

侵食・堆積域の伝播に対する構造物の阻止効果

——富士海岸を対象にして——

伊藤 政博*・成川 幸宏**・伊藤 仁士**

1. はじめに

富士海岸は、1970 年頃より侵食が目立ち始め、富士川河口から田子の浦港までの間に、1977 年以降離岸堤群が設置されている。また、1958 年以降 10 年余りの歳月をかけて掘込み式の田子の浦港が建設され、港口の西と東側の両側に防波堤が 1959 年から 1962 年にかけて建設された。その先端の水深は約 13 m である。さらに、田子の浦港の航路水深の維持のために浚渫が継続的に行われている。そのため、西から東への沿岸漂砂は田子の浦港で寸断され、田子の浦港の東側の吉原工区では、防波堤の建設によって海岸侵食が発生した(市川ら; 1961)。その対策として、1962~1968 年にかけて 2,786 m³の養浜((株)建設コンサルタントセンター, 1969)が行われ、また 1974 年以降、消波堤群が設置されてきた。しかしながら、侵食域は吉原工区からさらに原工区へと拡がっており、現在、侵食は河口から東方向約 12 km までに及んでいる。

富士海岸を対象にした調査・研究として、田子の浦港の西と東側の両防波堤の建設に伴う富士海岸の海浜変形、汀線変動、漂砂移動量について、調査を行った市川ら(1961)の研究がある。また、首藤ら(1977)は砂礫の移動を明らかにするための調査を行った。宇多(1997)は、当海岸における侵食対策を検討し、ヘッドランド群の設置を提案している。

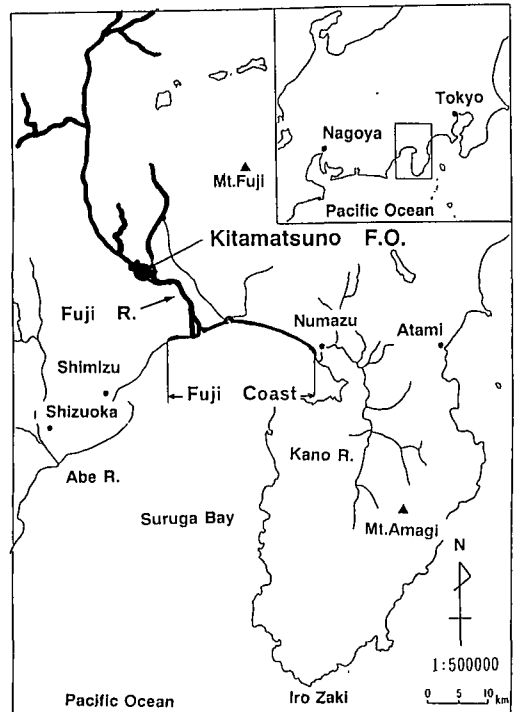
中長期を展望した侵食対策を考えるには、河川と海岸を一貫した漂砂系として取り扱い、漂砂の起動力となっている自然力つまり長期にわたる気象・海象変動の特性を十分加味し、海岸構造物による侵食域の伝播阻止効果を熟知することが重要である。そこで、本研究は富士海岸を対象にして、①汀線移動の沿岸方向(侵食と堆積域)の伝播、②侵食・堆積域の沿岸方向の伝播に対する離岸堤、突堤、消波堤、放水路などの構造物の阻止効果、③富士川の洪水および海岸における高波の出現頻度と汀線変動との関係について検討する。

2. 富士海岸

(1) 地形概要

図一に示すように富士海岸は、駿河湾奥に位置し、富士川河口を含む狩野川河口までの約 20 km の弓状の海岸である。本海岸は、河口西側の蒲原は建設省中部地方建設局静岡河川事務所、河口東側の富士、吉原、原および沼津の 4 工区は沼津工事事務所がそれぞれ担当管理している。河口の東側、約 5 km には、沿岸地域の産業の発展のために、掘込み式の田子の浦港が建設され、航路水深の維持のための浚渫と港口には西・東側の両防波堤が建設された。

