

竜洋海岸の侵食実態と河口テラス縮小の影響

宇多高明* ・鈴木忠彦**・大石守伸***
山本雅彦****・大谷靖郎*****

1. まえがき

近年、防波堤の建設に伴う沿岸漂砂の連続性の阻止や河川からの流出土砂量の減少などに起因した海岸侵食が全国各地で顕在化している。宇多ら（1992）が示したように、一般に河口部では洪水時に流出土砂が堆積して河口テラスが形成され、それが周辺海岸への土砂供給源として機能する。しかし、最近では河川からの流出土砂量の減少に伴って河口テラスが徐々に縮小し、土砂供給源としての機能が失われて、周辺海岸で侵食が進む例が増加しつつある。遠州灘に流入する天竜川においても、河口前面テラスの縮小に伴い河口の左岸側の海岸で著しい侵食が生じている。河川流出土砂量の減少が全国的な傾向となっている現状から、こうした事例は今後も増加すると考えられる。そこで、本研究では、天竜川河口の東側に位置する竜洋海岸を例として、河川流出土砂量の減少に起因した河口周辺海岸の侵食実態を明らかにするとともに、今後の対策案について検討するものである。

2. 天竜川河口周辺の地形と波浪条件

調査対象地域は、図-1に示す天竜川河口の東側に位置する総延長が約9kmの竜洋・磐田・福田海岸である。遠州灘沿岸の海岸線は、天竜川河口より東は御前崎、西は伊良湖岬へと陸地に緩やかな弧状をなす。また、天竜川河口の東側沖には海底谷が発達しており、水深30m以深の海底勾配は非常に急である。このため、河口の東側海岸では、河口の西側に比べて入射波のエネルギー減衰が弱く、また複雑な海底地形により屈折特性が場所的に変化し、波の集中や発散が生じ易い特徴を有している。

遠州灘沿岸で継続的に波浪観測の行われている浜岡原子力発電所地点の観測データをもとに、竜洋海岸の波浪特性について考察する。なお、浜岡は、天竜川河口の東35kmに位置しており、周辺の海岸線はWNW～ENE

方向であり、調査地域の海岸線の方向(WSW～ENE)と異なることに留意する必要がある。1980年7月～1987年3月における季節別の波向出現率を図-2に示す。なお、図中には、波高ランク別の区分も示してある。来襲頻度が比較的高い波向は、春がSSEとS、夏・秋にはSSE、SおよびSSWであり、冬にはSWとWSWの頻度が高い。また、波高は、SSE方向からの波浪では0.5m～1.0mが最も多いのに対し、SW方向では最多頻度の波高が1.0m～1.5mと大きくなっている。

天竜川河口左岸から福田漁港に至る海岸線は、図-1に示すように河口突出部を起点としてENE方向へと走る。このため、春から秋に多いSSE方向からの波はほぼ直角に入射するが、SまたはSSW方向の波は、海岸線に

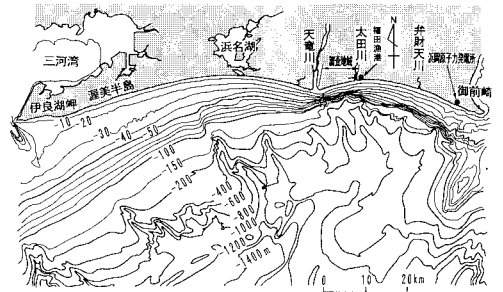


図-1 遠州灘の海底地形

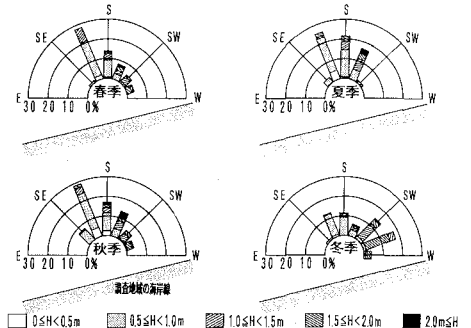


図-2 浜岡における季節別の波向出現頻度

* 正会員 工博 建設省土木研究所 河川研究室長
** 建設省河川(局)防災課 災害査定官
(前)静岡県土木部河川課 課長補佐
*** 静岡県土木部河川課
**** 静岡県袋井土木事務所 工事第二課長
***** 正会員 (株)アイ・エヌ・エー 海岸環境部

