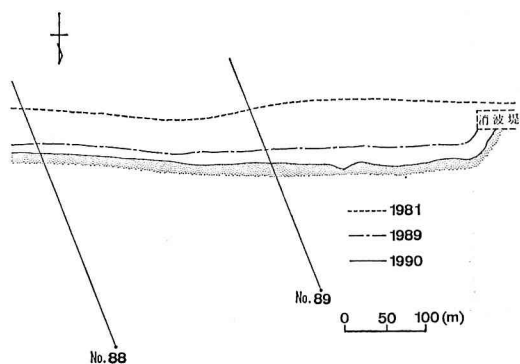


図-4 河口右岸における汀線の場所的变化

は消波堤の東端部の汀線がフック状になり、1990年には消波堤の背後で汀線が大きく湾入した。

同じ期間における汀線の経年変化をより詳細に調べるために、3測線 (No. 88, 89, 90) を選んで汀線の経年変化図としてまとめると図-5 となる。1975年より1989年まで14年間の汀線変化である。1976年以降汀線の後退が始まるとともに消波堤が計画され、1981年までに消波堤群が完成した。その後汀線はやや回復傾向にあったが、1983年以降相次いで著しい汀線後退が始まった。しかも、河口中心より西に位置する測線 (No. 90) の汀線はほぼ安定状態に近づいているのに対し、No. 89, No. 88 では汀線が急速に後退している点の特徴である。これらは、河口部汀線が最も沖方向へ突出している場所ほど汀線の後退が著しく、河口中心より離れると変化量が小さくなることを示す。この点は滝澤ほか (1987) も指摘しており、その理由としては①河口の西側に放水路や消波堤等が建設され、これらの構造物により東向き沿岸漂砂が阻止されたこと、また、②河口からの流出土砂が減少したため東向き漂砂との均衡が失われ、河口部汀線が大きく後退しそれとともに河口西岸域の汀線が大きく後退したことなどが考えられる。

汀線の後退とともに、河口右岸側の河川堤防の隅角部の東側では砂丘部が最近大きく侵食され、その上流側にある小流路に被害が出た。この付近における海浜地形の変化を図-6 に示す。なお、1983年には向島樋管に向けた細い水路があったが、この水路は河川堤防の高潮区間の建設工事とともに放棄された。1983年時点では、消波堤の東側で汀線がやや湾曲するのみであり、標高 7.5 m の砂丘と広い前浜が広がっていた。ところが1990年になると広い砂丘は大きく侵食され、従来広い前浜があった付近は海となった。砂丘は最も高い付近で切られ、その土砂は背後の水路の一部を埋没させるに至った。

1990年9月15日に撮影した富士川河口の右岸付近の状況を写真-3 に示す。消波堤の背後で汀線は湾入し、その後は東側へとほぼ直線的に延びている。汀線の湾入部

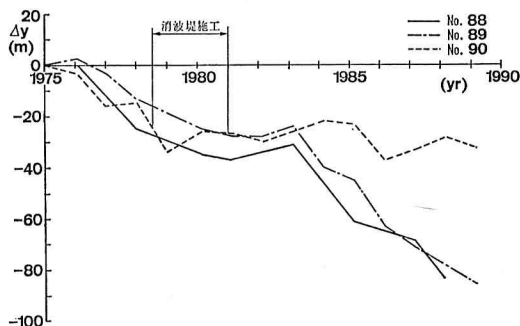


図-5 測線 No. 88, 89, 90 における汀線の後退状況

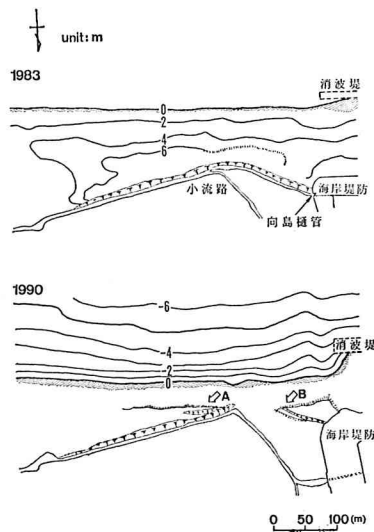


図-6 河口右岸近傍の地形変化 (1983年と1990年8月の比較)