富士海岸は、湾口が南に開いた駿河湾の湾奥部に位置し、1/3~1/10 の急な海底勾配で水深 800 m に達している。そのため、太平洋上で発生した波浪はほとんど減衰



図一 富士海岸

* 正会員 工博 名城大学教授, 理工学部土木工学科
** 学生会員 名城大学大学院理工学研究科修士課程

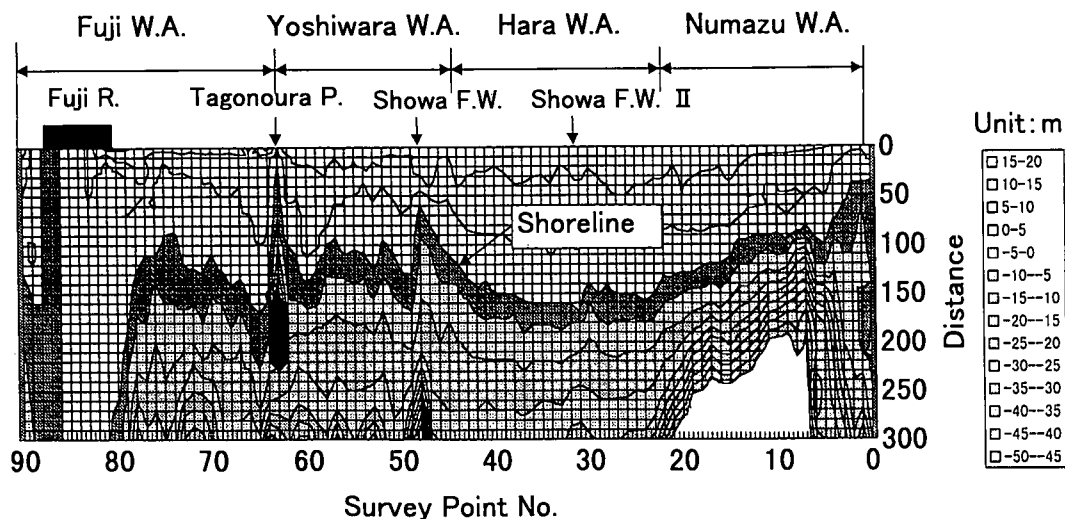


図-2 富士海岸の等深線図 [1996年(平成8年)]

することなく海岸に打ち寄せるので、我が国でも有数の高波の来襲する海岸である。

(2) 波

1958年1月1日から1965年12月31日まで田子の浦港で観測された波浪の統計結果(全国海岸協会, 1981)によると、S方向の入射波浪が圧倒的に多く、次いでSSW方向の波となっている。このような入射波浪のため、東向き沿岸漂砂が支配的になっている。

(3) 深浅測量

汀線および深浅測量が建設省中部地方建設局沼津工事事務所で適宜行われている。図-2は、平成8年に実施された深浅測量に基づいて、富士川河口から東側へ約18 km、富士工区(Fuji W.A.)、吉原工区(Yoshiwara W.A.)および原工区(Hara W.A.)の海底地形が等深線を入れて示してある。富士海岸は弓状の海岸であるが、整理上、測点が横方向直線上にとっている。この図によると、富士川河口にテラス状に富士川からの流送土砂の一部が溜まっていることがわかる。田子の浦港の前面では、-10 mまでの等深線が不連続になっていることから、西から東方向への漂砂移動が防波堤と航路水深によって分断されていることが推定される。また、昭和放水路前面では、-20 mまでの等深線が大きく変化している。この原因として、放水路先端による突堤効果および海底谷が岸近くまで切り込んでいることなどが考えられる。