対して西寄りの方向からの入射となって東向きの沿岸漂砂を発生させる。一方、秋から冬には、SW または WSW 方向からも波が入射するが、これらの波は地形的に見て調査地域へは作用しにくく、たとえ屈折して作用したとしても波高は大きく減少するはずである。結局、調査地域では、主としてS または SSW 方向からの入射波による東向きの沿岸漂砂が卓越すると考えられる。

3. 天竜川河口東側海岸の海浜地形変化

天竜川河口から福田漁港までの範囲の深淺図を図-3 に示す。なお、測量は1991年1月に実施されており、基準面はT.P.±0mである。-4m以浅と-8m以深の等深線はほぼ直線状であるが、-5m~-7mの間はバー・トラフの発達のため不規則な形状を示す。特に、バー・トラフの形成は、西端に位置する竜洋海岸で顕著である。また、図には海岸堤防の法線と基点の位置を示したが、堤防法線はNo. 118付近で海側にややふくらみ、No. 123~No. 125の間で汀線に大きく接近している。

天竜川河口左岸から竜洋海岸を望んだ状況を写真-1 に示す。写真手前側の河口から離れると、砂浜幅は急激に狭くなる。また、写真中央部では他の区間に比べて海岸堤防の法線が海側に出ているため、その前面では砂浜幅が一層狭いのが特徴的である。このように漂砂の上手側に位置し、侵食により汀線が後退しやすい場所で前浜幅が狭いことは、海岸侵食に対する弱点となっている。

天竜川河口から福田漁港に至る海岸の近年における汀線変化を図-4 に示す。汀線変化は、空中写真より読み取ったものであり、宇多ら(1991)に示されているように、福田漁港の防波堤により東向きの沿岸漂砂が阻止され始めた1979年を基準とした。また、福田漁港の防波堤を基点とし、それより西向きにX軸を定めた。1983年では、 $1\text{ km} \leq X \leq 4\text{ km}$ 付近と天竜川河口に隣接する $X=9\text{ km}$ 付近で汀線は前進傾向にあり、特に河口部の汀線前進量は約120mに達していた。1986年では、福田漁港の防波堤による漂砂阻止の影響が強くなり、漁港から西4.5km地点までの汀線が前進し、しかも福田漁港に近い所ほど汀線の前進量が大きい。1988年には、天竜川河口側

の侵食が激しくなり、No. 133 付近では汀線が125mも後退した。これと対照的にNo. 101~No. 116では堆積傾向が顕著となり、平均で約50mの汀線前進が見られる。



写真-1 竜洋海岸の海岸線状況 (1992年2月)

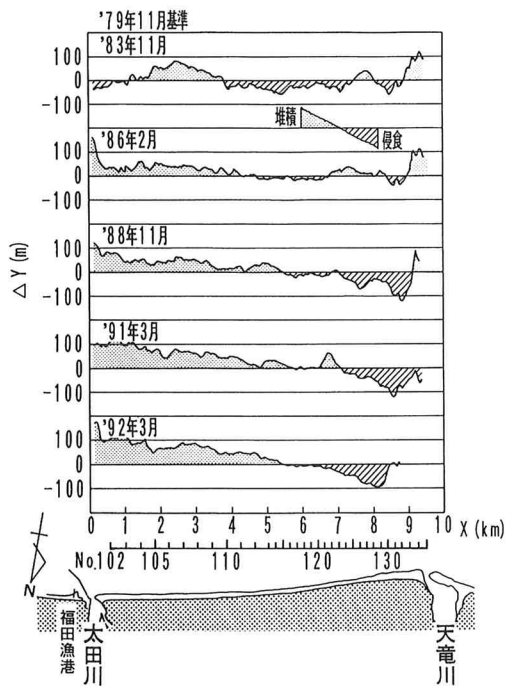


図-4 天竜川~福田漁港間における汀線変化 (1979年基準)