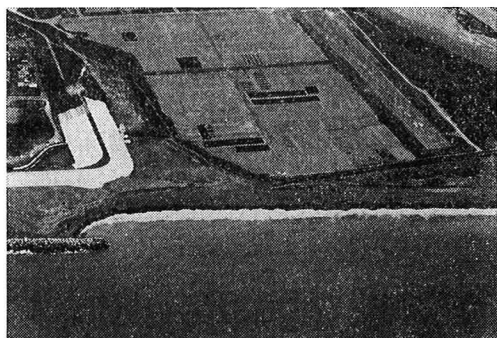


写真-3 富士川河口右岸にある消波堤の状況 (1990年9月15日撮影)

には、少なくとも1983年までは前浜が存在していたのである。写真-2, 3 に示すように消波堤の西側で汀線が直線的に延びているのに対し、東側の汀線の方が陸側に位置している。構造物を挟んで左右岸の汀線位置がずれており、しかも東側の方が汀線の後退量が多い点は、この地点で沿岸漂砂が東向きであることを明瞭に示している。



写真-4 侵食による浜崖の形成 (1) (1989年8月13日撮影)



写真-5 侵食による浜崖の形成 (2) (1989年8月13日撮影)

写真-4, 5 はそれぞれ 図-6 の A, B 方向に撮影した浜崖の形成状況である。写真-4 によれば、比高約 3m の浜崖が形成された状況が明らかである。また、写真-5 によれば、浜崖部からの土砂の流出状況とともに、砂丘が侵食されたため砂丘があった部分を横切って背後を流れていた小流路が、直接海へ流出する状況が見取れる。

4. 海浜断面形の変化と漂砂の移動高

最初に、3断面(測線 No. 90, 89, 88)を選んで海浜断面形の変化を調べよう。3本の測線のうち一番西側に位置する No. 90 の断面形を 図-7 に示す。ここに、座標原点は基準点(図-2 参照)より 60m 沖側の地点に設け、そこより沖向きに y 軸を定めた。図-5 に示したように、この測線上の汀線は変動はあるものの1981年以降経年的にはほぼ安定状態にある。海浜断面形についてもほぼ安定している。断面形の特徴としては、-7m 付近に平坦部があり、そこより前浜上までは約 1/10 とかなり急な斜面となっている。

図-7 に示した測線 No. 90 より 200m 東側に位置する No. 89 の断面形の変化を 図-8 に示す。座標の原点は 図-2 に示した基準点より沖側 100m に位置する。この断面では、図-5 に示したように近年になって

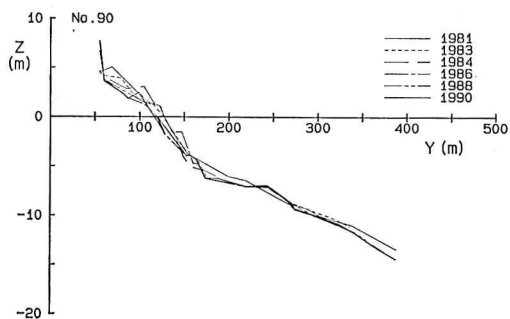


図-7 測線 No. 90 における海浜断面形の変化 (1981年～1990年)

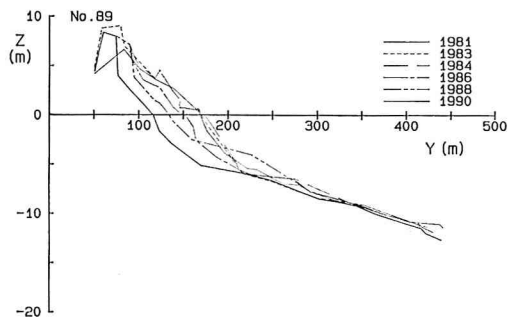


図-8 測線 No. 89 における海浜断面形の変化 (1981年～1990年)

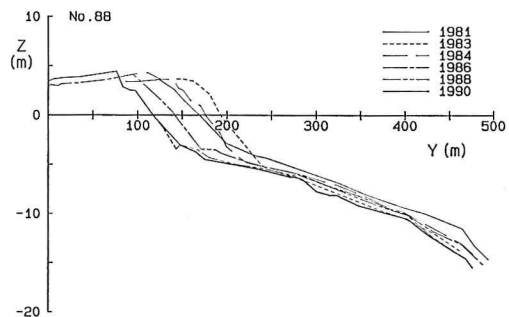


図-9 測線 No. 88 における海浜断面形の変化 (1981年～1990年)

も汀線の急激な後退が続いている。海浜断面形でも汀線の後退と合わせてほぼ -8m 以浅が削られ、前浜上では砂丘上部まで浜崖侵食が進んでいる。沖合部の侵食限界である約 -8m は、図-6 で平坦面が形成されていた水深とかなり近いことが特筆される。