3. 海岸侵食

(1) 汀線変化

沼津港(Survey Point No. 0)から富士川河口右岸側(No. 80)までの約20 km区間について、1968年(昭和

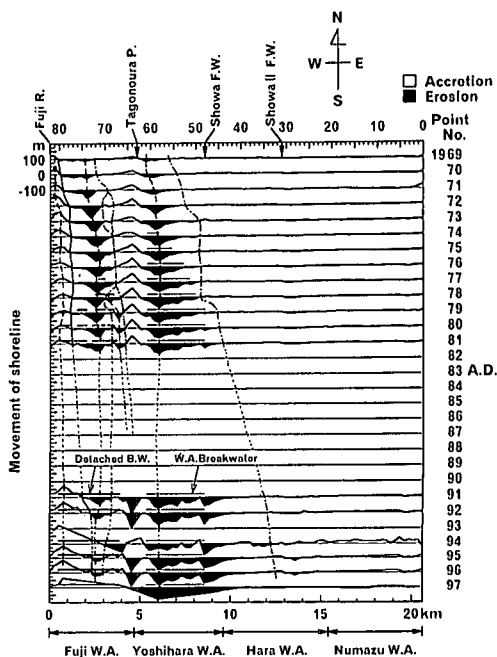


図-3 1968年(昭和43年)基準汀線変動

43年)から毎年汀線および深浅測量が行われている。1968年の汀線位置を基準にして、1997年までの30年間の汀線変化を調べた。この結果が図-3に示してある。この図で、1968年の汀線を基準にして、後退量は“-”にしてある。さらに図中、“黒塗り”の部分は汀線の後退、海岸侵食が生じた箇所を表し、“白い部分”は、汀線が前進し、砂が堆積した箇所を表している。図中、1982~1990年までの間は資料が入手出来なかったので示していない。また、1997年の結果は、筆者らが富士海岸で測点間

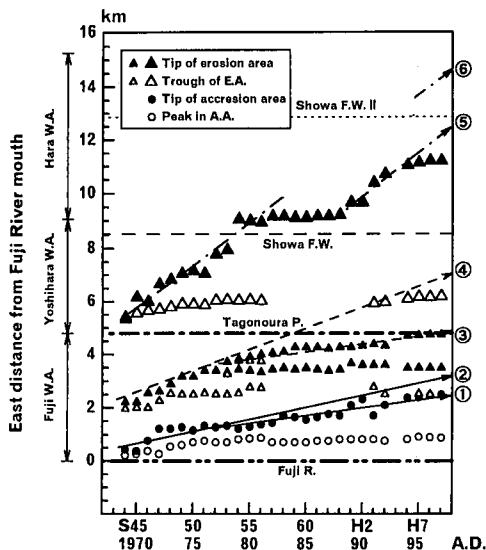


図-4 侵食・堆積域の伝播

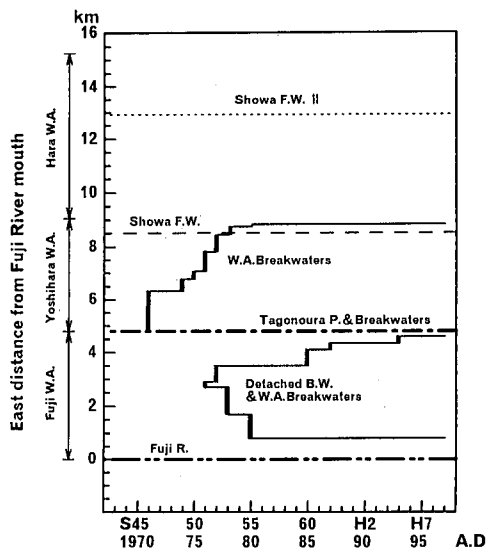


図-5 侵食対策構造物の設置の経緯

隔を広く取って汀線測量をしたものである。さらに、図中には、田子の浦港口の防波堤、昭和放水路、昭和第二放水路の位置、および離岸堤群と消波堤群の設置位置が経年的に示してある。

(2) 侵食域・堆積域

図-3に、“黒く塗”られた侵食域〔土屋(1995, 1996)は侵食波と表現している〕と、“白い部分”の堆積域(堆積波)について、経年的な沿岸方向の伝播を分かりやすくするために、破線でトレースしてある。この図によると、富士工区では1969年に侵食域が発生し、年々侵食域の先端が東方向に広がっている様子が見られる。また堆積域は富士川河口から徐々ではあるが、東方向に広がっている。田子の浦港防波堤の西側の堆積域は、侵食域の東向きの伝播に伴って徐々に縮小し、1991年以降堆積がみられなくなっている。

