

# 富士海岸の海岸侵食とその対策

宇多高明\*・山本幸次\*\*・張 達平\*\*\*

## 1. まえがき

駿河湾湾奥部に位置し、富士川河口から狩野川河口の間に広がる富士海岸では近年海岸侵食が著しい。このため、侵食原因の解明と侵食対策が急がれており、海岸の長期的な変遷（形成過程）を明らかにするとともに、富士海岸で現在生じている現象を正確に把握する必要に迫られている。地形学的意味からの富士海岸の形成過程に関して、小川（1965）は、富士海岸の砂礫堤を田子の浦砂丘と命名し、まず海面下に沿岸州が形成され、それが海退に伴って海面上に姿を現わし、さらに飛砂が堆積して田子の浦砂丘が発達したと推定した。また、松原（1984）は、10,000～6,000年 B.P.の間に、富士・愛鷹山南麓沖の海底に富士川より沿岸流によって運ばれた砂礫が堆積して海底砂礫州が形成され、その後海岸砂礫州へと発達したと推定している。一方、宇多・山本（1992）は海底砂礫州の形成を伴わず、富士川からの流出砂礫の堆積により河口から単純砂嘴が発達し、それが狩野川河口まで延びて形成された barrier が富士海岸の砂礫堤であると指摘した。そして barrier が十分に発達したあと、上手側海岸より沿岸漂砂によって運ばれた過剰な砂礫は沖方向へ移動して堆積し、急勾配斜面が形成されたと推定した。このように富士海岸の砂礫堤の形成過程に関してはいくつかの説があり、それが富士海岸で現在見られる海浜変形とも密接に関連していると考えられる。そこで、本研究では富士海岸で現在までに生じてきた地形変化を調べることに、まず富士海岸の形成過程について触れ、さらに侵食対策の具体的方策について検討する。

## 2. 調査地域の地形と波浪条件

駿河湾の湾奥部に位置する富士海岸は、富士川河口西側の蒲原町から狩野川河口に至る延長約 25 km の砂礫海岸である。本研究の対象区域は、このうち富士川河口より東側の区域であり（図-1）、以下ではこの区域を富士海岸と呼ぶ。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地形条件にある。富士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。富士海岸の陸上部は標高 5～10 m の砂礫堤からなり、砂礫堤の幅は富士川河口近くでは狭いが、狩野川河口に向かい徐々に広がる。小川（1965）、松原（1984）および宇多・山本（1992）のいずれの研究も、この砂礫堤は富士川からの流出砂礫が堆積して形成されたという点において一致を見る。砂礫堤の背後には浮島ヶ原低地と呼ばれる標高 2～3 m の低湿地が広がる。海岸線は富士川および狩野川河口付近で沖向きに突出し、それらの間は緩やかに湾入している。

富士海岸での海浜縦断面測定の測線と田子の浦港での 1958 年～1963 年の波向観測結果を図-2 に示す。海岸線への法線方向は富士川河口～田子の浦港では S 20°E 方向に、田子の浦港～狩野川河口では S 14°W 方向と、田子の浦港を境にかなり大きな変移を示す。一方、田子の浦港沖での波向の出現率は S, SSW の順に高く、海岸線形状との関係より富士川河口～田子の浦港では明らかに西

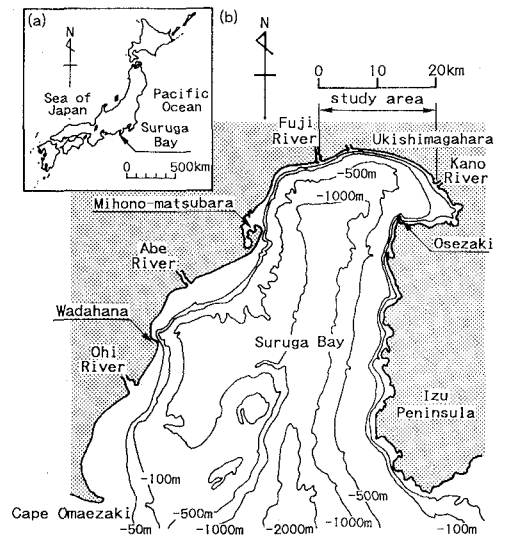


図-1 富士海岸の位置図

\* 正会員 工博 建設省土木研究所河川研究室長  
 \*\* 正会員 建設省土木研究所海岸研究室研究員  
 \*\*\* 正会員 理博 建設省土木研究所海岸研究室 受け入れ研究員