同様に測線 No. 88 における海浜断面形の変化を 図-9 に示す。図-9 の座標原点は 図-2 に示した基準点より沖側 150m にある。この断面では、他の2測線と異なり、 $y \geq 250$ m においても地盤高の変動量が大きい。しかも沖合部の地盤高はランダムに変動しており、系統的な傾向が見られない。このような地盤変動が生ずる原

因として、第1には図-3に示すようにこの測線付近では等深線の沿岸方向勾配が大きいため、測線のわずかなずれが大きな地盤変動に結び付く可能性のあること、第2にはこの測線が河口に近接するためもとと地盤変動量が大きいことがあげられる。図-9の断面形の変化図のみからではこれらの原因を特定することは困難である。しかし、図-9によれば1981年のデータのみ他の時期と特徴が異なり、そのほかのデータはかなり良く収束していることから、第1の原因の方が可能性が大きいと考えられる。この場合、沖合部の断面形より地形変化はほぼ-7m付近で収束していると言える。一方、陸上部では砂丘上の4mまでの範囲が削られ、断面形が平行移動したことが分かる。

測線 No. 88, 89 においては、汀線の後退とともに海浜断面がほぼ平行移動する状況が見られた。このような場合、汀線変化量 (Δy) と断面積変化量 (ΔA) との単相関を調べることで漂砂の移動高が算定できる (宇多ほか, 1988)。そこで測線 No. 88~No. 90 のデータを用いて相関を調べた。この場合、断面積の計算範囲は図-7~9の断面形の変化を参照して $z = -10\text{m} \sim 5\text{m}$ とし、また計算の基準年は1981年とした。 ΔA と Δy の関係を調べると、両者の間には相関係数 $R=0.88$ において次式が成立する。

$$\Delta A = 8.1 \Delta y - 78 \dots\dots\dots (1)$$

ここに ΔA と Δy の単位は各々 m^2 と m である。 ΔA と Δy の相関係数は漂砂の移動高に等しい。したがって富士川河口部右岸における漂砂の移動高は 8.1m となる。この地点より約 5km 東に離れた田子ノ浦港の東海岸では同様な計算により漂砂の移動高が 13.3m と求められている (河野ほか, 1986)。この値と比較するとここで求められた移動高はかなり小さい。これらの相違の原因としては、測定場所の海底地形が異なるため屈折特性が相違すること、また海浜断面形の測量期間が相違することがあげられる。富士海岸での計算には1968年より1983年まで15年間のデータが用いられたのに対し、ここでは1981年より1990年までの9年間のデータが用いら

れ、比較時間は短い。このため高波浪の発生頻度も相対的に小さくなり、移動限界水深が小さくなったとも考えられる。

5. 結 論

本研究の主要な結論は以下に要約される。

- ①沿岸漂砂が卓越する海岸に流入する急流河川の河口部に形成された河口デルタの縮小過程を、富士川河口のデータをもとに分析した。これによると、富士川河口部では河口中心に対し等深線の形が東西で非対称であり、河口の西側では緩斜面が見られるのに対し、東側では-4m以深に急な斜面が形成されていた。このような地形の形成要因として、東向きの沿岸漂砂が卓越することが重要であると指摘された。
- ②河口の右岸側では近年消波堤の東端部に湾入地形が形成され、しかも侵食状況が経年的に激化している。これは西側からの漂砂供給が絶えたため生じたものである。
- ③海浜断面形の変化比較によれば、汀線の後退とともに顕著な地形変化の見られる範囲は、ほぼ-8m以浅であり、陸上部が侵食される場合には急な浜崖が形成されることが分かった。またこの区域での漂砂の移動高は 8.1m となった。

参 考 文 献

- 宇多高明・矢野 滋 (1987): 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.
- 宇多高明・山本幸次 (1989): 鈴鹿川河口周辺海岸の経年的地形変化, 地形, Vol. 10, No. 1, pp. 53-62.
- 宇多高明 (1990): わが国の海岸侵食の現状とその問題点, 地理, Vol. 35, No. 6, pp. 34-43.
- 宇多高明・小俣 篤・峯松麻成 (1990): 仙台湾沿岸における砂浜消失の危機, 海岸工学論文集, 第37巻, pp. 479-483.
- 河野 宏・宇多高明・藪崎義之・水野益宏 (1986): 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.
- 滝澤俊二・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.
- 橋本 宏 (1975): 河口部海岸線の変化特性, 土木技術資料, Vol. 17, No. 12, pp. 33-37.