吉原工区では、田子の浦港の西・東側の両防波堤の建設に伴って発生した侵食域は年々増大成長し、侵食域先端が東方向へ広がっている。また、1969年から1997年までの侵食域の経年的な推移を注意深くみると、1981年頃までは、田子の浦港の両側の富士工区と吉原工区にそれぞれ1つの侵食域があったが、最近、これらが広域的な侵食域としてみられるようになってきていることがわかる。

4. 構造物による侵食域の伝播の変化

図-3から、侵食域と堆積域の東側先端と、これらを一つの波としてとらえて最大侵食地点の移動を読み取った。この結果が図-4に整理してある。この図は、図-3の欠測の部分が他の資料(建設省中部地方建設局沼津工事事務所)から求めて、示してある。この図には、富士

工区における離岸堤群、田子の浦港の防波堤、吉原工区における突堤、消波堤群、原工区における昭和放水路(突堤の役目)の位置の概略が示してある。さらに、富士および吉原工区における離岸堤、突堤、消波堤群の設置の経年的な推移が図-5にまとめてある。図-5を参照しながら、図-4をみると、侵食・堆積域先端の伝播に対する離岸堤、突堤、消波堤群などの構造物の阻止効果がわかる。これらの詳細は以下のである。

(1) 富士川河口近くの堆積域の先端(図中●印)は、経年的な変動が大きい、富士工区で離岸堤、消波堤群の設置が行われた1978年以前は、図中の実線②で示される速度で東へ伝播していた。しかし、これらの構造物の設置後は実線①になっている。

(2) 富士工区における侵食対策構造物の無い状態での侵食域の先端の伝播速度 V は、④の線の傾きで表される。すなわち $V_{④}=160$ m/年である。

(3) 富士工区では、侵食域の先端(図中“▲”印)が破線④で東方向に広がっていた。この侵食対策として1976年以降、離岸堤と消波堤群の設置が始まった。これらの対策構造物によって、侵食域の伝播速度は遅くなるとともに2つに分断された。そのうちの1つは、破線③で示されるように、田子の浦港の防波堤に到達した。

(4) 吉原工区では、田子の浦港の建設と港口の西と東側の両防波堤の設置(1961)に伴って侵食域が発生した。そのため、1971年から1980年にかけて消波堤群が建設された。図中の傾角⑦は、消波堤群による阻止効果が入った侵食域の伝播速度である。この侵食域の先端が昭和放水路(Showa F. L.)に達し、吉原工区へ少し伝播した後、6~7年間侵食域の先端の伝播が止まっている。

しかし、1988年以降再び傾向⑤で東へ伝播が始まっている。

(5) 富士工区における離岸堤・消波堤群さらに田子の浦港口の西側防波堤および吉原工区の消波堤群によって侵食域先端の伝播速度は、それぞれ線③と⑥の傾きで表される。すなわち、 $V_3=55$ m/年、 $V_6=310$ m/年である。このように吉原工区の伝播速度 V_6 が富士工区 V_3 より早い理由として次のことが考えられる。富士工区では少ないながらも富士川からは洪水時に、また河口テラスからは高波浪時に漂砂が供給される。しかし、田子の浦港の西、東側の両防波堤と航路水深の維持浚渫によって、吉原工区はほとんど西側からの漂砂供給が無いことがあげられる。

(6) 田子の浦港の西側防波堤には、1988年頃まで、その西側に漂砂が溜った堆積域があった。しかし、これ以降侵食域の到達に伴って、侵食域に変わっている。

5. 富士川におけるダム、河床変化、流量

富士川は、流域面積3,651km²、計画高水量9,800m³/sである。富士川からの流出土砂は、急な海底勾配のためその多くが駿河湾へ落ち込んでいるが、その一部が富士海岸の漂砂源となっている。富士川水系では、1917(大正6年)に灌漑用ダムが建設され、これ以降、貯水、利水、発電用ダム(平井, 1976)が多数建設、さらに山地部には数多くの砂防ダムが設置され、洪水制御、河道の安定などが計られてきた。経年的にダム建設の推移を表すために、図-6には、ダムの規模を表すパラメーターとしてダム高と有効貯水量で整理してある。この図からもわかるように、富士川は、年々ダムが設置されてきている。これらが富士川河口から海岸へ流出する土砂に影響を与えているものと推定される。