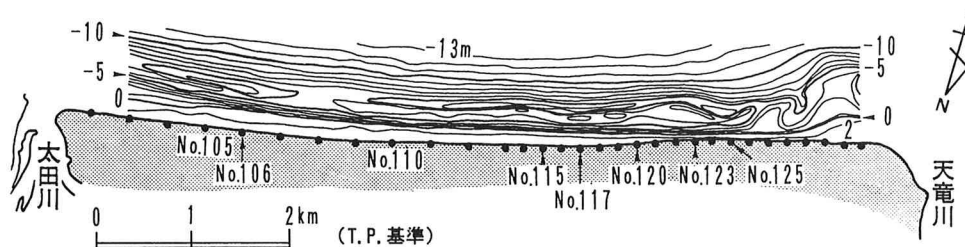


図-3 竜洋海岸の海浜地形

1991年および1992年では、福田漁港側の区域に著しい変化は見られないが、No. 117~No. 135では侵食範囲が次第に東側へと移動している。

竜洋海岸の唯一の土砂供給源は天竜川であり、竜洋海岸の海浜変形を調べる上では天竜川河口周辺の地形変化を把握することが不可欠である。宇多ら(1992)は、河口前面テラスの変形について調べており、これより天竜川河口中央部の断面変化を改めて図示すると図-5となる。1970年には河口の沖合700mまで河口テラスが突出していたが、1984年には640mに、そして1986年には500mと経年的にテラスの幅が狭まるとともに、テラスの水深も約2m(1970年)、約3m(1984年)、そして約4m(1986年)と次第に深くなった。このような河口テラスの急速な縮小は、河川からの流出土砂量の減少に起因すると考えられる。また、宇多ら(1992)は、河川からの流出土砂量のうち、沿岸漂砂として寄与する土砂量を推算し、その量は1970年では645万 m^3 であるが、1986年には315万 m^3 と急速に減少しつつあることを示した。

以上を考え併せると、天竜川からの供給土砂量の減少に対して、従来は河口テラスが貯砂源として役立ってきたが、最近では河口テラスの貯砂量も大きく減少しつつあると考えられる。そして、河口テラスが大きく縮小した時期(1986年)から2年後に竜洋海岸の侵食が激化したことは、貯砂源としての河口テラスの縮小が沿岸漂砂量の減少と密接な関連があることを示している。

次に、天竜川河口から福田漁港までの区域より代表的な3測線を選び、断面地形の変化を図-6に示す。図-4に示した侵食の著しい区域に位置するNo. 123($X=7.0$ km)では、バー・トラフが沖合100m~500mの範囲に形成されているが、1988年と1992年を比較すると、全体的に深くなるとともにバー・トラフが沖方向に約150m移動した。また、沖合400mより岸側での侵食が著しく、凹状の海底地形が形成されて汀線が55mも後退した。このように、汀線のすぐ沖合が水深6~8mと急深となることは、汀線付近に到達する波のエネルギーの増大を招く結果となる。一方、-10m以深では地形変化がほとんど見られず、波により顕著な地形変化の生ずる限界水深(地形変化の限界水深)が約10mにあることがわかる。汀線がほぼ安定状態にあるNo. 117においても、比

高3.3mのかなり規模の大きなバー・トラフが形成されているが、No. 123と比べて経年的変動は少ない。また、他の測線と同様にバーより陸側は凹状の断面形状となっているが、凹状地形の規模はNo. 123に比べてはるかに小さい。汀線の前進域に位置するNo. 105では、1988年から1992年までに汀線が約20m前進した。この測線でも同様にバー・トラフの形成が見られ、顕著な地形変化はほぼ水深10m以浅で生じている。