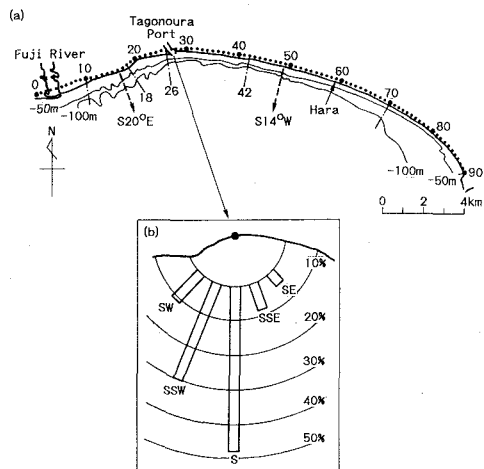


図-2 深浅測定の測線配置と田子の浦港沖での波の入射方向

側からの入射波が卓越し、田子の浦港～狩野川河口の区間においても法線方向または西側からの波が入射する条件下にある。すなわち、富士川河口～狩野川河口では、全体として東向きに沿岸漂砂が卓越する。このことは、市川ほか(1961)による波浪条件からの推定、首藤ほか(1977)のトレーサー調査、河野ほか(1986)の海浜地形変化解析、および宮田ほか(1992)の礫養浜のトレーサー調査により確認されている。

富士海岸への来襲波の波浪条件として、調査区域の中央部やや東側に位置する原観測所(図-2参照)での1989年の波高、周期の観測結果を参照すると、有義波高1m以下の波の出現率は約66%、最多頻度の周期は8~9sである。

### 3. 富士海岸の汀線変化

近年における汀線の経年変化を図-3に示す。図の縦軸は1968年の汀線を基準とした各年の汀線変化量、横軸は図-2に示した測線番号(または沿岸方向距離)である。富士川河口に隣接するNo.12以西では1982年までは変動が著しいが、No.12付近では1982年6月の洪水による大量の砂礫の堆積が見られる。東側への砂礫流出があまりなく、河口周辺で砂礫の堆積が見られるのは、この区域の東側に離岸堤があってそこで沿岸漂砂の流出が止められているためである。その隣のNo.12~No.22では、1968年から1977年までに汀線の後退域が徐々に東側へ広がっていったが、1977年以降離岸堤が施工され始めると汀線の後退は止まった。

田子の浦港は1959年頃から建設され始め、1967年にはほぼ現在の形状となった。このため田子の浦港の西側隣接域(No.22~No.27)では1968年から1977年にか

て汀線が徐々に前進したが、1977年以降では汀線は後退傾向にある。汀線が後退傾向となった時期は、離岸堤の施工時期と対応していることから、漂砂の上手側に離岸堤が造られたことにより当地区への流入砂礫量が減少する一方、田子の浦港の防波堤を回り込んで航路に堆積した砂礫は浚渫されて系外へ搬出され、また一部は防波堤の先端沖の急斜面上を沖へと流出したことにより、全体として漂砂のバランスが失われたことが分かる。

田子の浦港の東側においては、1968年から1979年までに汀線の後退域が東側へと単調に広がった。これと同時に1974年から侵食対策として消波堤が施工された。消波堤はそれより岸側、汀線域における砂礫の流出を抑制するために、その東側で汀線の後退が進む結果となった。消波堤が昭和放水路まで施工されると、その東側では1979年以降汀線の後退が著しくなった。このように、田子の浦港の東側で汀線の後退が経年的に進んだ点は、この海岸では東向きの沿岸漂砂が卓越していることを意味する。一方、No.50より東側では1968年から1992年まで汀線変化はほとんど見られず、田子の浦港以東の区域での前浜面積の増加量と減少量は均衡せず、前浜の欠損のみが目立つのが特徴である。