河口から31.6 kmまでの区間について、富士川の河床変化を調べる。河口から0~7, 7~26, 26~31.6 kmの3区間と、0~31.6 kmの平均について、1960年の河床高を基準として整理した結果が図-7である。この図から、年々河床が低下していることがわかる。一方、1968年以降、図-1に示す北松野で観測された富士川の年最大流量および豊水流量の経年変化が図-8にまとめられている。この図では、長期間にわたる変化を議論できないが、ここ数年最大流量と発生頻度が減少していることがわかる。これらのことから、海岸への土砂供給に少なからず影響を与えているものと推定される。

6. 異常な気象と海象の長期変化

富士川の異常な出水と洪水、および富士海岸の高波浪が、富士海岸の海浜変形および汀線変化に影響を及ぼしてきていると考えられる(伊藤・成川, 1998)。このよう

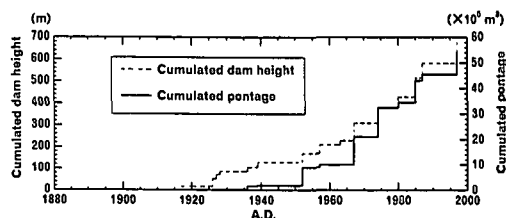


図-6 富士川水系におけるダム設置の経年変化

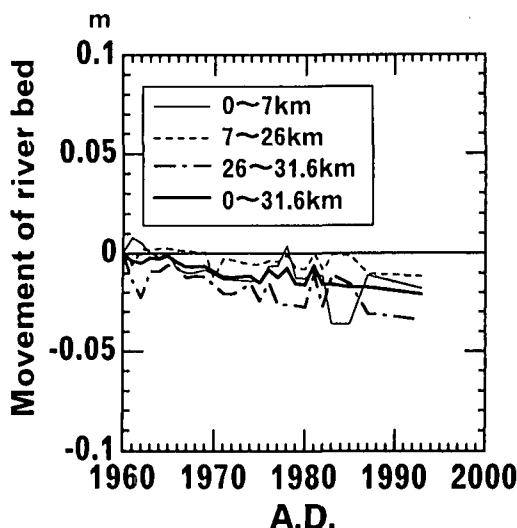


図-7 富士川の経年的河床変化

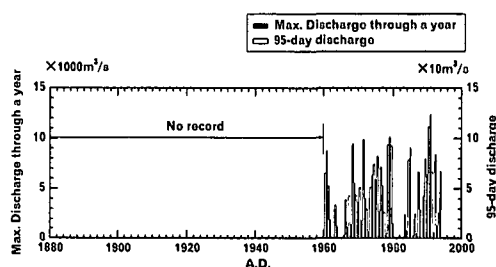


図-8 富士川の最大流量と豊水流量の経年変化

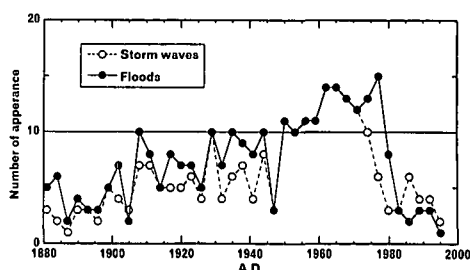


図-9 富士海岸に影響を及ぼした豪雨洪水・台風高波の出現頻度(3年間毎)

な立場で、富士川水系および富士海岸を一貫した漂砂系として捕らえる必要がある。漂砂系は云うまでもなく気象・海象変化の影響を受ける。過去に出来る限り遡って、当該地方の豪雨による異常出水、洪水および氾濫と海岸における高波浪の発生の記録は資料（日本気象協会；全国海岸協会，1981）に基づいた。この結果は河川水系と海岸に分けて、3年間の頻度として整理し、図-9にまとめた。