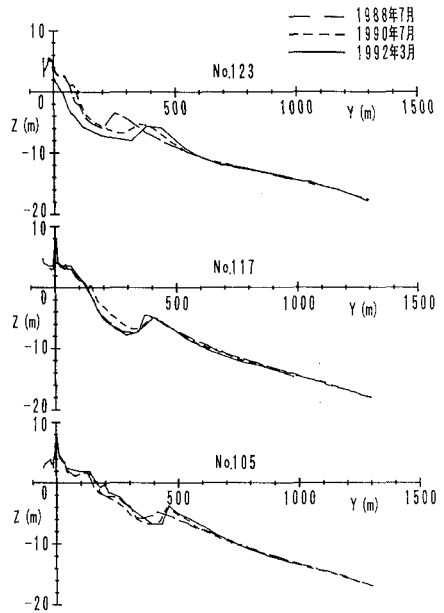


図-6 代表測線における海浜断面形の経年変化

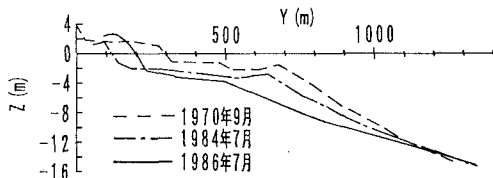


図-5 天竜川河口部の海浜断面形の経年変化

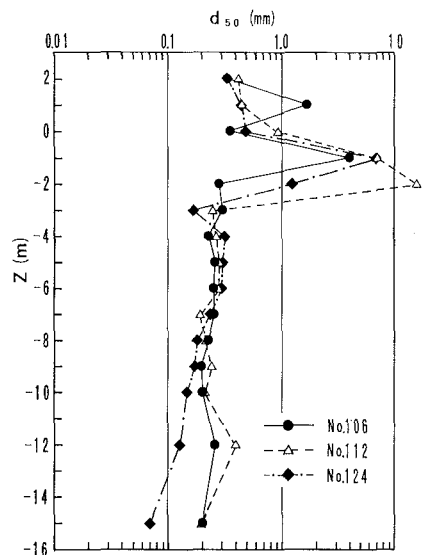


図-7 底質中央粒径 d_{50} の水深方向分布

1992年2月に実施した底質調査より、中央粒径 d_{50} の水深方向分布を図-7に示す。いずれの測線においても0m~-2mの粒径は0.3~20mmと大きく、特に-1mでは3mm以上と非常に大きい。一般に侵食域では、波による地形変化の限界水深は、底質の中央粒径が0.2mm以下の細粒となる水深とよく対応する(例えば、宇多・山本, 1989)。図-7において侵食域のNo.124の分布を見ると、-7m以浅では d_{50} はほぼ0.2mm以上であるが、-8m~-9mで0.2mmより細かくなり、水深の増大とともに細粒化している。この d_{50} の水深方向分布から判断すると、地形変化の限界水深はほぼ-8mであると言える。図-6に示した断面変化より求めた限界水深は約-10mであったが、-8m~-10mの間では海底地形の変動が滑らかに減少していることを考慮すれば、両者はほぼ対応していると考えられる。

4. 福田漁港周辺の海浜変形と沿岸漂砂量

対象地域の東端の境界条件を明らかにするために、1992年2月に測量した福田漁港周辺の深淺図を図-8に示す。ここに、等深線の基準面はD.L.±0m=T.P.-1.04mである。西防波堤の西側では、D.L.-4m~-8mの等深線は防波堤に沿うように沖に向かい、防波堤先端を回り込む形となっている。既に述べたように、この海岸では地形変化の限界水深は約10mであり、防波堤周辺で変化の見られるD.L.-4m~-8mの等深線はこの限界水深より浅いことから、この等深線形状は、沿岸漂砂の一部が防波堤を回り込んで下手側へと移動していることを示している。