図-3のNo.30付近では汀線変化は最近まったく生じていないが、これはここが構造物で完全に固められた人工海岸となったためである。写真-1にその状況を示す。全体で9本の突堤が設置され、その間には50tブロックが連続的に設置された。これにより汀線の後退は防止されたが、汀線へのアクセスは失われ、また景観上殺ばつとした風景となった。

写真-2には1981年以降侵食が進んだ昭和放水路の東側に位置するNo.42の海岸状況を示す。東向きの沿岸漂砂の流出が続くために昭和放水路の東側で大きく汀線が後退している。汀線が後退し前浜が狭くなった部分では海岸堤防の被災の恐れが出たため根固工等が設置されている。しかし、ここで工事を進めている間にも東方向への土砂流出は続くから、これより以東の海岸線全体を考えた海浜の安定策の採用が是非とも必要とされる。

一つの閉じた漂砂系と見なせる富士川河口から田子の浦港までは汀線の後退量と前進量はオーダー的に均衡している。しかし、田子の浦港からNo.90まででは汀線の後退量のみが大きい。このことは、漂砂系内の砂礫収支の点から見ると砂礫の沖合への流出を考慮する以外に説明できない。そこで、この点を明らかにするために、富士川河口から田子の浦港(区域I)、田子の浦港からNo.90(区域II)に区分し(図-3参照)、それらの区域毎の海浜縦断面形状と砂礫の中央粒径の水深方向分布を調べることにした。

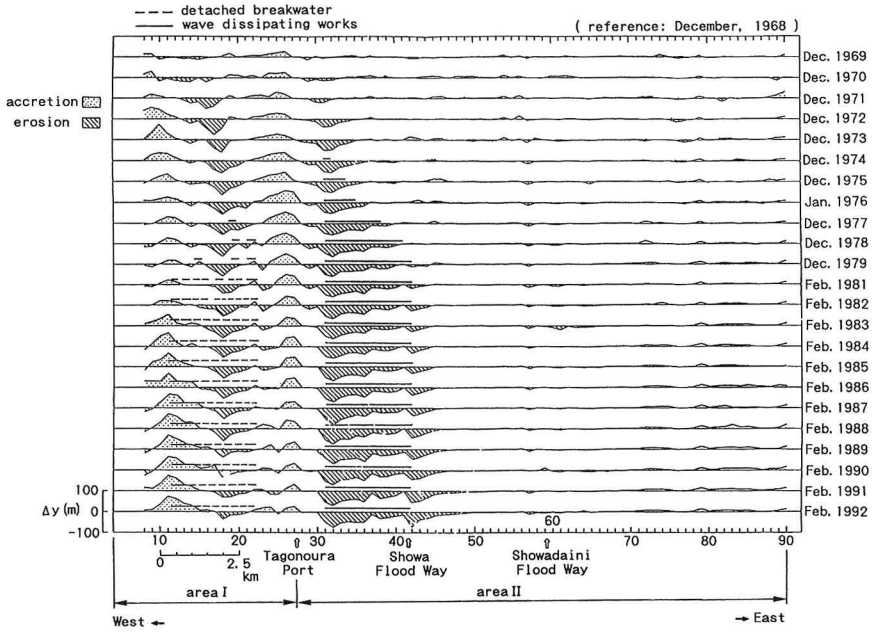


図-3 富士海岸の汀線変化



写真-1 田子の浦港の東部の海岸線状況 (1992年2月撮影)



写真-2 昭和放水路付近の海岸線状況 (1992年2月撮影)