この図によると、河川と海岸に関わる異常な気象と海象の出現頻度は経年的に同じ様な傾向を呈している。すなわち、過去100年間の変動によると、1970年頃に境に、最近減少傾向にある。

7. 結 語

本研究で得られた結果は、以下のようにまとめられる。

(1) 富士川水系および富士海岸に係わる地域の異常気象・海象は、1970年頃に境に最近減少傾向にある。加えて富士川水系における1940年以降ダム建設がさかんになった。

(2) 1958年から10年余りかけて建設された田子の浦と港口の西・東側の両防波堤および航路水深の維持浚渫によって、富士海岸における沿岸方向の漂砂系は分断された。

(3) 富士工区、富士川河口東側の堆積域先端の東方向への伝播は、離岸堤と消波堤群の設置によって遅くなった。すなわち、 $V_{\text{②}}=85\text{ m/年} \rightarrow V_{\text{①}}=50\text{ m/年}$ 。

(4) 富士工区における侵食域の東側先端の伝播速度は、離岸堤と消波堤群の設置、および田子の浦港口の西側防波堤の阻止効果によって、 $V_{\text{④}}=160\text{ m/年} \rightarrow V_{\text{③}}=55\text{ m/年}$ になった。

(5) 田子の浦港口の西・東側の両防波堤の設置によって、田子の浦港の東側、吉原工区には侵食域が発生した。そのため、突堤および消波堤群が設置されたが、この侵食域先端の東方向への伝播は、 $V_{\text{⑥}}=310\text{ m/年}$ であった。

(6) この侵食域の先端が昭和放水路に到達し、吉原

工区へ少し伝播した後、5年間程の停滞が見られる。しかし、その後は、同じ伝播速度でさらに東へ伝播している。

(7) 富士工区における離岸堤、消波堤群および田子の浦港口の西側防波堤による侵食域の阻止効果と吉原工区の消波堤群による侵食域の阻止効果とは、侵食波の先端の伝播速度が違う。この原因の一つとして、富士工区は富士川および河口部テラスから漂砂の供給が考えられるが、吉原工区では田子の浦港口の西・東両防波堤によって西から東方向への沿岸漂砂の供給が無いことが上げられる。

最後に、本研究をまとめるに際して、中部地方建設局沼津工事事務所調査第一課植野利康課長より有益なコメントを、同事務所からは深淺測量図を提示していただいたことを明記し、謝意を表明します。さらに、この本研究は、平成8年度名城大学学術研究（特定）、（研究代表者：伊藤政博）および文部省科学研究費基盤研究A（研究代表者：土屋義人）によって実施したことを付記する。

参 考 文 献

- 市川 武・落合治実・家田一男・室伏久治（1961）：駿河湾田子の浦海岸の波と漂砂，第8回海岸工学講演会論文集，pp. 161-167。
- 伊藤政博・成川幸宏（1998）：富士海岸における植生帯と海岸侵食，名城大学理工学部研究報告，第38号，pp. 106-114。
- 宇多高明（1997）：日本の海岸侵食，山海堂，442 p。
- 建設省中部地方建設局沼津工事事務所：富士海岸，白砂青松を求めて，29 p。
- 建設コンサルタントセンター（株）（1969）：富士海岸侵食に関する調査報告書，148 p。
- 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。
- 全国海岸協会編集（1981）：海岸，一30年のあゆみ一，山海堂，1344 p。
- たとえば，日本気象協会編：気象年鑑。
- 土屋義人（1995）：海岸侵食の波動性（1）一静岡海岸の場合一，海岸工学論文集，第42巻，pp. 536-540。
- 土屋義人（1996）：海岸侵食の波動性について（2）一下新川海岸の場合一，海岸工学論文集，第43巻，pp. 586-589。
- 平井 学（1976）：ダム総覧，日本ダム協会，971 p。