福田漁港周辺における1990年2月~1992年2月の代表水深の等深線形状の変化を図-9に示す。西防波堤の付け根付近では、D.L.0mの等深線は前進後退をくり返しているが、D.L.-5mと-10mの等深線は経年的に沖向きに移動しており、明らかに堆積傾向にあることを示している。また、1990年および1991年のD.L.-5mの等深線が西防波堤を横切る位置は、各々の測量時における防波堤の先端位置にほぼ等しい。このことは、防波堤の延長とともにその西側では防波堤先端まで土砂が堆積した後、過剰な土砂が防波堤先端を回り込んで堆積し、等深線がさらに沖へ突出するというサイクルの地形変化を繰り返してきたことを意味する。

福田漁港の防波堤西側からNo.117までの区間における堆積土砂量の経年変化を図-10に示す。堆積土砂量は、+3m~-12mの範囲を対象として沿岸・岸沖方向ともに50m間隔の格子状に分割して求めた。1981年以前の堆積量は小さく、堆積量は $1.5 \times 10^5 \text{ m}^3$ 程度であった。しかし、防波堤の施工延長が約600mとなった1981年以降では $2.3 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{yr}$ の割合で堆積量が急激に増加

し、1992年における堆積量は $2.6 \times 10^6 \text{ m}^3$ となった。片側を防波堤に遮られて沿岸漂砂が流出しない条件では、堆積土砂量の年変化率は上手側から供給される沿岸漂砂量に等しくなる。したがって、No.107を通過する東向きの沿岸漂砂量は、1981年~1991年の平均で $2.3 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{yr}$ となる。ただし、図-8, 9に示したように沿岸漂砂の一部は防波堤の東側に回り込んでいることから、 $2.3 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{yr}$ という沿岸漂砂量は下限値と考えられる。また、1987年から1992年までの最近5年間における堆積量から求めた沿岸漂砂量は約 $1.5 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{yr}$ とかなり小さ

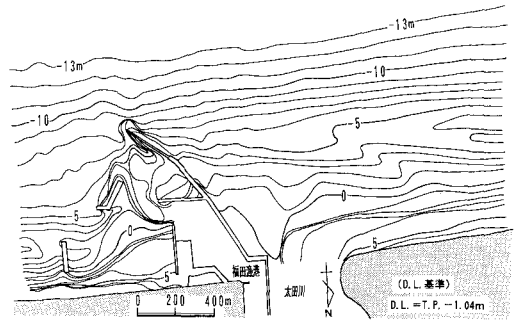


図-8 福田漁港周辺の海底地形 (1992年2月)

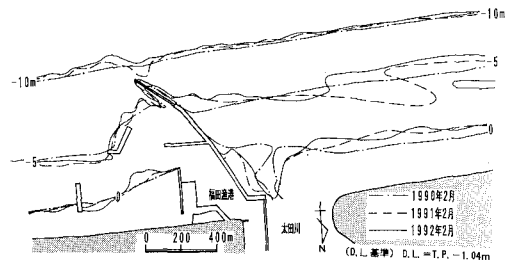


図-9 福田漁港周辺における代表等深線の変化

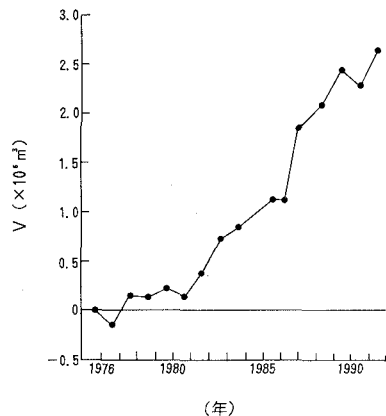


図-10 福田漁港西側の堆積土砂量の経年変化

くなる。

宇多ら (1991) によれば、天竜川からの流出土砂量は1975年～1985年の平均で約 $6.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ と推定されており、この土砂量の全量が竜洋海岸に供給されるとしても沿岸漂砂の均衡は成立しない。しかも、流出土砂量の減少を補う貯砂源として役立ってきた河口前面テラスも大きく縮小してしまったことから、竜洋海岸では、今後さらに侵食が激化することになると予想される。