#### 4. 区域IIの縦断面形状と砂礫の粒径特性

ここでは代表的に区域IIのNos. 42, 70, 90の海浜縦断面形状を図-4に示す。1986年2月のNo. 42の断面形では水深約15m以深が1/2.5と急勾配なのに対し、12m以浅では約1/10とやや緩やかになる。斜面勾配が水深12m付近で急変する点は、急斜面の上部が侵食されたことを示しており、このことは汀線の経年変化に示したように、近年著しい侵食が生じた事実とよく対応する。そして断面形の比較によればNo. 42での地形変化の限界水深はほぼ12mにある。区域IIの侵食域に位置するNo. 42ではまず砂礫が堆積して急勾配の斜面が形成された。その後、田子の浦港の建設とともに現海水準の条件下で

波の作用がほとんど及ばない水深12m以深では堆積時の形状がそのまま残されたが、それ以浅では沿岸漂砂の阻止による著しい侵食を受け、鉛直上方に凹形の断面形となったと推定される。一方、汀線変化が見られないNo. 70では水深20m以深は1/2と急勾配で、それより浅い部分も鉛直方向に凸で堆積域の断面特性を示す。断面形の比較においても地形変化はほとんど見られない。この付近では漂砂の連続性が保たれているため水深20m以浅でも堆積地形が残されていると考えられる。狩野川河口に隣接するNo. 90では水深約15m以深では勾配1/3.3と急であるが、水深約10m以浅では1/29と緩勾配で汀線付近では鉛直上方に凹形を示す。

区域IIの各測線位置での砂礫の粒径の水深方向分布を

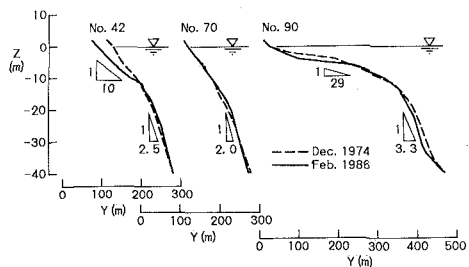


図-4 区域IIにおける代表断面形の変化

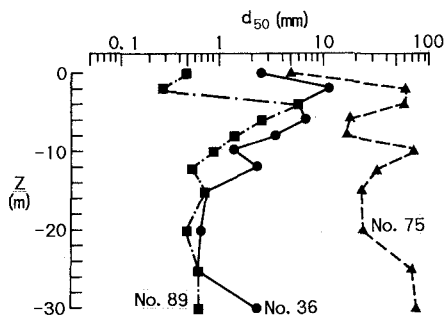


図-5 区域IIにおける底質中央粒径の水深方向分布

図-5に示す、No. 42近傍のNo. 36では水深約10m付近で粗粒から細粒へと変化し、また粒径も $d_{50}=0.5\sim 50$ mmと大きい。一方、No. 70近傍のNo. 75では水深方向にほぼ一定の粒径分布を示し、そのほとんどは粒径10mm以上の礫である。No. 90近傍のNo. 89では水深10m以浅は粗粒で、水深10m以深で $d_{50}\approx 0.5$ mmと細粒となる。すなわち、区域IIでは東端のNo. 90近傍を除けば粗粒の砂礫が深いところまで分布していることになり、沿岸漂砂により運ばれた様々な粒径の砂礫が深いところまで堆積していることを示す。

### 5. 沿岸漂砂量の推定

汀線の経年変化データより沿岸漂砂量の推定を試みる。河野ほか(1986)および宇多・野口(1990)と同様な手法を用い、区域IIにおける田子の浦港の隣接区域の侵食面積に漂砂の移動高を乗じることにより、1968年12月以降の侵食土砂量を求めたのが図-6である。田子の浦港では西防波堤が伸ばされると同時に、浚渫により水深約10mの航路が維持されていることから、田子の浦港地点を通過する漂砂量はほぼ無視できる。この点を考慮したとき、図-6では年平均約 $1.0\times 10^5$  m<sup>3</sup>/yrで侵食量が増加していることから、昭和放水路付近を東向きに移動する沿岸漂砂量は約 $1.0\times 10^5$  m<sup>3</sup>/yrと推定される。この値は、河野ほか(1986)の推定した沿岸漂砂量 $1.17\times 10^5$  m<sup>3</sup>/yrと比較すると若干小さいがほぼ対応を示す。河

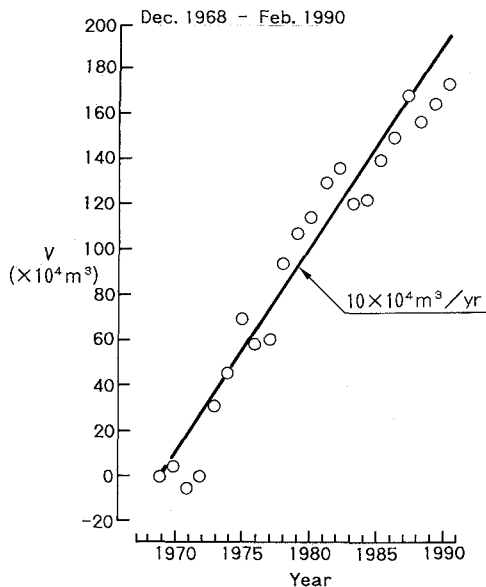


図-6 田子の浦港東側隣接区域での侵食土砂量の経年変化

野ほか(1986)は1969年～1983年のデータを用いたのに対し、本研究では比較期間が長くなったことにより差異が現われたと考えられる。この点は、海岸構造物の建設当初ほど海浜変形は著しく、比較期間が長いほど沿岸漂砂量は小さくなる一般的傾向と矛盾しない。

### 6. 侵食対策案の検討

第4節で述べたように、富士海岸では東向きの沿岸漂砂が卓越している。また、海底勾配が非常に急なため沖向きの土砂移動も非常に活発である。こうした状況より、海岸侵食をそのまま放置すれば侵食範囲が東向きに広がることはまちがいない。この場合、考えうる汀線変化パターンは図-7(a)のようになる。最も侵食の著しい昭和放水路の東側隣接部では侵食域が東側へと拡大し、また放水路の付け根部分での汀線の後退量も次第に増大する。付け根部分での侵食が進むにしたがい、堤防前面の水深が増し、堤防からの越波が問題となるため、現況では図-7(b)のように根固工が設置された。しかし汀線変化は今後も続くので、時間経過とともに海岸線は階段状となり、汀線の激しい後退域がさらに東側へ広がることになる。一方、東向きの沿岸漂砂と沖合への土砂損失は従来どおり続くので、最終的には昭和放水路の東側に延々と構造物が並んでしまい、写真-1に示す状況に海岸線が近づいていくはずである。