5. 侵食対策案の検討

汀線変化に示したように、竜洋海岸の No. 123 付近では近年汀線の後退が激しく、しかも海岸堤防の法線が海側に突出して前浜幅が狭いため、1992年9月に海岸堤防が被災した。この状況を現場写真より調べてみる。

まず、No. 123 付近における1992年7月の汀線状況を写真-2に示す。前浜幅は、この段階において既に約4mと極めて狭くなっていた。写真-3は、1992年9月15日撮影のNo. 124 付近の状況であり、前浜がほとんどなくなっている。海岸堤防の被災は、9月13日に太平洋沿岸沖を通過した台風18号による高波浪が堤防に直接打ち寄せ、堤防前面が洗掘されたため、堤防のり面背後の土砂が吸い出され、堤防の天端が陥没したものと推定される。

竜洋海岸の侵食原因は供給される漂砂の減少にあることから、侵食域は漂砂の最も上手側、すなわち西側から東に向かって波及していく。このため、海岸堤防の被災区域を原形復旧し、その前面に消波工を設置するだけでは被災区域の東側で再び災害がくり返されることにな



写真-2 測線 No. 123 付近の汀線状況 (1992年7月)



写真-3 測線 No. 124 付近の海岸堤防の被災状況 (1992年9月)

る。このような漂砂量の均衡が崩れている海岸の海浜を保全するには、ヘッドランドまたは離岸堤をある程度間隔を開けて設置し、その間の海岸線を安定化する以外に方策はないと考えられる。その場合、天竜川河口に近くほど汀線の沿岸方向勾配が大きいので、西側ほど構造物の設置間隔を狭める必要がある。当海岸では、地形変化の限界水深は約10mにあるから、漂砂を完全に阻止するためには水深10m付近まで構造物を伸ばさなければならない。しかし、幸いなことにこの海岸では量は減少したとは言え、年数万 m^3 の土砂供給が期待しうる条件にあることから、沿岸漂砂量の全量を止めなくても相当高い保全効果を上げられるものと考えられる。

6. 結 論

本研究で得られた天竜川河口東側の竜洋海岸の侵食実態は、以下のように要約される。

① 竜洋海岸では、近年天竜川の流出土砂量の減少とともに沿岸漂砂の均衡が失われたため、侵食が激化し、河口に近いNo. 123 付近では海岸堤防が被災するに至った。

② 竜洋海岸の測線 No. 117 付近を通過する東向きの沿岸漂砂量は、1981年～1987年の平均で約 $2.3 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{yr}$ であったが、近年はやや減少し、1987年～1992年の平均では約 $1.5 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{yr}$ となった。

③ この海岸における地形変化の限界水深はほぼ10mである。この値は、海浜断面形の変化と底質の中央粒径の水深方向分布より確かめられた。

④ この海岸は、元来バー・トラフの発達著しい海岸であるが、測線 No. 120 より西側の侵食域では碎波帯付近の海底地盤高が2～3m低下して全体に急深となり、バーの沖への移動が見られる。このように汀線近くの海底が急深になると、波の到達エネルギーが増大することから、海岸災害ポテンシャルを高める結果となる。

⑤ このように漂砂量の均衡が崩れている海岸の侵食対策としては、ヘッドランドまたは離岸堤により海浜を安定化させ、通過漂砂量を減少させることが望ましいと結論される。

参 考 文 献

- 宇多高明・山本幸次 (1989): 鈴鹿川河口周辺海岸における沿岸漂砂量と漂砂の移動高, 地形, 第10巻, 第2号, pp. 113-119.
 宇多高明・坂野 章・山本幸次 (1991): 遠州海岸の1960年代以降における海浜変形, 土木研究所報告, 第183号, pp. 23-70.
 宇多高明・山本幸次・永瀬恭一 (1992): 貯砂源としての観点から見た河口部海浜の地形特性, 海岸工学論文集, 第39巻, pp. 391-395.