このような侵食を防止するには、昭和放水路と沼津港の防波堤との間の延長12.5km区間にヘッドランド群を展開する以外に方法はないと考える。ヘッドランドは

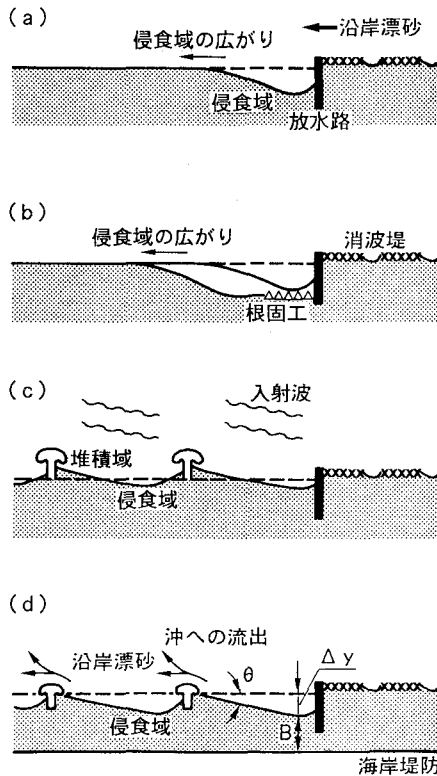


図-7 侵食対策案の比較

適当な長さで間隔を設定することになる。この場合、例えば鹿島灘などで進められているヘッドランド計画などと同様な考え方に立って設計を進めることはできない。通常、比較的緩勾配の海岸でのヘッドランドでは、図-7(c)に示すように、ヘッドランド建設前の汀線と建設後の安定汀線とを比較すると、汀線後退域と前進域の平面積とがほぼ均衡する。汀線の後退域があれば必ず汀線の前進域がある訳である。しかし、富士海岸では海底勾配が非常に急なためヘッドランドの規模を大きくしても沖への土砂流出を止めることが非常に困難となろう。このことから、富士海岸では図-7(d)に示すタイプが最も現実的と考えられる。ヘッドランドをある間隔で造る点においては(c)と同様であるが、汀線の前進域はほとんど期待せず、後退した汀線が卓越波の入射方向と直角になるようにするのである。この場合、初期汀線に対し汀線が後退することにより汀線の方向角が卓越波とほぼ直角になって安定する。タイプ(c)の工事では海中で大規模

な工事が必要となるが、タイプ(d)では現況の前浜で根入れをしっかりと造ることに重点を置けばよい。

垂直空中写真より昭和放水路地点での全体的汀線の方向と放水路下手側の汀線後退域の形状とから平均汀線への法線に対する入射角を推定すると約5°となる。したがって図-7(d)の $\theta$ は約5°とおけるので、ヘッドランドの間隔が例えば400mであったとすると、図中の汀線後退量 $\Delta y$ は約35mとなる。また、必要な前浜幅が30mであったとすると、汀線の後退量が大きくなる前で約75m以上の前浜幅があるうちに、早期にヘッドランドを展開すべきと言える。

7. あとがき

多くの侵食海岸と同様、富士海岸でも侵食対策は困難な局面にある。上手側の侵食域では堤防の被災の恐れから何らかの方法によって守る対策が必要とされる一方、海岸線全域で汀線を安定化させるための対策も必要なのである。しかも、沖合への土砂損失があることが問題の解決を一層困難にさせている。当面の問題にのみ気を取られることなく、長期的な意味より海浜の安定化策を進めることが是非とも必要である。

参考文献

市川 武・落合治美・富田一夫・室伏久治 (1961): 駿河湾田子の浦海岸の波と漂砂, 第8回海岸工学講演会講演集, pp. 161-167.  
 河野 宏・宇多高明・藪崎義人・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.  
 松原彰子 (1984): 完新世における砂州地形の発達過程—駿河湾沿岸低地を例として—, 地理評, 62A-2 pp. 160-183.  
 宮田年耕・宇多高明・高垣美好・森岡泰裕・五十嵐竜行 (1992): 富士海岸における礫浜の現地実験, 海岸工学論文集, 第39巻, pp. 356-360.  
 小川賢之輔 (1965): 駿河湾北部に発達する沿岸低地田子ノ浦砂丘の研究, 地理評, 38-4, pp. 241-259.  
 首藤伸夫・田口二郎・遠藤泰司 (1977): 富士海岸における砂礫の移動について, 第24回海岸工学講演会論文集, pp. 221-225.  
 宇多高明・山本幸次 (1988): 砂嘴地形の形成過程: 現地観測と模型実験, 地形, Vol. 9, pp. 295-307.  
 宇多高明・野口賢二 (1990): 富山県東部宮崎・境海岸における海浜変形の実態, 地形, Vol. 11, pp. 337-347.  
 宇多高明・山本幸次 (1992): 砂嘴形成海域の海底地形と砂嘴形成の関係について, 地形, Vol. 13, pp. 141-157.  
 宇多高明・山本幸次 (1993): 沿岸漂砂の遮断によって生じた海浜変形—北海道日高海岸の場合—, 地形, Vol. 14, pp. 407-421.